



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS
LIGNOCELULÓSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
HONGOS FUNCIONALES**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS

P R E S E N T A:

M. en M.R.N. ALMA ROSA AGAPITO OCAMPO

DIRECTORA DE TESINA:

DRA. MAURA TÉLLEZ TÉLLEZ

Cuernavaca, Morelos

AGOSTO, 2021

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada, para el estudio del posgrado de la Especialidad en Gestión Integral de Residuos (EGIR).

A la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), por permitirme realizar los estudios de la Especialidad en Gestión Integral de Residuos.

A mi asesora de tesina la Dra. Maura Téllez Téllez, por estar al pendiente de mí desarrollo académico, compartiéndome su conocimiento y por convertirse en un ejemplo a seguir.

A la Dra. Ma de Lourdes Acosta Urdapilleta, agradezco por compartir su sabiduría, por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional.

Al Dr. Alexis Joavany Rodríguez Solís, por su dedicación y valiosos aportes para enriquecer esta investigación.

Al comité revisor: M. en MRN. Julio César Lara Manrique y M.I. Ariadna Zenil Rodríguez, por formar parte de mi comité.

Dedicatorias

A mis compañeras de la especialidad Félix, Mayra, Claudia, Nuria y Elsa, que debido a la pandemia de COVID-19, solo compartí con ellas unos meses de clase en las aulas de la universidad, pero me pude dar cuenta que son unas personas maravillosas, de buen corazón y que una vez que comenzaron las clases en línea, aun así, nos mantuvimos unidas y las risas no, nos detuvieron. Fueron momentos difíciles, porque tuvimos que adaptarnos a nuevos métodos de aprendizaje, pero gracias a nuestros profesores de excelencia, pudimos salir adelante y culminar esta maravillosa etapa, gracias, chicas.

Este nuevo estilo de vida al que nos estamos acostumbrando, nos dice que la vida no la tenemos comprada y que debemos disfrutar los pequeños momentos con nuestros familiares y amigos, amigos de laboratorio Benjamín y Mariel, que son como mi familia. Así como los amigos de toda la vida como Nancy que la conozco desde hace muchos años.

También doy gracias a Dios por darme fortaleza y por ese pilar tan importante que tengo en la vida, que es mi Padre, que es mi mayor ejemplo por seguir. Que me ha enseñado que con trabajo y dedicación puedes lograr lo que te propongas. Y también dedico este trabajo a él angelito que siempre me cuida en el cielo, mi mamá.

Todo lo que dimos se nos fue y ahora solo existe el pasado, ahora toca aprender que podemos comenzar de cero. Y aceptar ese regalo que la vida nos ha dado, la capacidad de poder vivir plenamente, reír, gozar y saber que todo volverá a brillar.

Resumen

Los residuos agroforestales son subproductos lignocelulósicos, una de las materias primas más naturales, abundantes y renovables. A pesar del perfeccionamiento e implementación de técnicas para su aprovechamiento, estos residuos representan un problema debido a que sus volúmenes rebasan la capacidad de biodegradación natural, convirtiéndose en un riesgo. Debido al alto contenido lignocelulósico de los residuos agroforestales, son considerados una fuente de recuperación energética, y los hongos tienen la capacidad de utilizar este tipo de residuos, por su capacidad enzimática, como fuente de nutrientes; por lo que, su utilización sería alternativa para el cultivo de hongos. En este trabajo biográfico se analizó la producción y utilización de residuos agroforestales, con la finalidad de promover su utilización como sustrato, para el cultivo de hongos funcionales (*Agrocybe*, *Auricularia*, *Coprinus*, *Flammulina*, *Grifola*, *Hericiium*, *Trametes*, *Schizophyllum* y *Volvariella*), que son fuente de compuestos bioactivos y pueden crecer en amplia variedad de sustratos, teniendo la capacidad de convertir, los subproductos orgánicos en un alimento proteico. El análisis de la información mostró que los residuos agroforestales que se generan principalmente en el estado de Morelos son rastrojos y esquilmos (caña de azúcar, arroz, sorgo, trigo, maíz, jitomate, olote de maíz, algodón, cacahuate y frijol) y residuos generados en la industria maderera (virutas, aserrines, corteza y tocones) obtenidos de pino, oyamel y encino. Dentro de los residuos con mayor contenido lignocelulósico, están cáscara (arroz y cacahuate), paja (maíz, arroz, sorgo), mazorca de maíz, tallo de maíz, salvado (arroz, trigo), aserrín de pino y bagazo de caña. Por lo que, el estado de Morelos cuenta con una variedad de residuos agroforestales disponibles, para ser utilizados en el cultivo de hongos y generar productos alimenticios que pueden ser funcionales y nutraceuticos, así de esta manera contribuir también con el reciclaje de residuos, haciendo un ambiente ecológico.

Abstract

Agroforestry residues are lignocellulosic by-products, one of the most natural, abundant, and renewable raw materials. Despite the improvement and implementation of techniques for their use, these wastes represent a problem because their volumes exceed the capacity for natural biodegradation, becoming a risk. Due to the high lignocellulosic content of agroforestry residues, they are considered a source of energy recovery, and fungi have the ability to use this type of residues, due to their enzymatic capacity, as a source of nutrients; therefore, its use would be an alternative for the cultivation of fungi. In this biographical work, the production and use of agroforestry residues was analyzed, to promote its use as a substrate, for the cultivation of functional fungi (*Agrocybe*, *Auricularia*, *Coprinus*, *Flammulina*, *Grifola*, *Hericium*, *Trametes*, *Schizophyllum* and *Volvariella*), which are a source of bioactive compounds and can grow in a wide variety of substrates, having the ability to convert organic by-products into a protein food. The analysis of the information showed that the agroforestry residues that are generated mainly in the state of Morelos are stubble and waste (sugar cane, rice, sorghum, wheat, corn, tomato, corn cob, cotton, peanuts, and beans) and residues generated in the wood industry (shavings, sawdust, bark, and stumps) obtained from pine, fir and oak. Among the residues with the highest lignocellulosic content, are husks (rice and peanuts), straw (corn, rice, sorghum), corncob, corn stalk, bran (rice, wheat), pine sawdust and cane bagasse. Therefore, the state of Morelos has a variety of agroforestry residues available, to be used in the cultivation of mushrooms and generate food products that can be functional and nutraceutical, thus in this way also contribute to the recycling of waste, making an ecological environment.

CONTENIDO	ÍNDICE GENERAL	PÁG.
Agradecimientos		
Dedicatorias		
Resumen		
Abstract		
Índice		i
Índice de figuras		iii
índice de tablas		iii
Introducción		iv
Capítulo I. MARCO TEÓRICO		1
1.1 Residuos		1
1.1.1 Clasificación de residuos		1
1.1.2 Residuos agroforestales		2
1.2 Composición química de los residuos agroforestales		3
1.2.1 Celulosa		4
1.2.2 Hemicelulosa		5
1.2.3 Lignina		6
1.3 Producción de residuos agroforestales		8
1.3.1 Producción mundial de madera		8
1.3.1.1 Aprovechamiento potencial de los residuos de madera		9
1.3.1.2 Fuentes de residuos de madera		9
1.3.1.3 Residuos forestales		9
1.3.2 Producción nacional		11
1.3.3 Producción agrícola en el estado de Morelos		11
1.3.3.1 Producción forestal maderable del estado de Morelos		12
1.4 Contaminación ambiental por residuos agroforestales		13
1.5 Aprovechamiento de residuos agroforestales en la producción de hongos comestibles		14
1.6 Generalidades de los hongos		15
1.6.1 Hongos descomponedores en la naturaleza		16
1.7 Producción de hongos en el mundo		17
1.7.1 Producción y consumo de hongos cultivados en México		18
1.8 Hongos comestibles funcionales		19
Capítulo II. JUSTIFICACIÓN		22
Capítulo III. OBJETIVOS		23
Capítulo IV. PROPUESTA A IMPLEMENTAR		24
Capítulo V. PRINCIPALES HALLAZGOS		25

5.1 Diagnóstico general de la corriente de residuos generada por las actividades agrícolas en México	26
5.2 Principales cultivos en México	27
5.2.1 Maíz	27
5.2.2 Frijol	27
5.2.3 Sorgo	27
5.2.4 Café	28
5.2.5 Trigo	28
5.3 Importancia de los esquilmos y subproductos agrícolas	28
5.4 Producción de rastrojos en México	29
5.4.1 Usos de rastrojos en México	30
5.5 Producción en el estado de Morelos	30
5.6 Aprovechamiento forestal maderable 2015	31
5.7 Composición de residuos agroforestales	33
5.8 Cultivo de hongos en residuos agroforestales	35
Capítulo VI. CONCLUSIÓN	40
6. Referencias Bibliográficas	42

CONTENIDO	ÍNDICE DE FIGURAS	PÁG.
1. Estructura de la pared celular		4
2. Estructura de la celulosa		5
3. Enlaces principales en una lignina de madera blanda		8
4. Producción mundial de hongos comestibles (2013)		18
5. Clasificación y actividad biológica en productos naturales fúngicos		20
6. Diagrama general del proyecto		24
7. Hongos cultivados sobre residuos agroforestales		36

CONTENIDO	ÍNDICE DE TABLAS	PÁG
1. Residuos de madera		9
2. Distribución de un árbol corriente apeado para madera de aserrío		9
3. Principales cultivos, año agrícola 2011		12
4. Propiedades medicinales de diversos hongos		21
5. Producción de grano y estimación de la producción rastrojo de cuatro cultivos. Periodo 2008-2011		29
6. Principales cultivos, año agrícola 2011		31
7. Volumen de la producción forestal maderable por municipio		32
8. Composición química de residuos agroforestales		33
9. Sustratos agroindustriales y forestales utilizados para cultivo solido de hongos funcionales		37

Introducción

La generación residuos agroforestales en las diferentes etapas de los procesos productivos es actualmente una problemática a nivel mundial, debido a que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental (Vargas y Pérez, 2018). Cuando los subproductos obtenidos de las actividades forestales, agrícolas e industriales no tienen ninguna utilidad, se transforman en residuos que "hay que tirar". Estos residuos, que en un principio se descomponen en la naturaleza, van aumentando de volumen, y van originando, cada vez más, problemas a una sociedad exigente, provocando alteraciones adversas en el ambiente que son perjudiciales y afectan de modo negativo el desarrollo de los seres vivos (Cuadros, 2008). Sin embargo, los residuos agroforestales bien aprovechados previenen la contaminación de diversos ecosistemas y podrían recuperar las condiciones del ambiente, alteradas por las diversas actividades humanas, así que contribuirían a mejorar la calidad y evitarían afectaciones a la salud humana (Gómez et al., 2016). Por tanto, el aprovechamiento de estos residuos se ha convertido en un tema de interés a través de investigaciones implementadas, surgiendo la necesidad de conversión de los mismos en un producto útil y de mayor valor agregado, que genere ingresos económicos adicionales; además de solucionar un problema de acumulación de este tipo de materia orgánica, de ahí la importancia del estudio de alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales y forestales (Mirabella et al., 2014). Los residuos agroforestales son subproductos lignocelulósicos, que pueden describirse como una de las materias primas naturales, abundantes y renovables más prometedoras disponibles para la mejora y el mantenimiento de las sociedades (Kumar et al., 2009). La pared celular de los tejidos vegetales de estos residuos está compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina, que son polímeros complejos de difícil degradación, algunas bacterias y hongos descomponen estos debido a que poseen enzimas que rompen tales moléculas (Sánchez et al., 2010). La utilización de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles actualmente es una de las alternativas más prometedoras en la producción de alimentos para el consumo y nutrición del hombre, con un gran valor alimenticio, medicinal y económico. En total se ha reportado el consumo de 371 hongos silvestres, México es el segundo país con el mayor número de hongos conocidos como alimento, de los cuales, los más cultivados a nivel mundial son: *Lentinula edodes*, *Agaricus bisporus* y *Pleurotus* spp. (Moreno y Garibay, 2014). Sin embargo, existe una gran variedad de hongos que son considerados como alimentos funcionales, pues además de sus propiedades nutricionales, tienen efectos benéficos para la salud que pueden ser utilizados en la prevención o tratamiento

de enfermedades, dentro de los cuales están los del género *Agrocybe* sp., *Auricularia* sp., *Coprinus* sp., *Flammulina* sp., *Grifola* sp., *Hericiium* sp., *Tremella* sp., *Schizophyllum* sp. y *Volvariella* sp. Las especies de estos géneros fúngicos son poco conocidas como producto comestible en México, ya que algunas, solo se consumen en ciertas comunidades y de especímenes silvestres, desconociéndose muchos de sus beneficios a la salud (anticoagulante, antidiabético, antidepresivo, antiinflamatorio, anticancerígeno y antimicrobiano) además de que no se les está dando la importancia como una alternativa alimenticia y farmacéutica (Elkhateeb et al., 2019). En el presente trabajo, se busca dar a conocer la gran variedad de residuos agroforestales generados en el estado de Morelos y que presentan potencial como sustratos alternativos para el cultivo de estos hongos de gran interés biotecnológico y de esta manera promover su cultivo, además de los beneficios económicos, sociales y nutricionales que representan los hongos funcionales.

Capítulo I. MARCO TEÓRICO

1.1 Residuos

Se conoce como residuo a un material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2015), el término residuo, es aplicado aquellos materiales que pueden o no poseer un valor comercial, puesto que una proporción de sus constituyentes son considerados como materia prima para determinados fines (Saval, 2012; LGEEPA, 2021).

El desarrollo de actividades propias de los diversos sectores productivos, generan volúmenes considerables de residuos sólidos, líquidos y/o gaseosos que en muchos de los casos carecen por completo de planes de manejo que garantice la adecuada disposición, colocando a estos como riesgos potenciales para el ambiente y la salud pública. Podemos definir al riesgo que representa un residuo como la probabilidad de que sus componentes puedan ocasionar efectos a la salud humana o al ambiente, para ello es importante evaluar la presencia de las condiciones necesarias para que ocurra, cantidad de éstos para que no contaminen el aire, agua, suelos o alimentos, vía de contaminación en el interior de organismos vivos; magnitud de exposición y el tiempo que dure ésta; la frecuencia con la que se repita y la vulnerabilidad o susceptibilidad de los organismos afectados (SEMARNAT, 2008). De acuerdo con Delfín y Durán (2003), aproximadamente el 40% de los residuos en las ciudades son materiales celulósicos o lignocelulósicos, que en su mayoría carecen de un tratamiento para su disposición. En México poco más de la mitad de los residuos generados son de naturaleza orgánica (50.3%) los cuales corresponden a residuos de comida, de jardinería y material orgánico; similar, el 17.3% es atribuido a residuos finos, pañales desechables, entre otros; mientras que el resto se conforma de materiales que cuentan con un mercado para su reciclaje (SEMARNAT, 2008).

1.1.1 Clasificación de residuos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Los Residuos (LGPGIR, 2015) establece una clasificación de residuos los cuales se agrupan en tres categorías: los residuos peligrosos, los residuos sólidos urbanos y los residuos de manejo especial (LGPGIR, 2015).

- Residuos peligrosos (RP): aquellos que poseen alguna característica de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.
- Residuos de manejo especial (RME): generados en procesos productivos, no reúnen las características para ser considerados peligrosos o residuos sólidos urbanos, o son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.
- Residuos sólidos urbanos (RSU): generados en las casas habitación. Resultan de la eliminación de los materiales utilizados en las actividades domésticas, de los productos consumidos y de envases, embalajes o empaques; residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública (residuos con características domiciliarias), y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no se consideren de otra índole.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR, 2015) establece la clasificación de los residuos sólidos con base en sus características y origen. Los RSU son generados en casas habitación y provienen de materiales eliminados de las actividades domésticas, así como de establecimientos o vías públicas con características domiciliarias. Por otra parte, los residuos peligrosos son aquellos que presentan características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que portan agentes infecciosos. Finalmente, los residuos de manejo especial (RME) son los generados en los procesos industriales y por las actividades comerciales y de servicios, como oficinas, comedores, sanitarios y mantenimiento. Por sus características se consideran como RSU; sin embargo, por su volumen de generación, superior a 10 t/año, se rigen por la Norma Oficial Mexicana NOM-161-Semarnat-2011 (DOF, 2013).

1.1.2 Residuos agroforestales

Los residuos agroforestales en las últimas décadas están siendo motivo de diversos estudios, debido a que gran parte de sus componentes pueden ser utilizados como materia prima para la generación de productos con valor agregado, condición que prevalece actualmente y que se prevé continúe en el futuro desde el punto de vista de la generación de bioenergéticos y la prioridad para reducir el impacto ambiental que ocasionan dichos residuos. Estos residuos son lignocelulósicos e incluyen a aquellos subproductos tanto de origen forestal, agrícola e industrial (Marqués, 2010),

en otras palabras, residuos agroforestales cuyas aplicaciones dentro del sector productivo que las origina se limita a la naturaleza del subproducto, las prácticas tradicionales de la región, la disponibilidad del recurso económico y el conocimiento de su entorno; estos materiales, poseen características químicas estructurales, entre las que sobresale su alto contenido de lignina y del cual reciben el término lignocelulósicos; este compuesto confiere, entre otras cosas la resistencia de la pared celular de la planta, dando forma, rigidez y estructura, protegiéndola de ataques microbianos (Marques, 2010).

Cabe destacar, que, en muchos de los casos, estos residuos son vistos como fuente de alimento para el ganado, tal es el caso de los generados por el sector agrícola y algunos subproductos agroindustriales, sirviendo como “forraje” durante época de secas, sin embargo, su aporte nutricional está limitado por la capacidad del ganado para ingerirlos, costo económico y la digestibilidad de los pocos nutrientes digestivos para el animal (Ellis et al. 1988). Los residuos agrícolas derivados de cosechas son vistos como aquellos de mayor volumen y difícil control, tal es el caso de pajas y esquilmos; mientras que aquellos provenientes de la actividad forestal producto de la poda y extracción, son considerados como difíciles controlar y de amplia distribución (Navarro et al.1995). Se puede entonces definir a la agroindustria como una actividad que integra actividades propias del sector primario (agricultura, ganadería y forestal) con el sector industrial con el fin de ser objeto de transformación y comercialización (Saval, 2012), dicho de otra manera, es aprovechamiento de los recursos mediante la transformación de materias primas para la obtención de bienes y servicios. A diferencia de los subproductos agrícolas que, como se menciona anteriormente son empleados como alimento para ganado, los bagazos, aserrines, cortezas y virutas son subutilizados, generando su acumulación, puesto que la falta de conciencia ambiental, carencia de recursos económicos y de capacidad tecnológica limita la disposición final de los mismos (Saval, 2012) por lo que productores optan por la quema intencional y/o abandono a cielo abierto situación que contribuye al desarrollo y proliferación de plagas como roedores e insectos lo que implican costos ambientales, económicos y sociales.

1.2 Composición química de los residuos agroforestales

Las características de los residuos agroforestales dependen de la materia prima y del proceso que los origina, sin embargo, poseen características que los hace similares, representan la mayor fuente de energía y materia orgánica renovable de la biosfera, cuya estructura y composición química varía dentro de amplios rangos, lo que determina su uso industrial y la posible aplicación en procesos biotecnológicos

(Figura 1) (Marqués, 2010). Todas las células de las plantas superiores están encerradas en una pared, un material compuesto que consta de numerosos polímeros que incluyen varios polisacáridos entre los que están, péctinas, glucoproteínas estructurales y en las paredes secundarias, el polifenol lignina (Somerville et al., 2004). El tipo de polímero, la estructura y la abundancia pueden variar mucho según la especie de planta, el tipo de tejido, la etapa de desarrollo y la capa/ubicación de la pared dentro de una sola célula vegetal (Pauly y Keegstra 2010). La pared celular comprende la mayor parte del peso seco de la planta, en general contiene del 40 al 50% de celulosa, del 15 al 25% de hemicelulosas, del 20 al 25% de lignina y del 5 al 10% de otros componentes (Zeng et al., 2017).

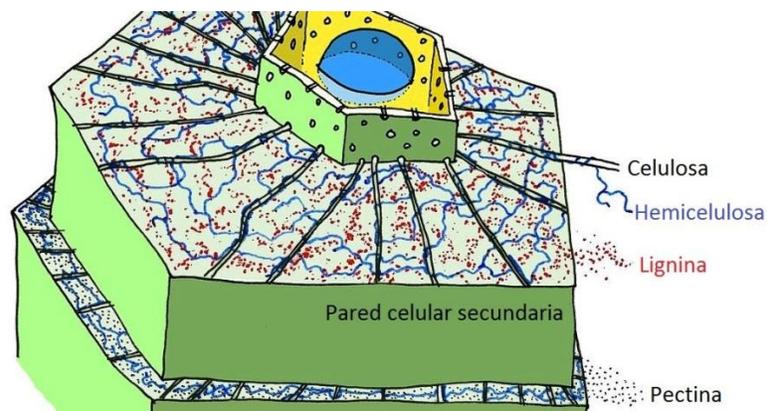


Figura 1. Estructura de la pared celular

1.2.1 Celulosa

La celulosa es el polisacárido que es sintetizada por la enzima celulosa sintasas en la membrana plasmática mediante la construcción de cadenas de β -glucano a partir de UDP-glucosa. El microfibril de celulosa crece desde el extremo no reductor por el complejo de síntesis de celulosa y pronto se empaqueta en una estructura cristalina insoluble en la pared celular en crecimiento (Zeng et al., 2017). Es una matriz de cadenas de β -1,4-glucano organizadas en microfibrillas largas y delgadas (aproximadamente 3 nm de ancho), conformando varillas rígidas, prácticamente inextensibles; que forman redes alineadas dentro de laminillas (Figura 2), contribuye a la rigidez y la anisotropía.

La heterogeneidad y la insolubilidad del microfibril celulósico pueden producir un desafío para las enzimas celulolíticas. Las celulasas son un grupo muy diverso de enzimas que catalizan la hidrólisis de los enlaces glucosídicos β -1,4, que mantienen unida la cadena de celulosa. Según su actividad pueden clasificarse en endoglucanasas, exoglucanasas y β -glucosidasas (Cerdeira, 2016) (Figura 2). Las

endoglucanasas hidrolizan el enlace glucosídico β -1,4 que existe entre las moléculas de la glucosa en posiciones aleatorias en la zona interior de la estructura de las cadenas y su acción es más común en las zonas de celulosa amorfa que forman microfibrillas. Como resultado de la acción de las endoglucanasas, el polímero es dividido en fragmentos de menor dimensión, con lo que se generan nuevos extremos en la molécula. Las exoglucanasas o celobiohidrolasas actúan sobre los extremos de la celulosa liberando un dímero denominado celobiosa. Finalmente, las β -glucosidasas catalizan la reacción de hidrólisis del enlace glucosídico presente entre las dos moléculas de glucosa que forman la celobiosa. A través de la acción conjunta de estos tres tipos de enzimas se obtiene la correcta degradación de la celulosa hasta moléculas simples de glucosa (Devía, 2014). Las endoglucanasas juegan un papel importante al incrementar el rendimiento de jugo de frutas, la filtración de cerveza, mejoran la calidad nutricional de productos de panadería y alimento para ganado (Kaur et al., 2007). Las exoglucanasas son importantes en la degradación de la celulosa cristalina, actúan en los extremos de las fibras de la celulosa y en los sitios creados por la acción de las endoclucanasas generando moléculas de celobiosa y pequeñas cantidades de glucosa. Estas enzimas se inactivan en carboximetilcelulosa, pero hidrolizan la celulosa amorfa al atacar los residuos de celobiosa (Kaur et al., 2007). Por último, las β -glucosidasas, las cuales hidrolizan las moléculas de celobiosa a monómeros de glucosa de esta manera, los microorganismos pueden utilizar los productos generados por la hidrólisis de la celulosa como fuente de carbono para el crecimiento (Rabinovich et al., 2002).

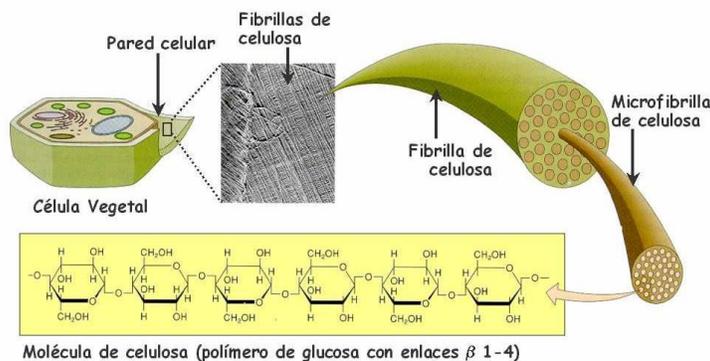


Figura 2. Estructura de la celulosa

1.2.3 Hemicelulosa

Las hemicelulosas son los segundos polímeros heterogéneos más abundantes que contienen varias subunidades de monosacáridos para formar xilanos, xiloglucano,

mananos y glucomanos, y otros. Se sabe que, a través de interacciones covalentes y no covalentes con celulosa y lignina, la hemicelulosa contribuye al fortalecimiento de la pared celular. Sin embargo, a diferencia de la celulosa, donde las cadenas de glucano se asocian estrechamente para formar microfibrillas, este polisacárido no celulósico contiene sustituyentes heterogéneos u otros enlaces en su estructura polimérica que los hace amorfos y en su mayoría solubles en soluciones acuosas. A diferencia de la celulosa y la lignina, las hemicelulosas se pueden solubilizar fácilmente cuando se tratan con diferentes temperaturas y concentraciones de álcali, ácido y otros productos químicos. La hidrólisis con ácido sulfúrico diluido, por ejemplo, ha demostrado ser un proceso favorable para solubilizar hemicelulosas y convertirlas en azúcares. Además de la hidrólisis química, las enzimas (es decir, las hemicelulasas) también se utilizan para hidrolizar hemicelulosas (Zeng et al., 2017). En las plantas que se consideran maderas blandas (coníferas) están las hemicelulosas tales como: galactoglucomananas (20%) y arabino-glucuronoxilanos (10%), en las maderas duras contienen hemicelulosa principalmente el xilano, especialmente el O-acetil-4-O-metilglucuronoxilano (80-90%), acetilglucuronoxilano en aproximadamente 15-30% en peso del peso seco (Maki-Arvela et al. 2011).

Las enzimas que degradan hemicelulosa se nombran según el sustrato sobre el que actúan; por ejemplo, mananasas degradan mananos, xilanasas degradan xilanos, etc. (Moore, 1998). Dentro de las hemicelulosas, el más abundante es el xilano, por ello las xilanasas constituyen el grupo enzimático más estudiado entre las hemicelulasas (Spiridon y Popa, 2008). Las D-xilanasas, similares a las celulasas, se componen básicamente de dos grupos de enzimas: endo-1,4- β -D-xilanasas, y 1,4- β -D-xilosidasas, las cuales en muchos casos están presentes en forma de distintas isoenzimas (Tan et al., 1985; Huang et al., 1991). La hidrólisis de estas moléculas complejas requiere la interacción de numerosas enzimas que cortan la cadena principal y también las laterales. La endo-1,4- β -D-xilanasas actúa sobre la cadena de xilano al azar, disminuyendo el grado de polimerización con liberación de xilooligosacáridos, xilobiosa y xilosa. La 1,4- β -D-xilosidasa interviene luego de la endoxilanasas, actuando sobre los xilooligosacáridos (a partir de los extremos no reductores) o sobre la xilobiosa, dando como producto xilosa (Bajpai, 1997).

1.2.4 Lignina

La lignina protege a la celulosa y es estructuralmente heterogénea, con un arreglo irregular de polímeros de fenilpropano que se enlazan por polimerización oxidativa. Este polímero es depositado principalmente en la pared celular secundaria y mantiene unidas las fibras celulósicas. La lignina en las plantas leñosas ayuda

agregando fuerza y estructura a las paredes celulares, controlando el flujo de fluidos y protegiendo contra el estrés bioquímico al inhibir la degradación enzimática de otros componentes. Su estructura química consiste en unidades de fenilpropano, que se originan a partir de tres precursores de alcoholes aromáticos (monolignoles), alcoholes *p*-coumaril, coniferil y sinapil, las subestructuras fenólicas que se originan a partir de estos monolignoles se denominan fracciones *p*-hidroxifenilo (H, del alcohol cumarílico), guaiacilo (G, del alcohol coniferílico) y siringilo (S, del alcohol sinapílico) (Figura 3). La lignina es reconocida como un polímero altamente ramificado con una variedad de grupos funcionales: hidroxilos alifáticos y fenólicos, grupos carboxílicos, carbonilo y metoxilo. La composición y el contenido de la lignina están influenciados por la especie y también por el medio ambiente. Las ligninas de madera dura consisten principalmente en unidades G y S y trazas de unidades H, mientras que las ligninas de madera blanda comprenden principalmente unidades G, con bajos niveles de unidades H. Las ligninas de los pastos (monocotiledóneas) incorporan unidades G y S a niveles comparables y más unidades H que dicotiledóneas (Laurichesse et al., 2014). La lignina no es digerible por los animales, pero sí por hongos y bacterias secretoras de enzimas que pueden degradar el polímero (Revollo et al., 2012). Dada la heterogeneidad de la molécula de lignina y su gran tamaño los sistemas enzimáticos involucrados en su degradación deben ser extracelulares y no específicos. La acción de las enzimas resulta en una despolimerización parcial, las roturas ocurren sin especificidad. Son mecanismos oxidativos que producen radicales libres, que pueden reaccionar entre sí volviendo a polimerizarse (Maki-Arvela et al., 2011). Existe un equilibrio entre polimerización-despolimerización. Se inician reacciones no específicas que después pueden seguir cualquier camino sin subsiguiente control por parte de las enzimas, es lo que se ha llamado “combustión enzimática” (Kirlc, 1987). Hasta el momento se han descrito tres enzimas ligninolíticas que se hayan distribuidas ampliamente entre los hongos causantes de pudrición blanca: la lignin-peroxidasa (LiP), la manganeso-peroxidasa (MnP) y la lacasa. Otras enzimas ligninolíticas como la peroxidasa versátil (PV) o la peroxidasa manganeso-independiente se mencionan formando parte del sistema ligninolítico de algunos basidiomycetes.

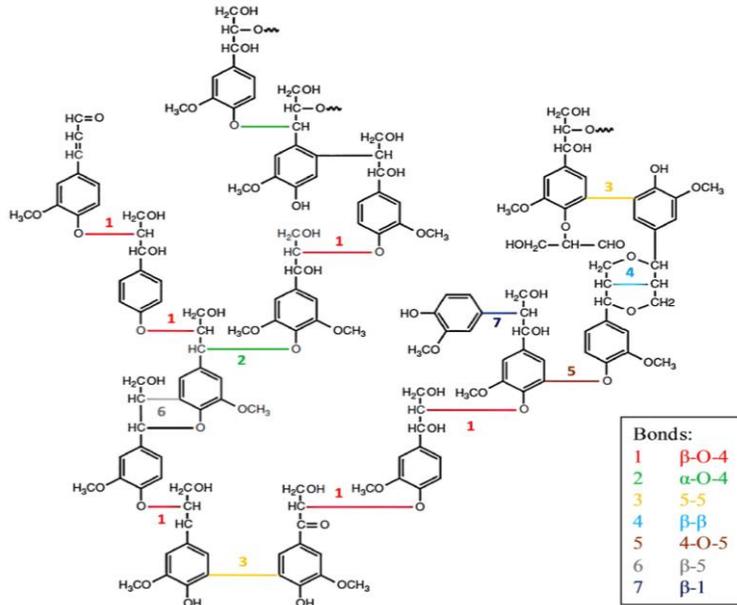


Figura 3. Enlaces principales en una lignina de madera blanda (Windeisen et al. 2012).

1.3 Producción de residuos agroforestales

1.3.1 Producción mundial de madera

Los principales países consumidores de madera aserrada (madera de coníferas), considerando especies nativas y plantadas son el Brasil, México y Argentina. El mayor consumo de madera aserrada es la de la industria de productos de mayor valor agregado y embalaje. Esta es una particularidad común a la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, donde el consumo promedio en la construcción civil es relativamente bajo en comparación a los países desarrollados. En Centroamérica y México el producto con menor valor agregado que se comercializa en la región es la madera aserrada, sin embargo, de acuerdo con las estadísticas de la FAO, las exportaciones de este producto significan más del 50% de las exportaciones de productos forestales para Belice, Nicaragua, Honduras y Guatemala. En general la mayor parte de la industria existente en los países centroamericanos es obsoleta, con maquinaria y equipos que deben ser sustituidos por otros que permitan un mayor aprovechamiento de la materia prima forestal (FAO, 2012).

1.3.1.1 Aprovechamiento potencial de los residuos de madera

1.3.1.2 Fuentes de residuos de madera

Los residuos que provienen de la industria de productos forestales pueden dividirse en dos clases: los que proceden de la recolección y extracción de trozas de los montes, y que se consideran en general de uso económico nulo, y los que generan las propias industrias forestales durante el proceso de fabricación de madera, tableros contrachapados, tableros de partículas (Tabla 1) (BEFS RA, 2014).

Tabla 1. Residuos de madera

Fuente	Tipo de residuo
Operaciones forestales	Ramas, agujas, hojas, tocones, raíces, madera de mala calidad, recortes y aserrín.
Aserradero	Corteza, recortes, aserrín, madera partida, virutas y lijaduras.
Producción de tableros contrachapados	Cortezas, almas, aserrín, recortes y residuos de chapas, recortes de paneles, lijaduras.
Producción de tableros partículas	Cortezas, cribaduras, menudos, recortes de paneles, aserrín, lijaduras.

1.3.1.3 Residuos forestales

No es raro que un 60% del total del árbol talado se quede en el bosque y que las especies no comerciales se dejen para corta y quema, o simplemente se talen y se dejen pudrir para facilitar el acceso a la extracción de árboles. Las prácticas de aserrar y escuadrar los rollizos en el bosque en lugar de hacerlo en el aserradero hacen que se desperdicie otro ocho a diez por ciento y un 30 a 50 por ciento, respectivamente (Tabla 2) (BEFS RA, 2014).

Tabla 2. Distribución de un árbol corriente apeado para madera de aserrío

Parte o producto del árbol	Proporción (%)
Dejado en el bosque:	
Copa, ramas y follaje	23
Tocón (excluidas las raíces)	10
Aserrín	5
Virutas, costeros y recortes	17
Aserrín y menudos	7.5
Perdidas varias	4.0
Corteza	5.5
Madera aserrada	28
Total	100

Todos los residuos de la madera y su corteza, que se suelen denominar comúnmente aserrín basto debido al proceso de reducir el tamaño de los residuos en una "desmenzadora" tienen valor como combustible, aunque se produce en una gran gama de tamaños con diverso contenido de humedad y comprenden principalmente los siguientes:

- Corteza: que constituye de un 10 a un 22 por ciento del volumen total de la troza según tamaño y especie, y cuya eliminación puede suponer de suyo un grave problema a no ser que pueda utilizarse como combustible o eliminarse antes de la preparación de la troza.
- Residuos secundarios: como costeros, desperdicios de canteado, recortes, incluso de chapas, recortes de aserrío y de tableros de partículas, que cuando se reduce su tamaño se convierten en un combustible ideal, especialmente cuando están secos. También tienen valor de reventa como material para pasta y tableros de partículas.
- Las almas: procedentes de trozas para el desenrollado de chapas, y que se venden por lo general a los aserraderos o como madera aserrada o como partículas o astillas para pulpa.
- Aserrín: que es el producto de todas las operaciones mecánicas de elaboración de la madera, especialmente del aserrío, y que por lo general no se considera como material primario para la fabricación de pasta debido a su diminuto tamaño, aunque resulta aceptable para la fabricación de tableros de partículas.
- Virutas de cepillado: que proceden del dimensionamiento y alisado de la madera aserrada, de la madera contrachapada y de los tableros de partículas con cepillos durante la fase de acabado. Se consideran ideales para la producción de tableros de partículas y son excelentes para el caldeo de hornos y secadoras.
- Lijaduras: que se producen durante el lijado abrasivo de la madera aserrada, de los tableros contrachapados y de partículas durante la fase de acabado. Debido a su tamaño y a su bajísimo contenido de humedad se prestan muy bien al caldeo directo.
- Residuos de tableros de partículas: que son del orden de un cinco por ciento y que tienen escasa importancia en comparación con los que se producen en otras industrias mecánicas a base de madera, pues en buena parte se reciclan dentro del proceso productivo. En realidad, los residuos procedentes del aserrío y de la fabricación de tableros contrachapados constituyen gran parte del material que sirve para los tableros de partículas.

1.3.2 Producción nacional

Para México la agricultura y extracción de madera en rollo representan actividades importantes para su desarrollo económico, de las cuales se derivan grandes cantidades de residuos. En el periodo comprendido de 1995-1997 se produjeron en el país 145,059,714 toneladas de subproductos agrícolas; mientras que entre 1996-1997 se reportaron 4'528,225 toneladas de residuos provenientes de la actividad forestal mientras que en el período 1995-1998, contabilizaron 55' 327,702 toneladas húmedas de residuos de la agroindustria entre pulpa de café y bagazo de caña de azúcar (COLPOS, 2003). De acuerdo con el artículo 31 de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (2003), los subproductos agrícolas y de aprovechamiento forestal son considerados como residuos sólidos de manejo especial incluyendo los residuos de insumos empleados en esta práctica; sin embargo dentro del Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de SEMARNAT (2008) basado en el artículo 19 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003), solo incluyen dentro de esta clasificación a residuos provenientes de servicios de salud, servicios de transporte, plantas de tratamiento de aguas residuales, tiendas departamentales o centros comerciales generados en volúmenes altos y aquellos derivados de la industria de la construcción, lo cual deja fuera de legislación a los llamados subproductos lignocelulósicos.

1.3.3 Producción agrícola en el estado de Morelos

La práctica de las actividades agrícolas en Morelos ha sido muy relevante a lo largo de su historia, tanto en el nivel local como en el contexto del país. En el estado ha existido una diferenciación espacial histórica, como producto de las diversas situaciones sociopolíticas y del papel que han desempeñado los agentes sociales en la conformación y evolución de sus regiones. Así, a distintos momentos histórico-sociales, corresponden diferentes manifestaciones territoriales en cuanto al uso del espacio. En el año agrícola 2011 se sembraron 134,072 hectáreas, correspondiendo a cultivos de temporal 89,894 y 44,177 a cultivos de riego. De las 134,072 hectáreas sembradas, 35,208 has correspondían a cultivos perennes y 98,863 has a cultivos cíclicos. Y de las 134,072 hectáreas sembradas, 89,895 son de temporal y 44,177 cuentan con la seguridad de riego (Vargas y Pérez 2018) (Tabla 3). El clima cálido subhúmedo del estado favorece el cultivo de: caña de azúcar, arroz, sorgo, maíz, jitomate, algodón, cacahuete, cebolla y frijol.

Tabla 3. Principales cultivos, año agrícola 2011

Cultivo	Superficie Sembrada	Producción (Ton)	Rendimiento (Ha)	PMR (Ton/Ha)	Valor Producción (\$/Ton) (Miles de Pesos)
Aguacate	3,319.40	27,715.53	9.13	10,640.09	294,895.7
Arroz Palay	1,501.00	15,095.84	10.06	4,985.78	75,264.53
Avena forrajera	2,124.00	70,034.20	32.97	206.07	14,431.81
Cacahuete	1,004.50	1,788.17	1.78	9,349.74	16,718.92
Calabacita	1,150.00	17,467.66	15.19	5,879.35	102,698.54
Caña de azúcar	18,471.60	1,959,194.60	117.14	649.99	1,273,466.49
Cebolla	2,421.00	69,524.25	28.72	4,104.28	285,347.21
Durazno	2,057.50	18,542.38	9.9	8,480.56	157,249.72
Ejote	2,219.00	23,018.17	10.37	6,094.63	140,287.22
Elote	7,204.00	85,630.00	11.89	3,097.88	265,271.77
Frijol	1,925.00	2,052.13	1.07	13,793.28	28,305.60
Guayaba	23.4	164.17	7.67	3,806.21	624.87
Higo	851	2,391.10	6.33	8,462.05	20,233.61
Jícama	606	19,808.26	32.69	3,656.61	72,431.08
Limón	434.9	3,282.91	9.01	6,818.40	22,384.19
Maíz de grano	28,580.00	89,884.61	3.14	3,625.11	325,841.47
Mango	434.5	7,392.60	17.31	2,931.62	21,672.30
Naranja	327.8	3,827.82	24.41	3,110.95	11,908.17
Noche buena	95	5,793,900.00	60,988.42	27.67	160,340.60
Nopales	3,257.00	269,555.00	82.97	1,312.60	353,817.45
Pepino	1,397.50	24,596.86	17.6	4,732.32	116,400.11
Pera	800	3,992.80	6.7	9,359.03	37,368.73
Rosa (gruesa)	398.6	491,537.00	1,305.20	149.55	73,508.58
Sábila	86	3,668.91	47.65	3,130.33	11,484.88
Sorgo de grano	41,134.00	180,035.35	4.38	2,559.11	460,730.80
Jitomate	2,176.00	68,152.40	31.32	7,976.50	543,617.33
Tomate verde	1,669.00	22,827.15	13.68	4,665.33	106,496.26
Otros	7,359				282,546.26
Total	134,072.20				5,441,173.47

PMR= Precio medio rural.

Fuente: SIAP

1.3.3.1 Producción forestal maderable del estado de Morelos

La producción forestal maderable, es la madera que en distintas formas y para diversas aplicaciones es obtenida a partir del corte de árboles como madera en rollo, que es el producto obtenido del corte y seccionado de árboles con diámetro mayor a

diez centímetros en cualquiera de sus extremos, sin incluir la corteza; para postería, que es el producto que, por sus características, se aprovechan para la obtención de postes, morillos, polines, etcétera. Otro aprovechamiento es la producción de carbón. En el estado de Morelos, las unidades de producción registraron 1,801.4 metros cúbicos de madera obtenida del pino. Al interior de la entidad, sólo dos municipios declararon haber obtenido madera del pino, siendo el de mayor aportación Huitzilac con 1,784.4 metros cúbicos, lo que significa a nivel estatal 99.1% y Ocuituco con una aportación de 17.0 metros cúbicos; es decir, 0.9% de la entidad (PAM, 2007).

1.4 Contaminación ambiental por residuos agroforestales

Se entiende como contaminación el cambio en la calidad física, química, radiológica o biológica de un recurso (aire, tierra o agua) causado por el hombre o debido a actividades humanas y que es perjudicial para la existencia, fin o uso potencial del recurso (Rodríguez, 1999). La contaminación ambiental puede clasificarse por tipo, origen o naturaleza química de los contaminantes; por sus efectos o por el proceso que la causa. Este último puede demarcar el límite entre la contaminación de origen natural y la antropogénica. El origen antropogénico hace referencia a que la contaminación es resultado de las actividades humanas, como el desarrollo agroindustrial (Gómez et al., 2016). La generación de residuos agroindustriales sólidos, líquidos o gaseosos constituye focos potenciales de contaminación y riesgo para la salud (Guerrero y Valenzuela, 2011), si no son dispuestos o procesados apropiadamente. De acuerdo con Barragán et al. (2008) algunos de estos residuos son quemados o vertidos en rellenos sanitarios, lo que produce una gran liberación de dióxido de carbono (CO₂), contaminación de cursos de aguas, molestias por presencia de olores, proliferación de ratas, moscas y otros insectos, entre otros efectos negativos. La generación de estos residuos puede ocurrir durante los procesos relacionados con el cultivo u obtención de materia prima o en las actividades de procesamiento de esta. Si no son reciclados o dispuestos apropiadamente, tales residuos producen diversos impactos ambientales adversos, lo que genera, según Guerrero y Valenzuela (2011), contaminación principalmente en el suelo y el agua, tanto en fuentes superficiales como subterráneas. Adicionalmente, en menor proporción se ocasiona contaminación en la atmósfera por las emisiones provenientes de la operación agroindustrial que pueden incluir material particulado, óxido de azufre, óxidos nitrosos, hidrocarburos y otros compuestos orgánicos. La industria de la caña de azúcar y sus derivados, además de generar vertimientos de residuos materiales y energéticos, participa en la emisión

de residuos a la atmósfera producto de la combustión del bagazo de caña (5.5 kg de cenizas volátiles por tonelada de caña procesada, aproximadamente), los combustibles empleados en el proceso y los vapores de fermentación y de las unidades de sulfatación (para el refinado del azúcar) (Restrepo, 2006; González et al., 2012), lo que aumenta la contaminación atmosférica. Con base en lo expuesto previamente, los residuos y subproductos de la agroindustria, al disponerse sin tratamiento previo o sin ningún control, alteran las condiciones del ambiente y provocan un desequilibrio natural que afecta la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida de quienes habiten la zona.

1.5 Aprovechamiento de residuos agroforestales en la producción de hongos comestibles

Debido al rápido crecimiento de la agroindustria y a la extensión de terrenos cultivados en algunas regiones agrícolas, la cantidad de materiales orgánicos de desecho son una fuente de contaminación ambiental, por esta razón hay un interés creciente en la utilización de estos residuos en procesos productivos que permitan emplear estos materiales con los consecuentes beneficios económicos y ambientales. Guzmán et al. (2008), señalan que los materiales orgánicos pueden ser utilizados para la preparación de sustratos para el cultivo de hongos siendo de gran importancia como agentes biológicos por su capacidad de convertir los subproductos orgánicos no comestibles en alimento para humanos de buena calidad, con una eficiencia de conversión de proteína por unidad de área y por unidad de tiempo superior a las fuentes de proteína animal (Rodríguez y Zuluaga 1994).

Guzmán et al. (2008) informan que, los hongos crecen de manera controlada en diferentes materiales obtenidos como subproductos o desechos de las actividades agrícolas y agroindustriales, lo cual trae un beneficio ambiental debido a que el manejo y el tratamiento adecuado de desechos orgánicos en el mundo, los sustratos para el cultivo de los hongos se pueden clasificar en seis categorías, a saber: 1) Pajas (de ajonjolí, arroz, cártamo, cebada, sorgo, trigo, avena y zacate en general); 2) Rastrojos (de maíz, mijo, garbanzo, frijol, etc.); 3) Pulpas (de café, de limón, de cardamomo); 4) Bagazos (de caña de azúcar, citronela, maguey tequilero, henequén, uva, etc.); 5) Residuos forestales (como aserrín, viruta, troncos y ramas); y 6) Otros (como papel, olote, tamo de maíz, hojas de piña, fibra de coco, lirio acuático, hojas y tallos de plátano, desechos de la industria textil, etc.). El cultivo de hongos comestibles es una industria biotecnológica en continuo proceso de expansión y que va cobrando mayor importancia en el ámbito económico de muchos países. Entre

los principales países productores de hongos comestibles se encuentra China, Estados Unidos, Holanda, Francia, España, Polonia, Italia, Canadá, Irlanda y Reino Unido (Sánchez, 2010).

1.6 Generalidades de los hongos

Los hongos son organismos eucariontes, presentan un núcleo bien diferenciado con membrana nuclear bien organizada, carente de clorofila. Son heterótrofos por lo tanto se alimentan de materia orgánica en descomposición, por medio de absorción secretando enzimas de la cual aprovechan la energía y el carbono. Su pared celular está conformada por polisacáridos, polipéptidos, glucanos y quitina de consistencia rígida que es lo que impide la fagocitosis y a través de ella pasan por difusión sustancias simples y solubles, producto de la acción enzimática externa (Arenas, 2014; Roa et al., 2018). La pared celular es una estructura con gran plasticidad, que da la forma a la célula, controla la permeabilidad celular y protege a la célula de los cambios osmóticos. Además de estas importantes funciones, constituye el lugar de interacción con el medio externo, localizándose en ella las adhesinas y un gran número de receptores que, tras su activación, desencadenarán una compleja cascada de señales en el interior de la célula” (Pontón, 2008). Los hongos están formados por un complejo fúngico llamado micelio que está constituido por múltiples hifas, los hongos macroscópicos están formados por agregaciones miceliales formando cuerpos fructíferos o carpóforos, donde se localizan estructuras de reproducción sexual (basidios con basidiosporas)” (Arenas, 2014). Los hongos poseen las características fundamentales de la materia viva: irritabilidad, conductividad, contractilidad, y capacidad de reproducción. Tienen la capacidad de descomponer organismos muertos o sus productos (saprofitos o saprófitos) y obtener el nutrimento de otros organismos vivos o huéspedes (parásitos). Algunos hongos se relacionan con otros microorganismos para nutrirse mutuamente (simbiosis), por ejemplo, con: líquenes (combinación de hongos y las algas), micorrizas (asociación de hongos y raíces de plantas), esto sirve para incrementar la absorción de nutrimentos del suelo. Los hongos patógenos son especies zootrópicas que requieren tejido vivo para el crecimiento, al menos durante una parte de su ciclo; en cambio los hongos oportunistas son necrotróficos o saprotróficos, es decir, usan componentes orgánicos generados por vertebrados o compuestos orgánicos de invertebrados. Los hongos tienen gran importancia para conservar el equilibrio de la naturaleza puesto que desintegran o reciclan casi todos los restos orgánicos y permiten así completar el ciclo de la materia y de la energía; intervienen en la producción del humus del suelo, muy importante para su fertilidad (Arenas, 2014).

Los hongos sirven como alimento o se utilizan en la elaboración de otros. Además de utilizarse en procesos industriales (producción de: ácido cítrico, antibióticos, hormonas y enzimas). Los hongos producen una amplia gama de productos naturales que abarca desde componentes estructurales con actividad antitumoral e inmunológicamente activos hasta agentes microbianos, antifúngicos, antivirales, citostáticos, enzimas, reguladores de crecimiento y aromas (Arenas, 2011).

1.6.1 Hongos descomponedores en la naturaleza

Los hongos son muy importantes en la naturaleza, cuando los organismos mueren los descomponedores como: las bacterias del suelo, de animales, como las lombrices de tierra, los nematodos y de los hongos, son los que se encargan de degradarlos y así sustentar la vida en la tierra. Los hongos principalmente llevan a cabo la descomposición mediante la secreción de enzimas. El reino fungí agrupa a un inmenso número de individuos distribuidos en una gran diversidad de especies, muchas de ellas desconocidas, sobre todo las microscópicas (levaduras y mohos, que incluyen varios miles o millones de hongos), aunque también en la actualidad se siguen describiendo muchas especies nuevas de hongos macroscópicos. Los hongos tienen una amplia distribución cosmopolita, pero según de donde obtengan la materia orgánica, pueden ser de tres tipos: saprófitos, parásitos y simbióticos, hay diferentes especies y formas de distribución restringida o endémica, en particular las simbióticas y parásitas, todas ellas ligadas a un determinado hábitat. El estilo de vida fúngico saprófito es considerado más primitivo que los tipos de vida simbióticos y se refieren a los hongos que viven de la materia orgánica muerta (Cooke y Rayner, 1984). Estos hongos obtienen sus nutrientes y productos químicos necesarios a partir de la materia orgánica muerta y son necesarios en la dinámica y resiliencia de los ecosistemas. Los hongos saprobios representan un grupo muy numeroso de especies. Se consideran los más abundantes en la Naturaleza (Smith y Read, 2008). Se nutren a partir de materia orgánica muerta muy diversa, pudiendo ser de diferente naturaleza como maderas o restos leñosos (en el caso de los hongos lignícolas), humus, excrementos (hablamos así de especies coprófilas), musgos, turba, carbón, cadáveres de animales, etc. Específicamente, los hongos que crecen en sustratos lignocelulósicos tales como la madera o la paja, excretan una mezcla de enzimas hidrolíticas y oxidantes que despolimerizan los componentes del sustrato el cual está compuesto principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. Algunos hongos comestibles, tienen la habilidad de colonizar el rastrojo y degradar la lignina, además de la hemicelulosa y la celulosa (Ardón, 2007). Estos hongos son considerados como agentes primarios porque son capaces de utilizar los desechos

agroforestales en su forma natural sin que hayan sido sujetos a algún proceso de degradación bioquímica o microbiológica.

1.7 Producción de hongos en el mundo

Los hongos comestibles, medicinales y silvestres son los tres componentes principales de la industria mundial de hongos. Los hongos comestibles cultivados son el componente principal (54%) que representan aproximadamente \$34 mil millones, mientras que los hongos medicinales representan el 38% o \$24 mil millones y los hongos silvestres representan \$5 mil millones u 8% del total. La producción mundial de hongos comestibles cultivados ha aumentado más de 30 veces desde 1978 (de aproximadamente 1 billón de kg en 1978 a 34 billones de kg en 2013). Este es un logro extraordinario, teniendo en cuenta que la población mundial ha aumentado. Por lo tanto, el consumo per cápita de hongos ha aumentado a un ritmo relativamente rápido, especialmente desde 1997, y ahora supera los 4.7 kg anuales. En 2013, casi todo el consumo de hongos en China, la UE y la India se suministró desde fuentes domésticas; y casi todo el consumo de hongos en los Estados Unidos, Canadá, Japón y Australia fueron suministrados principalmente por fuentes nacionales, pero también por cantidades sustanciales de importaciones (USITIC, 2010). China es el principal productor de hongos comestibles cultivados, más de 30 mil millones de kg de hongos se produjeron en China en 2013 (CEFA, 2014) y esto representó aproximadamente el 87% de producción total. El resto de Asia produjo alrededor de 1,300 millones de kg, mientras que la UE, las Américas, y otros países produjeron alrededor de 3.1 mil millones de kg. Cinco géneros principales constituyen alrededor del 85% del suministro mundial de hongos (Figura 4) *Lentinula* es el género principal, que contribuye con aproximadamente el 22% de los hongos cultivados en el mundo. *Pleurotus*, un segundo cercano, con cinco o seis especies cultivadas, constituye aproximadamente el 19% de la producción mundial, mientras que *Auricularia* aporta alrededor del 17%. Los otros dos géneros, *Agaricus* y *Flammulina*, son responsables del 15 y 11% del volumen, respectivamente. *Lentinula* es el hongo más cultivado representa más de 7 mil millones de kg. Esto representa un 106.8% de aumento de volumen desde 2010. El segundo hongo más cultivado en China ahora es *Auricularia* la producción de este género (con dos especies principales) ha aumentado casi un 92% desde 2010. *Pleurotus* es el tercer género más cultivado en China 2013, representa casi 6 mil millones de kg (un aumento del 10.8% desde 2010).

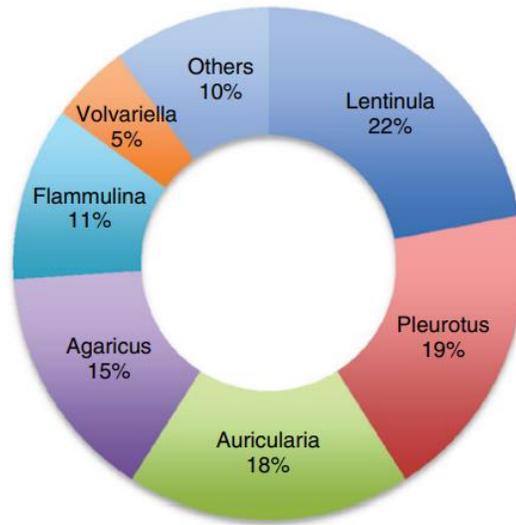


Figura 4. Producción mundial de hongos comestibles (2013) (Wu et al., 2016).

1.7.1 Producción y consumo de hongos cultivados en México

Las propiedades nutricionales y funcionales de los hongos comestibles pueden representar una contribución relevante a la seguridad alimentaria del país, así como una estrategia adecuada para promover el crecimiento sostenido equitativo de la producción y el consumo. La producción de hongos comestibles inició como una auténtica biotecnología tradicional, basada en técnicas sencillas de propagación, hace aproximadamente 1,000-1,400 años en China, con el cultivo empírico de las “orejas de ratón” (*Auricularia* spp.) y del “shiitake” (*Lentinula edodes*) (Chang y Miles, 2004). De la misma forma, aunque como proceso independiente, también comenzó en Francia hace más o menos 350 años con el cultivo del champiñón (*Agaricus* spp.). A través del tiempo, ha sido posible la incorporación y desarrollo de tecnologías que han mejorado substancialmente la producción comercial a gran escala no tan sólo de los hongos comestibles mencionados, sino también de otras especies potencialmente cultivables; (Martínez-Carrera, 2002). Ahora ya pueden distinguirse dos grandes tendencias en la biotecnología de hongos comestibles a nivel mundial: 1) Biotecnología aplicada, y 2) Biotecnología moderna. La biotecnología aplicada en hongos comestibles se ha derivado de las técnicas tradicionales, enriquecidas con innovaciones biológicas, mecánicas, y experiencias locales derivadas de un contexto social, económico y ecológico. Actualmente, aunque con mucho menor grado de desarrollo, pueden identificarse en México las tendencias predominantes a nivel mundial (Martínez-Carrera, 2000). En países en vías de desarrollo, como es el caso de México, dicha situación tiene un impacto directo sobre la seguridad alimentaria de la población, es decir, en su derecho para tener acceso a alimentos sanos y

nutritivos, así como a una alimentación apropiada y diversa. El aprovechamiento de hongos comestibles en México se ha desarrollado por más de 70 años, desde 1933, en pequeña (rural) y gran escala (Martínez-Carrera et al., 2002). La producción comercial de hongos comestibles se ha estimado en 47,468 toneladas anuales, incluyendo el champiñón (*Agaricus*: 95.3%), las setas (*Pleurotus*: 4.6%), y el shiitake (*Lentinula*: 0.1%). Su valor económico supera los 200 millones de dólares anuales, generando alrededor de 25,000 empleos directos e indirectos (Martínez-Carrera et al., 2007). Las estrategias para incrementar el consumo de los hongos comestibles y su relevancia en el sistema alimentario nacional deben considerar las preferencias y percepciones de los consumidores, así como incluir información sustentada sobre su valor nutricional y funcional. El sector privado lo ha hecho en mayor medida durante los últimos 70 años, mientras que el sector social inició más recientemente apoyándose en el sector público, tanto académico como de programas de desarrollo gubernamentales. Se tienen experiencias exitosas en los estados de Puebla, México, Hidalgo, Tlaxcala, Morelos, Veracruz, Jalisco, Yucatán, Guerrero, Oaxaca, Querétaro, y Chiapas (Sánchez, 2005). La biotecnología moderna ha iniciado recientemente en el sector académico, aunque su impacto potencial en el largo plazo es también bastante prometedor ya que se dispone de sistemas de transformación genética para el champiñón (*Agaricus*), las setas (*Pleurotus*), y el shiitake (*Lentinula*). Además, debe resaltarse que México es el único país latinoamericano que cuenta con una importante red de grupos de investigación, los cuales trabajan en diversos aspectos básicos, aplicados, y socioeconómicos relacionados con el cultivo de hongos comestibles (Mikosch et al., 2000; Honda et al., 2000).

1.8 Hongos comestibles funcionales

Los hongos han sido apreciados desde hace mucho tiempo, por producir metabolitos con actividad terapéutica además de su sabor, textura y nutrición como hongos culinarios, pero también para atributos farmacéuticos y tónicos como hongos medicinales. Las especies fúngicas presentan grandes propiedades, su acción terapéutica es atribuida a los compuestos bioactivos (flavonoides, alcaloides, polisacáridos, esteroides, triterpenos, saponinas y lignanos) (Periquerías, 2004) que poseen en sus cuerpos fructíferos. Medicinalmente los hongos funcionan como antimicrobianos, antifúngicos, antivirales, antiinflamatorios, antioxidantes, antihipertensivos, antitumorales, inmunoestimulantes y cardiotónicos (Pérez-Moreno et al., 2010) (Figura 5). Los hongos comestibles constituyen un alimento funcional con propiedades nutricionales y medicinales que promueven la salud (Chang y Miles, 2004; Martínez-Carrera et al., 2007), lo cual puede fortalecer la

seguridad alimentaria en momentos de crisis. Diversas investigaciones científicas han demostrado que los hongos comestibles tienen alto contenido de proteína (aminoácidos esenciales), minerales, vitaminas (complejo B, provitamina D) y fibra cruda, aunque son relativamente bajos en grasas. También han demostrado su valor funcional (Wasser, 2002). Los hongos comestibles cultivados se usan no solo como alimento sino también como materia prima para producir agentes terapéuticos y medicinales en muchos países (Japón, Corea, China, Estados Unidos y Francia). Existe gran variedad de hongos comestibles que se pueden cultivar, además de que son considerados uno de los recursos forestales no maderables más importantes que pueden ser utilizados para el consumo humano, algunos de estos hongos se muestran en la tabla 4.



Figura 5. Clasificación y actividad biológica en productos naturales fúngicos (Gholami-Shabani et al., 2019).

Tabla 4. Propiedades medicinales de diversos hongos

Especie del hongo	Nombre popular	Efecto medicinal	Fuente
<i>Agrocybe aeguerita.</i>	Seta de chopo	Antioxidantes Antienvjecimiento	(Huijuan et al., 2018)
<i>Auricularia sp.</i>	Oreja u oreja gelatinosa de palo	Anticancerígeno Antibiótico Antioxidantes Reducen el nivel de colesterol hipertensión y antidiabéticas	(Cheng y Tu, 2013; Oke y Aslim, 2011)
<i>Coprinus comatus</i>	“barbuda” o “chipirón de monte”, el nombre japonés es “Sasakure Hitoyotake”	Antioxidante Inmunomoduladora Antialérgica Antiinflamatoria Antitumoral Antiobesidad	(Reyes et al., 2009)
<i>Flammulina sp.</i>	Hongo del pico nevado	Antioxidantes antienvjecimiento Reducción del colesterol, Antitumoral	(Yuan et al., 2019)
<i>Grifola frondosa</i>	Es conocido en Japón con el nombre de maitake, que significa “hongo que baila”	Antitumoral Cáncer de mama Cáncer de próstata Antifúngico Antibacteriano	(Illana-Esteban, 2008)
<i>Hericiium erinaceus</i>	Melena de león	Antimicrobiano Antitumoral Inmunomodulador Antioxidante Citotóxico.	(Cano et al., 2012)
<i>Tremella mesenterica</i>	Cerebro amarillo u hongo del cerebro amarillo	Antidiabético Inmunomodulador Antimicrobiano Antitumoigenico	Wu et al, 2016
<i>Schizophyllum commune</i>	Hongo de branquias divididas, chiquito	Antitumoral Antiviral Cáncer cervical Anticancerígeno Antibióticas Antioxidante	(Giri et al., 2012; Acharya et al., 2015).
<i>Volvariella volvácea</i>	Hongo de paja	Anticancerígeno Antioxidante	Sharif et al., 2018

Capítulo II. JUSTIFICACIÓN

El aprovechamiento de los residuos agroindustriales y forestales es importante debido a que en la actualidad el alto desarrollo de la industria conlleva a la generación de cientos de toneladas de residuos. Estos son el resultado del desarrollo de las actividades productivas e industrias que utilizan cultivos agrícolas. Dichos residuos son considerados subproductos y carecen de importancia económica por lo que son vertidos al medio ambiente. A pesar del perfeccionamiento e implementación de nuevas técnicas o métodos para el aprovechamiento de éstos, los residuos industriales siguen convirtiéndose en un gran problema no sólo ambiental debido a los grandes volúmenes que rebasan la capacidad de biodegradación natural, sino también porque se acumulan en el medio ambiente llegando a convertirse en un riesgo para el equilibrio del ecosistema. Por esta razón es importante la utilización de estos residuos en procesos productivos que permitan emplear estos materiales con beneficios económicos y ambientales. En los últimos años los principales países productores de madera han centrado su interés en la búsqueda de alternativas para la gestión y la utilización de los residuos derivados de las actividades forestales. Las alternativas de aprovechamiento implementadas hasta el momento se han enfocado fundamentalmente hacia su recuperación energética considerando su alto contenido lignocelulósico. El propósito de esta investigación es realizar una revisión bibliográfica y explorar los posibles usos de estos residuos generados en el estado de Morelos y utilizarlos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles funcionales que son fuente de compuestos bioactivos útiles en el desarrollo de medicinas naturales por su valor nutracéutico. Los cuales son escasamente cultivados y pueden crecer en una amplia variedad de sustratos, teniendo la capacidad de convertir los subproductos orgánicos (paja, aserrines, rastrojos e incluso el lirio acuático etc.) en alimento humano que puede ser aprovechado por la población. Además, estos hongos tienen un alto nivel proteico e importancia biotecnológica al poseer actividad antibiótica y antitumoral. La presente revisión tiene el propósito de conocer los residuos generados en el estado de Morelos y que pueden ser aprovechados para el cultivo de hongos comestibles. Asimismo, tener como alternativa la reducción del deterioro del medio ambiente y producir alimentos proteicos de alta calidad.

Capítulo III. OBJETIVOS

General:

Proponer residuos lignocelulósicos con mayor producción en el estado de Morelos, para el cultivo de hongos funcionales.

Específicos:

- Identificar los residuos lignocelulósicos agroindustriales y forestales generados en el estado de Morelos.
- Conocer la composición química de los residuos lignocelulósicos que han sido utilizados para el cultivo de hongos.
- Comparar que residuos lignocelulósicos han sido los más utilizados para el cultivo de hongos.

Capítulo IV. PROPUESTA A IMPLEMENTAR

En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica de tipo exhaustiva, de las principales fuentes y bases de datos de residuos agroforestales generados en el estado de Morelos, así como los sustratos utilizados para el cultivo de hongos funcionales. Se hizo una búsqueda de artículos y documentos más relevantes publicados en los últimos años (desde 2010 hasta agosto 2020), todo lo relacionado con el tema de estudio, en la figura 6 se muestra el diagrama general del proyecto.

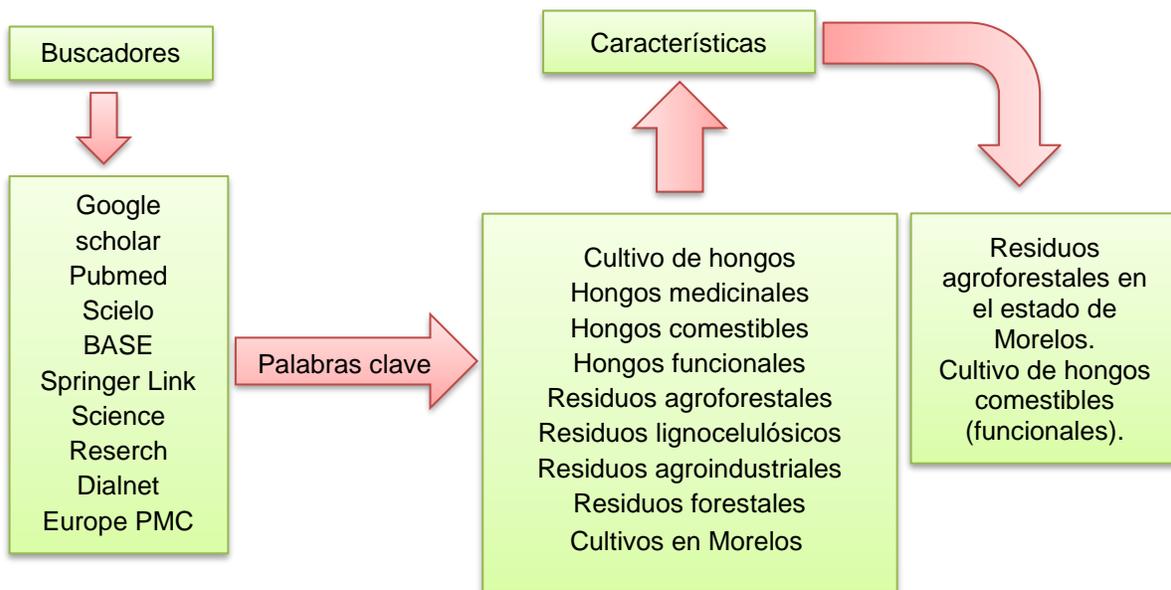


Figura 6. Diagrama general del proyecto

Capítulo V. PRINCIPALES HALLAZGOS

Con el paso de los años la población ha incrementado a 7,000 millones de habitantes, según la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Considerando que para el siglo X apenas llegaba a los 300 millones, para el 2014 un estimado de 7,300 millones, donde América Latina y el Caribe tienen un promedio para este año de 606 millones, pues la población urbana presenta un porcentaje mayor a la media mundial, la proyección para el año 2050 muestra que el 68.7% de la población mundial se encontrará en áreas urbanas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL, 2013; Crossette, 2011; Tello, et al., 2011; Bogner, et al., 2007). El incremento de la población impulsó a la industria agrícola y forestal ocasionando un aumento en la cantidad de desechos por disponer. Anteriormente los residuos orgánicos provenientes de la agroindustria no representaban un problema, por ser una población pequeña y las áreas de cubierta vegetal eran extensas (Population Reference Bureau-PRB, 2013; Crossette, 2011; Bogner, et al., 2007). En la actualidad se está convirtiendo en una problemática con el desarrollo de la sociedad moderna, por la gran acumulación de residuos van aumentando de volumen, y van originando cada vez más problemas al ambiente, provocando alteraciones perjudiciales que afectan el desarrollo de los seres vivos (Cuadros, 2008). Considerando el problema donde el total de los residuos sólidos generados en las zonas urbanas es aprox. 1.3 millones de ton/año, con una tasa per cápita de 1.20 kg/día, siendo el 46% residuos sólidos orgánicos, en algunos sectores como el agrícola y forestal en Iberoamérica, se plantean alternativas de manejo de estos desechos con la metodología de las 3R donde se proyecta reducir, reutilizar y reciclar. Esto con el propósito de mejorar su gestión y crear prácticas de “producción más limpia” a fin de establecer procesos sostenibles que favorezcan el aprovechamiento y mejoren el rendimiento de la producción, especialmente la agrícola. Todos estos factores de sobrepoblación, actividades antrópicas y consumismo han ayudado a almacenarlos en grandes cantidades, generando perspectivas de gestión y tecnologías adecuadas para reciclarlos. No obstante, mientras se continúe con quemas no controladas y disposición en tiraderos a cielo abierto, seguirán presentándose problemas de contaminación, enfermedades y vectores (Tello et al., 2011). En este trabajo se pretende dar a conocer como alternativa de tratamiento, para la reutilización de los residuos agrícolas y forestales, una alternativa que ha sido implementada en diferentes países, que es la utilización como sustratos para el cultivo de hongos funcionales y así darles el tratamiento adecuado a estos residuos. Debido a que estos residuos no tienen una gestión y/o disposición inadecuada, se generan efectos nocivos que favorecen los estragos, ayudados con la presencia de fenómenos

extremos. Por ese motivo se busca el aprovechamiento biotecnológico y energético de los residuos agroindustriales y forestales a través del impacto ambiental que generan los mismos dado las malas prácticas, intentando con ello una perspectiva que contribuya al desarrollo sostenible del país (Brizuela et al., 2016). La utilización de los subproductos agroindustriales y forestales, para utilizarlos como sustrato para el cultivo de hongos nos permite ampliar el conocimiento de que en México existe una gran variedad de hongos comestibles, medicinales y que son saprobios (que se alimentan de materia orgánica en descomposición), los cuales han sido estudiados desde tiempos ancestrales. Y que se pueden cultivar otro tipo de hongos diferentes a *Pleurotus ostreatus*, *Agaricus bisporus* y *Lentinula edodes* que son los más producidos en México. Así mismo dar a conocer la riqueza de especies de hongos la cual ha sido completamente estudiada, principalmente aquellos que son comestibles y medicinales, que se les puede dar un valor comercial. Los cuales se han convertido en objeto de comercialización debido a que estos se pueden cultivar, porque pueden crecer en residuos vegetales como: troncos en descomposición, en el suelo de los bosques, esquimos y residuos agrícolas industriales. El cultivo de los hongos en México ha sido ampliamente estudiado y se han utilizado diversos sustratos para cultivarlos. El hongo asimila el sustrato secretando enzimas, degradando celulosa, lignina y hemicelulosa, componentes químicos de los residuos vegetales (difíciles de degradar) y así de esta manera absorbe los nutrientes. Los sustratos lignocelulósicos que están catalogados como basura pueden ser utilizados para el cultivo de hongos Mata y Martínez carrera (1988) hicieron una revisión y estimación de la producción de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México y señalaron que en el país se producen más de 11,000,000 toneladas anuales de esquimos de pajas de ajonjolí, arroz, cártamo, cebada, trigo, sorgo y de pulpa de café se produce 700,000 toneladas anuales y de bagazo de caña de azúcar más de 12,000,000 toneladas anuales. Acosta-Urdapilleta et al. (1988) demostraron que los hongos comestibles se pueden cultivar con éxito en residuos agroindustriales de la región del estado de Morelos, como el tamo y olote de maíz, paja de arroz y madera de caahuate.

5.1 Diagnóstico general de la corriente de residuos generada por las actividades agrícolas en México

México es un país que cuenta con múltiples climas y suelos, que permite el desarrollo de una gran variedad de cultivos. La importancia de estos cultivos como la avena, la alfalfa y el pasto, entre otros, radica en su utilidad como forraje y, en el caso de los cereales, como parte de la alimentación humana. La caña de azúcar y el

sorgo, además de aprovecharse para producir alimentos, tienen variadas aplicaciones industriales. Existen cerca de 200 productos agrícolas que se cultivan en México, destacando algunos que son de importancia porque se destinan al consumo humano y otros porque se canalizan al mercado exterior. Entre los primeros se encuentran el maíz, el frijol, el trigo, el arroz, el sorgo y la caña de azúcar, en tanto que entre los productos de exportación más importantes se incluyen el café, el jitomate, el algodón y algunas frutas (SAGARPA, 2015).

5.2 Principales cultivos en México

5.2.1 El maíz

Es el principal cultivo en México; participa con el 18% del valor de producción del sector agrícola (88 mil mdp en 2012 y 78 mil en 2013) y concentra el 33% de la superficie sembrada en el territorio nacional (7.5 millones de hectáreas). El volumen de producción de maíz en 2012 alcanzó 22.1 millones de toneladas y se estima que para 2013 se alcanzaron 22.7 millones. Mientras que la superficie de temporal ocupa el 74% de la superficie, aporta únicamente el 40% del valor generado (SAGARPA, 2015). Todas las entidades del país presentan algún nivel de producción de maíz; sin embargo, siete entidades concentran el 64.5% del volumen de producción nacional. Sinaloa es el principal productor al concentrar el 16.5% del total. Le siguen en importancia Jalisco, Michoacán, Estado de México, Chiapas, Guerrero y Veracruz.

5.2.2 Frijol

El frijol es un producto de gran importancia en la dieta nacional. Participa con el 2% del valor de la producción agrícola (cerca de 14 mil mdp) y concentra entre 1.7 y 1.8 millones de hectáreas, el 7.4% de la superficie sembrada en México. Existen más de 70 variedades de frijol, entre negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados. En 2012, la producción de esta leguminosa alcanzó 1.1 millones de toneladas; en 2013 fue de 1.3 millones y para 2014 se estima la misma producción que en 2013. El rendimiento de esta es en promedio de 700 kg por hectárea (SAGARPA, 2015).

5.2.3 Sorgo

El sorgo representa el grano forrajero con mayor presencia en nuestro país, ya que es el principal ingrediente en la formulación de alimentos balanceados en el sector pecuario. La superficie dedicada a este cultivo alcanzó un promedio de 2 millones de hectáreas en los últimos diez años, con un volumen cercano a los 6.5 millones de

toneladas anuales. El rendimiento alcanzó en los últimos cinco años entre 3.7 y 3.9 ton/ha.

5.2.4 Café

El café es el 7° cultivo agrícola con mayor superficie sembrada en México y ocupa el 12° lugar como generador de valor. En 2013 alcanzó 737 mil hectáreas con un valor de casi 6 mil mdp, lo que representa una disminución de 30% respecto a 2012, debido al bajo precio internacional. El café se cultiva en quince estados de la República, concentrándose el 91.4% del volumen y 93.3% del valor en cuatro de ellos: Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca (SAGARPA, 2015). Las entidades restantes, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Estado de México, Tabasco, Morelos, Querétaro y Michoacán concentran el 8.6 % del volumen y 6.7% del valor.

5.2.5 Trigo

El cultivo de trigo en México alcanza un valor de 12 mil mdp, cifra que le coloca como el 10° cultivo más importante, al contribuir con el 2.9% del valor de la producción agrícola. Después de la crisis alimentaria mundial vivida entre 2007 y 2008, tanto los precios como la producción se encuentran menos elevados en el país que los motivados por esta crisis. Entre 2011 y 2013 la superficie promedio dedicada al cereal alcanzó 660 mil hectáreas, con un volumen de producción de 3.4 millones de toneladas anuales (SAGARPA, 2015).

5.3 Importancia de los esquilmos y subproductos agrícolas

Los principales esquilmos derivan en su mayor parte de cereales. El cultivo del maíz es el que contribuye con mayor cantidad de material. Además, existe un volumen importante de pajas de sorgo, trigo, frijol, arroz, cebada, soya, cáscara de algodón y subproductos de la industria azucarera como melaza, puntas de caña y bagazos. Los esquilmos y residuos agrícolas se derivan de las partes de las plantas (cereales en su mayoría) que permanecen en el terreno después de cosechar el grano o la semilla. Estos materiales son muy importantes para alimentar al ganado en las épocas en que escasean los alimentos tradicionales, situaciones que se presentan cada año durante el invierno y los períodos de sequía. “Los esquilmos y residuos agrícolas se derivan de las plantas (cereales en su mayoría) que permanecen en el terreno después de cosechar el grano o la semilla” (SAGARPA, 2015).

El cultivo de maíz destaca por ocupar la mayor superficie en México; de él se obtiene el rastrojo, cuyo rendimiento oscila entre tres y cinco toneladas por hectárea. Los rendimientos más elevados se han observado en suelos profundos donde el maíz ha

recibido una abundante fertilización nitrogenada. La caña de azúcar es un cultivo que produce una gran cantidad de biomasa en forma muy eficiente y sus productos se emplean en la alimentación humana, al igual que en muchas especies ganaderas.

5.4 Producción de rastrojos en México

Se estima que por cada kilogramo de grano producido se obtiene 1 kg de residuo (Muñoz, 2011 y Macedo, 2000). El rendimiento de rastrojo en la producción agrícola depende de diversos factores, como son: tipo de suelo, clima, manejo agronómico, disponibilidad de agua y variedades sembradas (Luna, 2010 y Ramírez y Volke, 1999). Para estimar el volumen de la producción de esquilmos agrícolas a nivel nacional se considera el rendimiento por hectárea de residuos de cosecha. Tomando en cuenta que el rendimiento de esquilmos depende de diversos factores, se calculó un promedio ponderado utilizando datos de diversas fuentes sobre proporción de esquilmos bajo diferentes criterios, como: modalidad hídrica, variedades, fertilización y tipo de labranza. La proporción ponderada de rendimiento de rastrojo/grano para maíz, se determina teniendo en cuenta el criterio del total de la producción obtenida en una hectárea, 46.6% es grano y 53.4% rastrojo (Macedo, 2000; Zetina et al., 2005; Luna, 2010 y Muñoz, 2011); mientras que, para las pajas de sorgo, trigo y cebada, el porcentaje de grano representó 47 y 53%, respectivamente (SAGARPA, 2010 y Wortmann et al., 2012). En la tabla 5 se muestran los datos estimados sobre producción de grano y rastrojo a nivel nacional durante el periodo 2008-2011. El total de la producción promedio de rastrojos derivados de estos cuatro cultivos fue de 37.5 millones de toneladas. La producción de rastrojo de maíz fue de poco más de 25 millones de toneladas; del cultivo de sorgo se obtuvieron 7.3 millones de toneladas de esquilmos; la producción de paja de trigo y cebada fue de 4.4 millones de toneladas y 693 mil toneladas, respectivamente. En términos porcentuales, de los 37.5 millones de toneladas de esquilmos agrícolas obtenidos de los cuatro cultivos, 68% corresponde a rastrojo de maíz, 19% son esquilmos de sorgo, 11% es paja de trigo y 2% paja de cebada.

Tabla 5. Producción de grano y estimación de la producción rastrojo de cuatro cultivos. Periodo 2008-2011.

Cultivo	Producción (t)	
	Grano	Rastrojo
Maíz	21'372,598	25'089,571
Sorgo	6'517,668	7'349,711
Trigo	3'908,481	4'407,436
Cebada	614,961	693,467

5.4.1 Usos del rastrojo en México

Importancia de los residuos de cosecha en los últimos años se ha incrementado la producción de residuos agrícolas y se estima un probable incremento en la demanda (Wortmann et al., 2012). Estas tendencias se explican por la utilización de los esquilmos agrícolas en diversas actividades. Los residuos de cosecha se utilizan principalmente como forraje en la alimentación de ganado, mientras que la ganadería es la principal actividad de uso del suelo en el país, ya que se desarrolla en una superficie de 110 millones de hectáreas (56%) y genera 45% del valor monetario del sector agropecuario de México (Gómez et al., 2008 y SIACON-SIAP, 2011). La producción pecuaria se realiza en diversos ambientes agroecológicos, tecnológicos, de sistemas de manejo y objetivos de producción; en general, los sistemas de producción ganadera se clasifican en tecnificados, semitecnificados, tradicionales y de traspatio. Macedo (2000) señala que las pajas de los cereales son el principal alimento de los rumiantes. En México son la base alimentaria para el ganado, sobre todo en épocas de escasez de forraje verde, por lo que 85% del rastrojo de maíz producido en el país se utiliza para la alimentación de animales y, de éste, 32% se consume en pastoreo. Al respecto, Fuentes et al. (2001) señalan que en México es común la utilización de rastrojo como alimento para rumiantes, no obstante, su escaso valor nutrimental, baja digestibilidad y alto contenido de fibra, debido a su estado de lignificación, aun cuando existen métodos para incrementar su eficiencia en la alimentación ganadera.

5.5 Producción en el estado de Morelos

El estado de Morelos se ha posicionado en los primeros lugares a nivel nacional en producción de caña de azúcar, arroz, legumbres diversas, sorgo, higo, cultivo de maíz, frutas, jitomate y productos forestales. En el caso de los cultivos, Morelos es el principal productor de higo en México, con 70 por ciento de la superficie establecida; durante los últimos años la producción creció a 3 mil 713 toneladas y la tendencia se mantiene al alza. Los cultivos tienen estaciones del año en las que se realizan las siembras (otoño-invierno y primavera-verano) es importante considerar la totalidad del periodo de producción hasta que se lleven a cabo las cosechas y así tomar en cuenta la cantidad de residuos agroindustriales que se producen durante la cosecha en la tabla 6 se muestra los cultivos llevados a cabo en el año 2014 (SAGARPA, 2015).

Tabla 6. Principales cultivos en el año Agrícola 2014 en Morelos

Tipo Cultivo	Superficie sembrada (Hectáreas)	Superficie cosechada (Hectáreas)	Volumen (Toneladas)	Valor (Miles de pesos)
Total	137 540	133 398	NA	5 303 031
Cultivos cíclicos	101 214	101 213	NA	3 050 963
Tomate rojo (jitomate)	2 245	2 244	81 415	501 379
Sorgo grano	42 541	42 541	187 566	421 350
Cebolla	2 815	2 815	70 511	349 537
Maíz grano	26 215	26 215	84 152	270 074
Elote	8 712	8 712	97 901	214 147
Noche buena (planta)	100	100	6 069 016	188 753
Jícama	873	873	28 749	172 040
Gladiola (gruesa)	686	686	763 994	163 390
Ejote	2 926	2 926	29 810	148 891
Pepino	1 504	1 504	27 972	111 001
Resto de los cultivos cíclicos	12 597	12 597	NA	510 400
Cultivos perennes	36 327 a/	32 185 b/	NA	2 252 069
Caña de azúcar	20 082	16 685	2 027 620	968 354
Nopalitos	3 582	3 415	328 750	477 602
Aguacate	3 763	3 406	27 656	245 597
Rosa (gruesa)	353	342	723 551	152 585
Durazno	1 943	1 935	16 037	141 152
Resto de los cultivos perennes	6 605	6 403	NA	266 778

5.6 Aprovechamiento forestal maderable 2015

La madera es una materia prima importante para el hombre por ser fuerte, ligera, biodegradable, reciclable y muy versátil. Se utiliza para la construcción de casas, muebles, puentes, barandillas, herramientas, durmientes de ferrocarril y postes; además, se puede obtener papel, material de empaque, energía y de sus constituyentes químicos se pueden derivar diferentes productos químicos industriales. Sin embargo, debido a su origen, puede ser susceptible a la degradación causada por agentes abióticos como la luz del sol, agua, viento y por factores bióticos entre los que destacan los insectos, hongos, bacterias (INEGI, 2016).

La madera es una materia prima importante para el hombre por ser fuerte, ligera, biodegradable, reciclable y muy versátil. Se utiliza para la construcción de casas, muebles, puentes, barandillas, herramientas, durmientes de ferrocarril y postes; además, se puede obtener papel, material de empaque, energía y de sus

constituyentes químicos se pueden derivar diferentes productos químicos industriales. La madera se puede clasificar de acuerdo con su uso como: madera para la construcción y madera para la industria. La madera de mayor calidad se destina para la elaboración de marcos para puertas, ventanas, puertas exteriores, fachadas, muebles de exterior, piso, construcciones en muelles y otras aplicaciones debido a que están expuestas al deterioro ambiental. La madera de menor calidad se utiliza para la obtención de tarimas, material para embarque y materia prima para juntas (Waskett 2001). Los diferentes usos que se le dan a la madera exigen ciertos niveles de apariencia, estabilidad dimensional, rigidez, dureza, resistencia al ataque de hongos, insectos, inflamabilidad, adhesión y durabilidad. La durabilidad natural de la madera es la resistencia que presentan algunas especies contra el deterioro (Balaban et al., 2003), debido al resultado de varios factores como la hidrofobicidad (capacidad de la madera para mantener un porcentaje de humedad bajo), la cantidad de alimento disponible para los microorganismos, propiedades físicas y químicas de la madera (Öqvist, 1988; Raberg et al., 2005). El uso de la madera como un producto forestal maderable, nos ha permitido identificar maderas que son difíciles de degradar y se han desarrollado técnicas que permiten la construcción y el tratamiento de la madera menos durable, con la finalidad de incrementar su resistencia al deterioro (Carrillo-Parra et al., 2015). En el proceso de transformación de la madera se generan residuos, los subproductos de la industria de aserrío se utilizan de manera local, desde la producción de compostas hasta como fuentes de energía en calderas de resinas y en hornos de ladrilleras (Antolín, 2006). En la tabla 7 se muestra la producción en volumen que se genera en la industria forestal en el estado de Morelos y en la tabla podemos ver la producción forestal por municipio.

Tabla 7. Volumen de la producción forestal maderable por municipio según grupo de especies (Metros cúbicos rollo) 2015

Municipio	Total	Coníferas			Latifoliadas	Comunes tropicales
		Pino b/	Oyamel c/	Otras d/	Encino e/	
Estado	4925	3241	66	73	137	1407
Amacuzac	175	0	0	0	0	175
Cuernavaca	122	122	0	0	0	0
Huitzilac	146	8	0	0	137	0
Miacatlán	55	0	0	0	0	55
Ocuituco	407	372	26	10	0	0

Continuación de tabla 7

Puente de Ixtla	101	0	0	0	0	101
Tepalcingo	386	0	0	0	0	386
Tetela del volcán	204	100	40	64	0	0
Tlalnepantla	2638	2638	0	0	0	0
Tlaquiltenango	690	0	0	0	0	690

5.7 Composición de residuos agroforestales

Los residuos agroforestales son un componente lignocelulósico importante. Esta forma de desperdicio incluye celulosa, hemicelulosas y lignina, que normalmente se denominan "materiales lignocelulósicos" (Zhou et al., 2016). Generalmente, la celulosa es el componente más abundante, seguido de la hemicelulosa y la lignina. La composición de celulosa, hemicelulosa y lignina en residuos agroindustriales depende de la especie, el tejido y la madurez de la planta (Heinze, 2016; Jedvert y Heinze, 2017). Los valores de los componentes principales en algunos residuos agroforestales se muestran en la tabla 5. Los residuos agroforestales mostrados en la tabla 8 pueden ser utilizados para el cultivo de hongos en cada uno de los diferentes sustratos y de esta manera reutilizar esos subproductos.

Tabla 8. Composición química de residuos agroforestales

Residuos agroforestales	Composición				Referencia
	Celulosa	Hemicelulosa	lignina	Proporción C/N	
Orujo de manzana	43	24	20	48/1	Nawirska et al., 2005
Paja de plátano	53	29	15	40/1	Silveira et al., 2008
Hojas de plátano	55	20	25	38/1	Tarrés et al., 2017
Paja de cebada	23-33	21-22	14-19	82-120 / 1	Nigam et al., 2009; Adapa et al., 2011
Paja de canola	22	17	18	33-45 / 1	Adapa et al., 2011
Cáscara de coco	24-43	3-12	25-45	75-186 / 1	Carrizo et al., 2002; Graminha et al., 2008
Cascarilla de café	43	7	9	40/1	Gouvea et al., 2009
Salvado de maíz	34	39	49	ND	Graminha et al., 2008
Mazorca de maíz	35-45	35-44	11-15	50-123 / 1	Graminha et al., 2008
Tallo de maíz	34-61	19-24	7-9	57-80 / 1	Gouvea et al., 2009

Continuación de tabla 8

Paja de maíz	30	25	8	50/1	Rofiqah et al., 2019; Pointner et al., 2014
Tallo de algodón	58	14	22	70-78 / 1	Graminha et al., 2008; El-Tayeb et al., 2012
Hierbas	25-41	25-50	7-30	16-42 / 1	Graminha et al., 2008
Maderas duras	40-55	24-40	18-25	150-450 / 1	Nigam et al., 2009
Salvado de avena	49	25	18	12/1	Sun et al., 2002
Paja de avena	25-40	21-27	17-18	48-83 / 1	Sun et al., 2002
Salvado de arroz	35	25	17	12-48 / 1	Graminha et al., 2008
Cáscara de arroz	35	25	20	30-80 / 1	Nigam et al., 2009; Adapa et al 2011
Paja de arroz	32-39	23-24	18-36	35-72 / 1	Graminha et al., 2008
Paja de centeno	38	31	19	82/1	Abbas et al., 2010
Serrín de haya	41	33	22	100-331 / 1	El-Tayeb et al., 2012; Limayema et al., 2012
Aserrín de abedul	40	36	20	700/1	Nigam et al., 2009
Serrín de roble	25-38	18-29	18-25	162-200 / 1	Buzala et al., 2015
Serrín de pino	42	25	28	724-1070 / 1	Buzala et al., 2015
Serrín de álamo	44	32	21	46-71 / 1	Abbas et al., 2010; Bazula et al., 2015
Aserrín de caucho	38	25	15	177/1	Buzala et al., 2015
Serrín de abeto	42	26	28	763-1000 / 1	Buzala et al., 2015
Madera blanda	45-50	25-35	25-35	310-520 / 1	Chuayplod et al., 2018
Tallo de sorgo	17	25	11	45/1	Buzala et al., 2015
Paja de sorgo	36	26	8	20-46 / 1	Sun et al., 2002
Hoja de piña	36	27	23	49/1	Graminha et al., 2008
Cáscara de piña	22	75	3	77/1	Da Silva Neta et al., 2019; Dong et al., 2019
Cáscara de patata	35	5	4	25/1	Cardoso et al., 2013
Piel de naranja	9-14	6-11	1-2	102/1	Dos Santos et al., 2013
Cáscara de limón	12	5	2	ND	Choonut et al., 2014
Orujo de tomate	9	5	5	ND	Taher et al., 2017; Rivas et al., 2008
Cáscara de plátano	12	10	3	18-29/1	Rivas et al., 2008
Tallo de soja	35	25	20	20-40 / 1	Ververis et al., 2007
Bagazo de caña de azúcar	30-45	26-36	11-23	50/1	Nigam et al., 2009

Continuación de tabla 8

Paja de caña de azúcar	36-41	21-31	16-26	70-120 / 1	Szymánska-Chargot et al., 2017
Tallo de girasol	42	30	13	97/1	Nigam et al., 2009; El-Tayeb et al., 2012; Motte et al., 2013
Fruta vacía de palma de aceite manojó	45-51	28-29	12-15	77/1	Zhao et al., 2009; Moutta et al., 2012
Jacinto de agua	21	34	7	11/1	Szymánska-Chargot et al., 2017;
Salvado de trigo	30	50	15	19/1	Saad et al., 2008; Ariffin et al., 2008
Paja de trigo	27-38	21-29	18-21	50-80 / 1	
Cáscara de nuez	36	28	43	175/1	Graminha et al., 2008
Cáscara de almendra	38	29	30	61/1	Knob et al., 2014
Cáscara de castaño	21	16	36	8/1	Knob et al., 2014; Zainudin et al., 2012
Cáscara de pistacho	43	25	16	43/1	Tufail et al., 2018
Cáscara de avellana	55	34	35	50-58 / 1	Li et al., 2018
Torta de aceite de oliva	31	21	26	14-17 / 1	Li et al., 2018
Torta de palma aceitera	64	15	5	ND	Li et al., 2018
Torta de aceite de girasol	25	12	8	ND	Xinyuan et al., 2015
Bagazo de caña de azúcar	30.2	56.7	13.4	ND	El-Tayeb et al., 2012 y Nigam et al., 2009
Residuos de remolacha azucarera	26.3	18.5	2.5	ND	Rodríguez et al., 2008
Cáscara de semillas de algodón	31	20	18	59-67 / 1	Ndika et al., Ndika
Cascarilla de mani	35-45	23-30	27-33	N/D	Gatani et al., 2010

5.8 Cultivo de hongos en residuos agroforestales

El cultivo de hongos se ha extendido por todo el mundo y la producción global ha ido en aumento desde el 2010. En los datos estadísticos recopilados de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, 2012) informó que China es el mayor productor de hongos, seguido por los Estados de América y los Países Bajos, con una producción mundial en 2018 que alcanza casi los 8.99 millones ton. Los hongos comestibles se consideran un alimento saludable ricos en proteínas, carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales (Valverde et al., 2015). En particular, varias especies de hongos comestibles son importantes

debido a sus propiedades medicinales. Algunos hongos comestibles parecen ser activos contra patógenos humanos y para algunas enfermedades como: cáncer, diabetes, hipertensión, hipercolesterolemia y tumores (Cheung, 2010). Los hongos comestibles se han cultivado y comercializado en todo el mundo, la mayoría de estos hongos pertenecen a los géneros *Agrocybe*, *Auricularia*, *Flammulina*, *Hericiium* y *Volvariella*, pero los hongos más cultivados a nivel mundial son los géneros *Lentinula* (shiitake), *Pleurotus* (hongo ostra), *Auricularia* (hongo de oreja de madera) y *Agaricus* (hongo botón) (Ma et al., 2018). La mayoría de los hongos cultivados son saprofitos (descomponedores) y capaces de degradar materiales lignocelulósicos al producir enzimas extensivas (especialmente enzimas lignocelulolíticas). Los hongos tienen la capacidad de utilizar los residuos lignocelulósicos como nutrientes para su crecimiento. Por lo anterior el cultivo de hongos se asocia con el reciclaje de grandes cantidades de residuos agroforestales. Se han utilizado residuos agroindustriales y forestales, como sustratos en el cultivo de hongos como: *Agrocybe* sp., *Auricularia* sp., *Coprinus comatus*, *Flammulina* sp., *Grifola frondosa*, *Hericiium erinaceus*, *Schizophyllum commune* y *Volvariella volvacea* (Figura 7).



Figura 7. Hongos cultivados sobre residuos agroforestales

De los hongos antes mencionados se ha evaluado la Eficiencia biológica (EB), que se utiliza para evaluar la eficiencia del sustrato en el cultivo de hongos, se calcula como la relación porcentual del peso fresco de los hongos recolectados sobre el peso seco

del sustrato de cultivo. Un valor alto de EB asegura una alta posibilidad de utilizar el sustrato para el cultivo de hongos. La utilización de residuos agroindustriales para el cultivo de hongos ha dado lugar a la producción de proteínas comestibles para el consumo humano (Grimm et al., 2018).

Los métodos de cultivo de hongos comestibles varían considerablemente en todo el mundo y una variación en la composición química de un hongo. La EB va a variar dependiendo de la especie de hongo, el sustrato de crecimiento y las condiciones ambientales. Se ha experimentado el cultivo de hongos en una gran variedad de residuos agroforestales como paja de trigo, paja de cebada, paja de avena, paja de arroz, paja de maíz, mazorca de maíz, hojas de plátano, aserrín, bagazo de caña de azúcar y tallo de soja (Sadh et al., 2018). También se puede utilizar una combinación de desechos agroforestales para obtener mejor rendimiento. En la tabla 9 se muestran los sustratos que han sido utilizados a nivel mundial para el cultivo de hongos.

Tabla 9. Sustratos agroindustriales y forestales utilizados para cultivo sólido de hongos funcionales

Hongo	Sustrato	EB (%)	País	Referencia
<i>Agrocybe cylindracea</i>	Paja de trigo	61.4	Grecia	Koutrotsios et al., 2014
	Mazorca de maíz	33.5		
	Aserrín de haya	38.3		
	Aserrín de haya y aliso	39.5%	Polonia	Jasińska et al., 2012
<i>Auricularia auricula</i>	Grano de cerveza, Granos de maíz, paja de sorgo, salvado de trigo, fibra de palma aceitera, aserrín altissima	NR	USA	Adenipekun et al., 2015
	Aserrín (roble, álamo), harina de semillas de algodón, salvado de trigo	NR	Corea del Sur	Yu et al., 2014
	desechos de leños	NR	Indonesia	Sugianto et al., 2019

Continuación de tabla 9

<i>Auricularia cornea</i>	Aserrín de caucho, salvado de arroz, grano de cervecería gastado, harina de arroz glutinoso.	72.46	Tailandia	Thongklang et al., 2020
	cáscara de semilla de algodón, mazorca de maíz triturada, astillas de madera, salvado de arroz, maíz	NR	Alemania	Zhang et al., 2018
<i>Auricularia auricula-judae</i>	aserrín de roble	NR	Corea del Sur	Woo-Sik et al., 2010
<i>Auricularia polytricha</i>	aserrín de caucho	13.9-44.6	Malasia	Teoh et al., 2018
	Rastrojo de maíz <i>Panicum repens</i> , <i>Pennisetum purpureum</i>	148-144	Taiwan	Liang et al., 2019
<i>Auricularia fuscosuccinea</i>	Fibra de coco, cáscaras de cacao, hojas de plátano, aserrín de cedro	NR	México	Carreño-Ruiz et al., 2014
<i>Coprinus comatus</i>	Bagazo de caña de azúcar, bagazo de naranja, corona de piña, hoja de plátano y salvado de trigo.	NR	Brasil	Almeida et al., 2012
	hojas de banano del género <i>Musa</i> spp. de Variedades Thap-Maeo, Silver-Dwarf, Caipira y Pelipita	NR	Brasil	Almeida et al., 2013
	Paja de arroz	18.0	Japón	Reyes et al., 2009
<i>Flammulina velutipes</i>	Cáscara de café y café molido	78	India	Leifa et al., 2001
	aserrín de madera caucho, paja de arroz, fruta de palma vacía manojos y fibra prensada con la palma	129-185	Malasia	Harith et al., 2014

Continuación de tabla 9

<i>Flammulina mexicana</i>	Rastrojo de maíz	31.9-34.5	México	Arana-Gabriel et al., 2020
<i>Grifola frondosa</i>	Aserrín de roble, Salvado de maíz, Sacarosa, Carbonato de calcio, Sulfato de calcio pentahidratado	24-34	Colombia	Montoya et al., 2016
	Aserrín de roble	NR	México	Acosta-Urdapilleta et al., 2018
<i>Hericiium erinaceus</i>	Aserrín de roble y orujo de uva	64.3	Turquía	Atila, 2019
	Aserrín de haya, pino y salvado de trigo	NR	Polonia	Siwulski et al., 2009
	Aserrín de haya Paja de trigo Paja de arroz	53.3 39.4-43.5 33.9	Egipto	Hassan, 2007
<i>Schizophyllum commune</i>	Palo mulato, cáscara de cacao, hoja de plátano, hoja de maíz	7.1-12.8	México	Carreño-Ruiz et al., 2020
	Fibra de coco, cáscaras de cacao, hojas de plátano, aserrín de cedro	NR	México	Carreño-Ruiz et al., 2014
	Viruta de pino, Olote de maíz, pulpa de café, Caña de maíz	1.95-4.98	México	Bran-González, 2009
	Palma de aceite vacía	3.7	Indonesia	Herawati et al., 2016
<i>Volvariella volvacea</i>	Paja de arroz	10.2-15.0	india	Ahlawat et al., 2005
	Paja de arroz	11.25-11.50	india	Ahlawat et al., 2011
	Paja de arroz	13.8	India	Mandeep Kaur y S.Dhanda, 2016
	Paja de maíz	NR	Pakistan	Haq et al., 2011
	Hojas de banana y paja de arroz	16.4	India	Biswas y Layak et al., 2014
	Cáscara de yuca	0.6- 2.3	Ghana	Apetorgbor y Apetorgbor, 2015
	Palma de aceite vacía	3.6-6.5	Indonesia	Triyono et al., 2019

Capítulo VI. CONCLUSIÓN

En el estado de Morelos hay una variedad de cultivos de los que se obtienen esquilmos agrícolas y rastrojos como, por ejemplo, residuos de caña de azúcar, arroz, sorgo, trigo, maíz, jitomate, olote de maíz, algodón, cacahuete, frijol entre otros. Dentro de la producción forestal maderable en Morelos, los residuos que se generan son: virutas, aserrines, corteza y tocones principalmente, los cuales son obtenidos de maderas de pino, oyamel y encino. El conocer la composición química de los residuos agroforestales nos permite analizar el contenido nutrimental que contiene cada sustrato y de esta manera utilizarlos para el cultivo de hongos. Los desechos o residuos agroindustriales tienen variabilidad en composición, como azúcares, minerales y proteínas. Los residuos agroforestales con una mayor composición química que encontramos son cascara de café, paja de maíz, mazorca de maíz, salvado de maíz, tallo de maíz, salvado de arroz, cascara de arroz, paja de arroz, aserrín de pino, paja de sorgo, bagazo de caña, salvado de trigo, paja de trigo y cascarilla de cacahuete que en su mayoría los podemos encontrar estos desechos en el estado de Morelos. Dentro de los residuos con mayor contenido lignocelulósico y EB están cáscara (arroz y cacahuete), paja (maíz, arroz, sorgo), mazorca de maíz, tallo de maíz, salvado (arroz, trigo), aserrín de pino y bagazo de caña. Los hongos se caracterizan por degradar la lignina, hemicelulosa y celulosa, componentes químicos que están presente en los árboles como el pino, cedro y encino, árboles que forman parte de la producción maderera del estado de Morelos. Los residuos como los aserrines también son utilizados en el cultivo de hongos comprenden variabilidad en la composición, como azúcares, minerales y proteínas; en consecuencia, deben considerarse como "materia prima" en lugar de "desechos" para otros procesos industriales. La presencia de tales nutrientes en estos residuos ofrece condiciones adecuadas para la proliferación de los hongos funcionales de los géneros *Agrocybe*, *Auricularia*, *Coprinus*, *Flammulina*, *Grifola*, *Hericium*, *Schizophyllum* y *Volvariella*, los cuales tienen componentes bioactivos y que puede haber la posibilidad de optimizar la producción, realizando mezclas de los residuos obteniendo mejores rendimientos en eficiencia biológica y al mismo tiempo obtener alimentos funcionales y moléculas naturales beneficiosas para la salud humana, para el cultivo de los hongos antes mencionados se han utilizado sustratos que tenemos disponibles en el estado de Morelos representando una conversión de esos residuos en proteínas comestibles que pueden ser aprovechadas, además de promover el cultivo de hongos funcionales que, desde la perspectiva de la fuente de nutrientes, los hongos contienen alto contenido de proteínas y bajo contenido de grasas, junto con un alto cantidad de vitaminas B, C, D y K, minerales, incluido el potasio y fósforo, y también selenio como oligoelemento. Tienen cantidades considerables de fibras dietéticas, quitina y β -glucanos como componentes

funcionales y también sus principales propiedades medicinales atribuidas a los hongos que incluyen antibióticos, antitumorales, antivirales, inmunoestimulantes. Morelos podría ser un impulsor del cultivo de estos hongos que tienen importantes propiedades medicinales y utilizar los residuos agroforestales generados en el estado, para poder producirlos y comercializarlos, brindando a la población un producto de calidad y obtener buenos rendimientos de Eficiencia biológica durante el cultivo, además de contribuir con el reciclaje de residuos para hacer un medio ambiente ecológico.

6. Referencias bibliográficas

- Abbas, A., y Ansumali, S. (2010). Global potential of rice husk as a renewable feedstock for ethanol biofuel production. *Bioenerg. Res.* 3: 328–334.
- Acharya, K., Bera, M., Tarafder, E., Dasgupta, A. (2015). Pharmacognostic standardization of *Ganoderma lucidum*: A commercially explored medicinal mushroom. *Pharm Lett.* 7: 175-181.
- Acosta-Urdapilleta, M., Bustos-Zagal, L., G. y Portugal, D. (1988). Aislamiento y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* y su cultivo en residuos agroindustriales en el Estado de Morelos. *Rev. Mex. Mic.* 4: 13-20.
- Acosta-Urdapilleta, M., Díaz-Godínez, G., y Téllez, M. T. (2018). Antioxidant activity and chemical composition of *Grifola frondosa*. In: Updates on Tropical Mushrooms. Basic and Applied Research, José E. Sanchez, Gerado Mata, and Daniel J. Royse, editors. - San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur.12: 151-156
- Adapa, P.K., Tabil, L.G., Schoenau, G.J., Canam, T., Dumonceaux, T. (2011). Quantitative analysis of lignocellulosic components of non-treated and steam exploded barley, canola, oat and wheat straw using fourier transform infrared spectroscopy. *J. Agric. Sci.*1:177–188.
- Adenipekun, C., Lawal, R., y Isikhuemhen, O. (2015). Effect of growth supporting additives on the performance of *Auricularia auricula* on *Mansonia altissima* A. chev sawdust. *Int. Food Res. J.* 22: 2167–2173.
- Ahlawat, O.P., Ahlawat, K., Dhar, B.L. (2005). Influence of lignocellulolytic enzymes on substrate colonization and yield in monosporous isolates and parent strains of *Volvariella volvacea* (Bull. Fr.). *Sing. India J. Microbiol.* 45: 205–210.
- Almeida, B., Sales-Campos, C., Melo de Carvalho, C. S., Almeida, M., Teixeira, M., Nogueira, M. C. (2012). Viabilidade de crescimento micelial de *Coprinus comatus* em meio de cultura à base de resíduos orgânicos. *Ambiência* .37:2.
- Antolín, G. (2006). La gestión y el aprovechamiento de los residuos en la industria de la madera. Maderas. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Buenos Aires, Argentina. Cuaderno Tecnológico. 29 pp
- Apetorgbor, M.M., y Apetorgbor, A.K. (2015). Comparative studies on yield of *Volvariella volvacea* using root and tuber peels for improved livelihood of communities. *J. Ghana Sci. Assoc.* 16: 35–43.
- Arana-Gabriel, Y., Burrola-Aguilar, C., Franco-Maass, S., Mata, G., y Zepeda-Gómez, C., (2020). Characterization and evaluation of *Flammulina mexicana* growth in lignocellulosic residues. *Bosque (Valdivia)*. 41: 173-182.
- Ardón, L. (2007). La producción de hongos comestibles. Tesis para obtener el grado de Maestría en docencia Universitaria. Universidad De San Carlos. Guatemala.
- Arenas, G. (2011). *Micología Médica Ilustrada*. Cuarta Edición. McGrawHill. 70.

Arenas, G. (2014). *Micología médica ilustrada. Generalidades de los hongos. Dermatofitosis*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Ariffin, H., Hassan, M.A., Umi Kalsom, M.S., Abdullah, N., Ghazali, F.M., Shirai, Y. (2008). Production of bacterial endoglucanase from oil palm empty fruit bunch by *Bacillus pumilus* EB3. *J. Biosci. Bioeng.* 3: 231–2236.

Atila, F. (2019). The use of phenolic-rich agricultural wastes for *Hericium erinaceus* and *Lentinula edodes* cultivation and its effect on yield performance. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 56: 417-425.

Balaban, M., C. Atik y G. Uçar. (2003). Fungal growth inhibition by wood extracts from *Juniperus foetidissima* and *J. oxycedrus*. *Holz als Roh und Werks-toff.* 61:231-232.

Barragán, B., Téllez., y Laguna, A. (2008). Utilización de residuos agroindustriales. *Revista Sistemas.*

BEFS RA. (2014). *Bioenergía y Seguridad Alimentaria Evaluación Rápida. Aprovechamiento Forestal y Residuos del Aprovechamiento de la Madera*. FAO.

Biswas, M.K., y Layak, M. (2014). Techniques for increasing the biological efficiency of paddy straw mushroom (*Volvariella volvacea*) in eastern India. *Food Sci. Technol.* 2: 52–57.

Bogner, J., M. Abdelrafie Ahmed, C. Diaz, A. Faaij, Q. Gao, S. Hashimoto, K. Mareckova, R. Pipatti, T. Zhang. (2007). *Waste Management, In Climate Change Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Bran-González, M. C., Morales-Esquivel, O. I., Flores-Arzú, R. E. y Cáceres-Staackmann, R. A. (2009). Caracterización y producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas del hongo comestible Asam (*Schizophyllum commune* Fr.). Universidad de San Carlos, Guatemala.

Buzala, K., Przybysz, P., Rosicka-Kaczmarek, J., Kalinowska, H. (2015). Comparison of digestibility of wood pulps produced by the sulfate and TMP methods and woodchips of various botanical origins and sizes. *Cellulose.* 22:2737–2747.

Cano, E. E., Blas, V. V., Rodríguez, S. R., Torres, M. P., Franco, Colín. M., Hernández, G. A., Ortiz, B. R. (2012). Uso terapéutico de algunos microorganismos, microalgas, algas y hongos. *Rev Mex Cienc Farm.* 4: 43.

Cardoso, W.S., Tardin, F.D., Tavares, G., Queiroz, P.V., Mota, S.S., Kasuya, M.C.M., de Queiroz, J.H. (2013). Use of sorghum straw (*Sorghum bicolor*) for second generation ethanol production: Pretreatment and enzymatic hydrolysis. *Quim. Nova.* 36: 623–627.

Carreño-Ruiz, S. D., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Cifuentes-Blanco, J., y Rosique-Gil, E. (2014). Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas. *REMEXCA.* 5:1447-1458.

Carreño-Ruiz, S. D., Cappello-García, S., Gaitán-Hernández, R., Torres-De la Cruz, M., Gaspar-Génico, J. A., y Rosique-Gil, J. E. (2020). Production of basidiomes of *Schizophyllum commune* (Fungi:

Basidiomycota) in agricultural by-products of Tabasco, Mexico/Produccion de basidiomas de *Schizophyllum commune* (Fungi: Basidiomycota) en subproductos agrícolas de Tabasco, México. AGROProductividad. 13: 65.

Carrijo, O.A., Liz, R.S., Makishima, N. (2002). Fiber of green coconut shell as an agricultural substrate. Hort. Bras. 20: 533-535.

Carrillo-Parra, A., Garza-Ocañas, F., González-Rodríguez, H., Foroughbakhch, R., Bustamante-García, V. (2015). Tecnologías para la preservación de la madera y evaluación de la durabilidad. Capítulo 6. Tecnologías para la preservación de la madera y evaluación de la durabilidad. 122:141.

CEFA. China Edible Fungus Association. (2014). The survey results for the edible fungus 2013 annual analysis of China Edible Fungus Association. www.cef.com.cn/ (accessed June 29, 2015).

Cerda, L. (2016). Enzimas modificadoras de la pared celular vegetal. Celulasas de interés biotecnológico papelerero. Tesis para obtener el grado de doctorado. Programa De Doctorado Microbiología Ambiental y Biotecnológica. Departamento de Microbiología. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. 13 p.

Chang, S.T., y Miles, P.G. (2004). Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. CRC Press, Boca Raton. 451 pp.

Cheng, S., y Tu, C.C. (2013). *Auricularia* spp. The biology and cultivation of edible mushrooms. New York: Academic press. 605-624.

Cheung, P.C.K. (2010). The nutritional and health benefits of mushrooms. Nutr. Bull. 35: 292-299.

Choonut, A., Saejong, M., Sangkharak, K. (2014). The Production of ethanol and hydrogen from pineapple peel by *Saccharomyces cerevisiae* and *Enterobacter aerogenes*. Energy Procedia. 52:242-249.

Chuayplod, P., Aht-ong, D. A. (2018). Study of microcrystalline cellulose prepared from parawood (*Hevea brasiliensis*) sawdust waste using different acid types. J. Met. Mater. Miner. 28: 106-114.

COLPOS. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas y Fundación Produce Tlaxcala, A.C. (2003). Programa estratégico para el desarrollo de la producción, transformación y comercialización de hongos comestibles en el estado de Tlaxcala. Tlaxcala, México. 44 pp.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe-Cepal (2013). Proyección demográfica. Observatorio Demográfico América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. pp. 2615.

Cooke, R. C. y Rayner, A. D. M. (1984). Ecology of Saprophytic Fungi. Longman, New York.

Crossette, B. (2011). "Estado de la Población Mundial 2011". Recuperado de www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/SPSWOP2011_Final.pdf.

Cuadros, S. (2008). Residuos agrícolas, forestales y lodos. EOI Escuela de Negocios. 70 pp.

Da Silva Neta, J.M., Oliveira, L.S.C., da Silva Flavio, L.H., Tabosa, J.N., Pacheco, J.G.A., da Silva, M.J.V. (2019). Use of sweet sorghum bagasse (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) for cellulose acetate synthesis. *BioResources*.14: 3534-3553.

Delfín, A., y Durán, B. (2003). Biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por *Pleurotus*. *Revista Internacional de contaminación Ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal. 19: 37-45.

Devía, U. (2014). Estudio del efecto de xilanasas fúngicas en la degradación de sustratos lignocelulósicos. Tesis de licenciatura. Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.

DOF (2013). NORMA Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. Recuperado en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013

Dong, M., Wang, S., Xu, F., Wang, J., Yang, N., Li, Q., Chen, J., Li, W. (2019). Pretreatment of sweet sorghum straw and its enzymatic digestion: Insight into the structural changes and visualization of hydrolysis process. *Biotechnol. Biofuels*.12: 276.

Dos Santos, R.M., Neto, W.P.F., Silverio, H.A., Martins, D.F. (2013). Cellulose nanocrystals from pineapple leaf, a new approach for the reuse of this agro-waste. *Ind. Crops Prod*. 50: 707-714.

Elkhateeb, W.A., Elnahas, M.O., Thomas, P.W., Daba, G.M. (2019). To Heal or Not to Heal? Medicinal Mushrooms Wound Healing Capacities. *ARC Journal of Pharmaceutical Sciences (AJPS)*. 4: 28-35.

Ellis, W., Wylie, M., y Matis, J. (1988). Dietary-digestive interactions determining the feeding value of forages and roughages. *World animal Science*. 4:17-179.

El-Tayeb, T.S., Abdelhafez, A.A., Ali, S.H., Ramadan, E.M. (2012). Effect of acid hydrolysis and fungal biotreatment on agro-industrial wastes for obtainment of free sugars for bioethanol production. *Braz. J. Microbiol*. 43: 1523-1535.

FAOSTAT - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y demanda de cereales. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/csdb/es/>.

Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S. y Ortiz, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad "in vitro" de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agron. Mesoam*. 12: 189-192.

Gatani, M., Argüello, R., y Sesín, S. (2010). Effect of chemical treatments on the mechanical properties of peanut shell and cement blends. *Materiales De Construcción*. 60: 137-147.

Gholami-Shabani, M., Akbarzadeh, A., Norouzi, D. (2014). Antimicrobial Activity and Physical Characterization of Silver Nanoparticles Green Synthesized Using Nitrate Reductase from *Fusarium oxysporum*. *Appl Biochem Biotechnol*. 172: 4084-4098

Giri, S., Biswas, G., Mandal, S.C., Acharya, K. (2012). Studies on pharmacognostic profiles of three medicinally important wild edible mushrooms. *Int J PharmTech Res* 4:1595-1600.

- Gómez, F., Trejo, L., Velasco, J., y Lara, L. (2016). Herramientas moleculares para estudios ambientales de actividades agroindustriales. *Agroproductividad*. 8:3-9.
- Gómez, J. D., Monterroso, A. I., Toledo, M. L. y Tinoco, J. A. (2008). Sector Ganadero [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- González, M., González, E., González, V., y Albernas, Y. (2012). Impacto de la integración de los procesos de azúcar y derivados. *Tecnología Química*. 33:21-31.
- Gouvea, B.M., Torres, C., Franca, A.S., Oliveira, L.S., Oliveira, E.S. (2009). Feasibility of ethanol production from coffee husks. *Biotechnol. Lett.* 31:1315–1319.
- Graminha, E.B.N., Gonçalves, A.Z.L., Pirola, R.D.P.B., Balsalobre, M.A.A., da Silva, R., Gomes, E. (2008). Enzyme production by solid-state fermentation: Application to animal nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 144:1–22.
- Grimm, D., Wösten, H.A.B. (2018). Mushroom cultivation in the circular economy. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 102: 7795–7803.
- Guerrero, R., y Valenzuela, L. (2011). Agroindustria y medio ambiente. Trilogía. Ciencia Tecnología Sociedad. 23:63-83.
- Guzmán, G., Mata, G., Salmenes, D., Soto-Velazco, C. y Guzmán-Dávalos, L. (2008). El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. Instituto Politécnico Nacional. D.F., México. 245 pp.
- Haq, I.U., Khan, M.A., Khan, S.A., Ahmad, M. (2011). Biochemical analysis of fruiting bodies of *Volvariella volvacea* strain Vv pk, grown on six different substrates. *Soil Environ.* 30: 146–150.
- Harith, N., Abdullah, N., y Sabaratnam, V. (2014). Cultivation of *Flammulina velutipes* mushroom using various agro-residues as a fruiting substrate. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49: 181–188.
- Hassan, F.R.H. (2007). Cultivation of the monkey head mushroom (*Hericium erinaceus*) in Egypt. *J. App. Sci. Res.* 3: 1229–1233.
- Heinze, T. (2016). Cellulose: Structure and properties. In *Cellulose Chemistry and Properties: Fibers, Nanocelluloses and Advanced Materials*; Rojas, O., Ed.; Springer: Cham, Switzerland. 271: 1–52.
- Herawati, E.; Arung, E.T.; Amirta, R. (2016). Domestication and nutrient analysis of *Schizophyllum commune*, alternative natural food sources in East Kalimantan. *Agric. Agric. Sci. Procedia*. 9:291–296.
- Honda, Y., Matsuyama, T., Irie, T., Watanabe, T., Kuwahara, M. (2000). Carboxin resistance transformation of the homobasidiomycete fungus *Pleurotus ostreatus*. *Curr. Genet.* 37: 209–212.
- Huijuan, J., Qing, Z., Min, Liu., Jianjun, Z., Chen, Z., Shangshang, Li., Zhenzhen, Ren., Zheng, G., Xingtian, Liu., y Le, J. (2018). Polysaccharides with Antioxidative and Antiaging Activities from Enzymatic-Extractable Mycelium by *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. *Hindawi*. 11.
- Illana-Esteban, C. (2008). El hongo maitake (*Grifola frondosa*) y su potencial terapéutico. *Rev Iberoam Micol.* 25:141-144.

- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2016). Anuario estadístico y geográfico de Morelos 2016 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -- México: INEGI, 2016.
- Jasińska A., Marek S., y Krzysztof S. (2012). Mycelium Growth and Yielding of Black PoplarMushroom- *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. on Different Substrates. J. Agric. Sci. Technol. 2: 1040-1047
- Jedvert, K., Heinze, T. (2017). Cellulose modification and shaping – A review. J. Polym. Eng. 37: 845-860.
- Kirlc, K.T. (1987). Lignin Biodegradation: I importance and historical Research Perspective. (USDA). Forest Service Forest Products Lab. Madison, Wisconsin.
- Knob, A., Forthamp, D., Prolo, T., Izidoro, S.C., Almeida, J.M. (2014). Agro-residues as alternative for xylanase production by filamentous fungi. BioResources. 9: 5738-5773.
- Koutrotsios, G., Mountzouris, K.C., Chatzipavlidis, I., Zervakis, G.I. (2014). Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi-assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. Food Chem. 161: 127-135.
- Kumar, P., Barrett, D. M., Delwiche, M. J., y Stroeve, P. (2009). “Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production,” Ind. Eng. Chem. 48: 3713-3729.
- Laurichesse, S., y Avérous, L. (2014). Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers. Progress in polymer science. 39: 1266-1290.
- Leifa, F., Pandey, A., y Soccol, C. R. (2001). Production of *Flammulina velutipes* on coffee husk and coffee spent-ground. Brazilian Archives of Biology and Technology. 44: 205-212.
- LGEEPA. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (2021). Publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 18 de enero de 2021. Artículo 5, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 18-19 pp.
- LGPGIR. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (2015). Publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 22 de mayo de 2015.
- Li, X., Liu, Y., Hao, J., Wang, W. (2018). Study of almond shell characteristics. Materials. 11: 1782.
- Liang, C.H., Wu, C.Y., Lu, P.L., Kuo, Y.C., Liang, Z.C. (2019). Biological efficiency and nutritional value of the culinary-medicinal mushroom *Auricularia* cultivated on a sawdust basal substrate supplement with different proportions of grass plants. Saudi J. Biol. Sci. 26: 263-269.
- Limayema, A., Ricke, S.C. (2012). Lignocellulosic biomass for bioethanol production: Current perspectives, potential issues and future prospects. Prog. Energy Comb. Sci. 38: 449-467.
- Luna, F. M. (2010). Rendimiento de maíz en un año lluvioso y uno seco. Revista Investigación Científica. 6: 1-13.

- Ma, G., Yang, W., Zhao, L., Pei, F., Fang, D., Hu, Q. (2018). A critical review on the health promoting effects of mushrooms nutraceuticals. *Food Sci. Hum. Wellness*. 7: 125-133.
- Macedo, B. R. J. (2000). Análisis del sistema de alimentación pecuario rastrojo de maíz alimenticio pecuario (*Zea mays* L.) - pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* P.) en la zona norte del estado de Colima. Tesis Doctoral. Universidad de Colima. Colima México. 126 p.
- Maki-Arvela, P., Salmi, T., Holmbom, B., Willfor, S., y Murzin, D. Y. (2011). Synthesis of sugars by hydrolysis of hemicelluloses-a review. *Chemical Reviews*. 111: 5638-5666.
- Mandeep, Kaur y S.Dhanda, H.S. Sodhi. (2016); Selection of high yielding single spore cultures of *Volvariella volvacea* (BULL.FRIES) SINGER. *Int. J. of Adv. Res.* 4: 487-493.
- Marek, S., Krzysztof, S., Małgorzata, W. (2009). Comparison of mycelium growth and yielding of selected strains of *Hericium erinaceus* (Bull. Fr.) Pers. on sawdust substrates with the glucose addition. *Herba Polonica*. 3:55.
- Marqués, S. (2010). Valorización de diferentes cultivos lignocelulósicos para la fabricación de pasta de papel: Caracterización química, modificación estructural de sus constituyentes orgánicos durante los procesos de cocción y blanqueo y aplicaciones biotecnológicas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Sevilla. 277 p.
- Martínez-Carrera, D. (2002). Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micología Aplicada Internacional*. 14: 61-74.
- Martínez-Carrera, D., Larqué-Saavedra, A., Aliphath, M., Aguilar, A., Bonilla, M., y Martínez, W. (2000). La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. 193-207 pp.
- Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Bonilla, M., y Martínez, W. (2007). México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. Capítulo 6.1. 209-224 pp.
- Mata, G. y Martínez- Carrera. (1988). Estimación de la producción de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México. *Rev. Mex. Mic.* 4: 287:296.
- Mikosch, T. S. P., B. Lavrijssen, A. S. M., Sonnenberg, L. J. L. D., van Griensven. (2000). *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation of *Agaricus bisporus*. *Mushroom Science*. 15: 173-179.
- Mirabella, N., Castellani, V., Sala. S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*. 65: 28-41.
- Montoya S., Óscar J. Sánchez, D., Arias, F. (2016). Production of Edible Fungus Maitake (*Grifola frondosa*). *AT Semi-Industrial Level Vitae*. 23.
- Moreno, F. Á., y Garibay, O. R. (2014). La etnomicología en México: estado del arte. 249 p.

Motte, J.C., Trably, E., Escudié, R., Hamelin, J., Steyer, J.P., Bernet, N., Delgenes, J.P., Dumas, C. (2013). Total solids content: A key parameter of metabolic pathways in dry anaerobic digestion. *Biotechnol. Biofuels*. 6: 164.

Moutta, R.O., Chandel, A.K., Rodrigues, R.C.L.B., Silva, M.B., Rocha, G.J.M., da Silva, S.S. (2012). Statistical optimization of sugarcane leaves hydrolysis into simple sugars by dilute sulfuric acid catalyzed process. *Sugar Technol*. 13: 53–60.

Muñoz, T. F. (2011). Producción, valor nutricional y aprovechamiento del rastrojo de maíces nativos en la región de Libres-Serdán, Puebla, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Estado de México, México. 62 p.

Navarro, P., Moral, H., Gómez, L., Mataix, B. (1995). Residuos orgánicos y agricultura. *Universidad de Alicante*. 84:7908-194-5.

Nawirska, A., Kwaśniewska, M. (2005). Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chem*. 91: 221–225.

Ndika, E.V., Chidozie, U.S., Ikechukwu, U.K. (2019). Chemical modification of cellulose from palm kernel de-oiled cake to microcrystalline cellulose and its evaluation as a pharmaceutical excipient. *Afr. J. Pure Appl. Chem*.13: 49–57.

Nigam, P.S., Gupta, N.; Anthwal, A. (2009). Pre-treatment of agro-industrial residues. In *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilization*; Nigam, P.S., Pandey, A., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands. 13–33 pp.

Oke, F., y Aslim, B. (2011). Protective effect of two edible mushrooms against oxidative cell damage and their phenolic composition, *Food Chemistry*. 128:613-619.

Öqvist, H. (1988). The Durability of Outdoor Wood. Field Test: Wood Panels Exposure Out of Ground Contact. Report No 204. The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products, Uppsala.

PAM. Panorama agropecuario en Morelos. (2013). Censo Agropecuario 2007/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI.

Pauly, M., y Keegstra, K. (2010) Plant cell wall polymers as precursors for biofuels. *Curr Opin Plant Biol*. 13:305–312

Pérez-Moreno, J., A. Lorenza- Fernández, V., Carrasco- Hernández y Yescas- Pérez, A. (2010). Los hongos comestibles silvestres del Parque Nacional Izta- Popo, Zoquiapan y Anexos. Colegio de Posgraduados, SEMARNAT, CONACYT. Montecillo, Texcoco.

Piquerías, J. (2004). Los hongos como alimentos funcionales. *A. M. Font I Quer* 2: 46-48

Pointner, M., Kuttner, P., Obrlik, T., Jager, A.; Kahr, H. (2014). Composition of corncobs as a substrate for fermentation of biofuels. *Agron. Res*.12: 391–396.

Pontón, J. (2008). La pared celular de los hongos y el mecanismo de acción de la anidulafungina. *Revista iberoamericana de micología*. 25: 78-82.

Population Reference Bureau-PRB. (2013). "Cuadro de Datos de la Población Mundial". Recuperado de www.prb.org/pdf14/2013-population-data-sheet_spanish.pdf.

Raberg, U., Edlund, M. L., Terziev, N., Land, C. L. (2005). Testing and evaluation of natural durability of wood in above ground conditions in Europe – an overview. *J Wood Sci*. 51: 429-440.

Råberg, U., Edlund, M.L., Terziev, N., y Land C. J. (2005). Testing and evaluation of natural durability of wood in above ground conditions in European overview. *J. Wood Sci*. 51: 429-440.

Ramírez, A. M. y Volke, H. V. (1999). Estratificación del potencial productivo del maíz en la región oriente del estado de Tlaxcala. *Terra* 17: 131-138.

Restrepo M. (2006). Producción más limpia en la industria alimentaria. *Producción + Limpia*. 1:87-101.

Reyes, R., López, L., Kumakura, K., Kalaw, S., Kikukawa, T., y Eguchi, F. (2009). *Coprinus comatus*, a newly domesticated wild nutraceutical mushroom in the Philippines. *Journal of Agricultural Technology*. 5: 299-316.

Rivas, B., Torrado, A., Torre, P., Converti, A., Domínguez, J.M. (2008). Submerged citric acid fermentation on orange peel autohydrolysate. *J. Agric. Food. Chem*. 56: 2380-2387.

Roa, G., Camacho, C., Ardila, R., Nieves, A., (2018). Viabilidad para la creación de una empresa que fabrique y comercialice el extracto de *Ganoderma lucidum*. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Especialización En Formulación Y Evaluación Social Y Económica De Proyectos. Universidad Católica de Colombia. 16-17 pp.

Rodríguez, G., Lama, A., Rodríguez, R., Jiménez, A., Guillén, R., Fernandez-Bolanos, J. (2008). Olive stone an attractive source of bioactive and valuable compounds. *Bioresour. Technol*. 99: 5261-5269.

Rodríguez, R. (1999). Aportaciones al conocimiento del estado medioambiental de microsistemas de interés internacional situado en Castilla-La Mancha. Tesis doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real.

Rofiqah, U., Kurniawan, A., Aji, R.W.N. (2019). Effect of temperature in ionic liquids pretreatment on structure of lignocellulose from corncob. *J. Phys. Conf. Ser*. 1373: 1-7.

Saad, M.B.W., Oliveira, L.R.M., Candido, R.G., Quintana, G., Rocha, G.J.M., Goncalves, A.R. (2008) Preliminary studies on fungal treatment of sugarcane straw for organosolv pulping. *Enzyme Microbial. Technol*.45: 220-225.

Sadh, P.K.; Duhan, S.; Duhan, J.S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: A review. *Bioresour. Bioprocess*. 5:1.

SAGARPA. (2010). Estudio sobre la utilización de la paja de trigo [en línea]. Baja California, México. Secretaría de Fomento Agropecuario, junio de 2010. Gobierno del estado de Baja California.

- SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015). www.siap.gob.mx (20 de julio de 2015).
- Sánchez, A., Gutiérrez, A., Muñoz, J., y Rivera, C. (2010). Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. *Revista Tumbaga*. 1:61-91.
- Sánchez, R. N., y Zuluaga J. (1994). Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. en pulpa de café. *Cenicafé*. 45: 85-92.
- Sánchez-Vázquez, J. E. (2005). El cultivo de *Pleurotus* en México. I Reunión Nacional sobre el Cultivo de *Pleurotus* (resúmenes). ECOSUR-SMM-IE-SEPI, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.
- Saval S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *Revista de la sociedad mexicana biotecnología y bioingeniería A.C.* 16: 14-46.
- SEMARNAT. (2008). Programa Nacional para la prevención y gestión integral de los residuos 2009-2012. México, DF.170 pp.
- Sharif, D., Atta, A., Huma, T., Shah, A., Afzal, G., Rashid, S., Shahid, M., Mustafa, G. (2018). Anticancer, antithrombotic, antityrosinase, and anti- α -glucosidase activities of selected wild and commercial mushrooms from Pakistan. *Food Sci Nutr*. 6:2170-2176.
- SIACON-SIAP. (2011). SIACON 1980- 2011 [en línea]. Distrito Federal, México: SIAP.
- Silveira, M.L.L., Furlan, S.A., Ninow, J.L. (2008). Development of an alternative technology for the oyster mushroom production using liquid inoculum. *Cienc. Technol. Aliment.* 28: 858-862.
- Smith, S.E., Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*, 3^a Edic. Academic Press. Elsevier.
- Somerville, C., Bauer, S., Brininstool, G., Facette, M., Hamann, T., Milne, J., Osborne, E., Paredez, A., Persson, S., Raab, T., Vorwerk, S., Youngs, H. (2004). Toward a systems approach to understanding plant cell walls. *Science*. 306: 2206-2211.
- Spiridon, I., Popa, V. I. (2008). In *Monomers, polymers and composites from renewable resources*; Belgacem, M. N.; Gandhini, A., Eds.; Elsevier: Amsterdam.
- Sugianto, A., Sholihah, Anis., Djaelani K., Hartono P. (2019). Utilization of Bag-Log Waste for Mixture Cultivation of Ear Mushroom (*Auricularia auricula*) and White Oyster (*Pleurotus ostreatus*). *J. adv. eng. res.* 194:99- 102.
- Sun, Y.; Chen, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic material for ethanol production: A review. *Bioresour. Technol.* 83: 1-11.
- Szymánska-Chargot, M., Chylińska, M., Gdula, K., Koziol, A., Zdunek, A. (2017). Isolation and characterization of cellulose from different fruit and vegetable pomaces. *Polymers*. 9: 495.
- Taher, I.B.; Fickers, P.; Chniti, S.; Hassouna, M. (2017). Optimization of enzymatic hydrolysis and fermentation conditions for improved bioethanol production from potato peel residues. *Biotechnol. Prog.* 33: 397-406.

Tan, L., Eberhard, S., Pattathil, S., Warder, C., Glushka, J., Yuan, C., Hao, Z., Zhu, X., Avci, U., Miller, J.S., Baldwin, D., Pham, C., Orlando, R., Darvill, A., Hahn, M. G., Kieliszewski, M. J., Mohnen, D. (2013). An Arabidopsis cell wall proteoglycan consists of pectin and arabinoxylan covalently linked to an arabinogalactan protein. *Plant Cell*. 25:270–287.

Tarrés, Q., Espinosa, E., Domínguez-Robles, J., Rodríguez, A.; Mutjé, P., Aguilar, M.D. (2017). The suitability of banana leaf residue as raw material for the production of high lignin content micro/nano fibers: From residue to value-added products. *Ind. Crop. Prod.* 99: 27–33.

Tello, P. (2011). “Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en ALC 2010”. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Banco Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental (AIDIS). Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 164 pp.

Teoh, HL., Ahmad, IS., Johari, NMK., Aminudin, N., Abdullah N. (2018). Antioxidant Properties and Yield of Wood Ear Mushroom, *Auricularia polytricha* (Agaricomycetes), Cultivated on Rubberwood Sawdust. *Int J Med Mushrooms*. 20:369-380.

Thongklang, N., Keokanngun, L., Taliam, W., y Hyde, KD. (2020). Cultivation of a wild strain of *Auricularia cornea* from Thailand. *Journal of Fungal Biology*. 10: 120–130.

Triyono, S., Haryanto, A., Telaumbanua, M., Lumbanraja, D.J., To, F. (2019). Cultivation of straw mushroom (*Volvariella volvacea*) on oil palm empty fruit bunch growth medium. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 8: 381–392.

Tufail, T., Saeed, F., Imran, M., Arshammad, M.U., Anjum, F.M., Afzaal, M., Ain, H.B.U., Shahbaz, M., Gondal, T.A., Hussain, S. (2018). Biochemical characterization of wheat straw cell wall with special reference to bioactive profile. *Int. J. Food Prop.* 21: 1303–1310.

USITC. United States International Trade Commission. (2010). *Mushrooms Industry y Trade Summary*. Office of Industries.

Valverde, M.E., Hernández-Pérez, T., Paredes-López, O. (2015). Edible mushrooms: Improving human health and promoting quality life. *Int. J. Microbial.* 376–387.

Vargas, Y. A., y Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. 14: 1-14.

Ververis, C., Georghiou, K., Danielidis, D., Hatzinikolaou, D.G., Santas, P., Santas, R., Corleti, V. (2007). Cellulose, hemicelluloses, lignin and ash content of some organic materials and their suitability for use as paper pulp supplements. *Bioresour. Technol.* 98: 296–301.

Waskett P. (2001). *Wood Modification state of the art review*. Project report number 203-343. 82 pp.

Wasser, S. P. (2002). Review of medicinal mushroom advances: good news from good allies. *Herbal Gram.* 56:28–33.

Windeisen, E., Wegener, G. (2012). Lignin as building unit for polymers. In: Matyjaszewski K, Martin MI, editors. *Polymer science: a comprehensive reference*. Amsterdam: Elsevier. 255–65 pp.

- Woo-Sik, Jo, Eok-Keum, H., Min-Jin, K., y Seong-Yong, Choi. (2010). Fruit-body Production of *Auricularia auricula-judae* by Sawdust Cultivation. *Kor. J. Mycol.* 38: 5-7
- Wortmann, S. C., Klein, R. N. y Shapiro, C. A. (2012). Harvesting crop residues. University of Nebraska.
- Wu, Y., Choi, M.-H.; Li, J., Yang, H., Shin, H.-J. (2016). Cosmética de hongos: el presente y el futuro. *Cosméticos.* 3:22.
- Xinyuan, J., Yuanyuan, L., Zhong, G., An, M., Zecai, H., Suwen, Y. (2015). Pyrolysis characteristics and correlation analysis with the major components of seven kinds of nutshell. *Sci. Silvae Sin.* 51: 79-86.
- Yu, Young-Jin, Choi, So-Ra, Kim, Hee-Jun, Lee, Ki-Kwon, Song, Young-Ju y Kim, Chung-Kon. (2014). Desarrollo de un medio de cultivo en bolsa para hongos mazorcas. *Revista de la Sociedad Coreana de Hongos.* 12:216-219.
- Yuan, F., Gao, Z., Liu, W. (2019). Characterization, Antioxidant, Anti-Aging and Organ Protective Effects of Sulfated Polysaccharides from *Flammulina velutipes*. *Molecules.* 24:3517.
- Zainudin, M.H.M., Rahman, N.A., Abd-Aziz, S., Funaoka, M., Shinano, T., Shirai, Y. (2012). Utilization of glucose recovered by phase separation system from acid-hydrolysed oil palm empty fruit bunch for bioethanol production. *Sci. Pertanika J. Trop. Agric.* 35: 117-126.
- Zeng, Y., Himmel, M. E., Ding, S. Y. (2017). Visualizing chemical functionality in plant cell walls. *Biotechnology for biofuels.* 10: 263.
- Zetina, R., Trinidad, A., Oropeza, J. L., Volke, V. y Landois, L. L. (2005). Relación bases intercambiables-rendimiento de maíz en un cambisol dístico con labranza, encalado y abono verde. *Terra Latinoamericana.* 23: 389-397.
- Zhang, X., Zhang, B., Miao, R., Zhou, J., Ye, L., Jia, D., Peng, W., Yan, L., Zhang, X., Tan, W., Li, X. (2018). Influence of Temperature on the Bacterial Community in Substrate and Extracellular Enzyme Activity of *Auricularia cornea*. *Mycobiology.* 46: 224-235.
- Zhao, X., Peng, F., Cheng, K., Liu, D. (2009). Enhancement of enzymatic digestibility of sugarcane bagasse by alkali-peracetic acid pretreatment. *Enzyme Microbial. Technol.* 44: 17-23.
- Zhou, X.; Broadbelt, L.J.; Vinu, R. (2016). Mechanistic understanding of thermochemical conversion of polymers and lignocellulosic biomass. *Adv. Chem. Eng.* 49: 95-198.

Cuernavaca, Morelos a 24 de Agosto de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **ALMA ROSA AGAPITO OCAMPO**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10009944**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS FUNCIONALES”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

M.I. ARIADNA ZENIL RODRÍGUEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ARIADNA ZENIL RODRIGUEZ | Fecha:2021-08-24 22:48:03 | Firmante

Urvug+C32zjJ46ZHlpMJ3IRab3mkp3UeBjZYuhS8WTQRV+PrpoaB4srro0011wQAOLoNqxCrY7HmtphqMaCSB3X3mp8rKa2V+QLVOFd11+HcqDHWLeY160+yzm8Zj4JTzc2m
ojBLsqicYnQuX0JgCTKi+c7q/EQ3AVVEvURPtERYoXXv0Q4qqkgd19ggkCUO4dwQwwwPN93PbMjvyVS4/HAFp5M2PQWj8mxDN0siO2DUb+C/3d6DXtqaA661nk2h+GIA7H6dGR
It+p8EGe2rNMrd79YEd7DNguBh09An6OW/mrMrAJ2bfsvd/k9CVkzOaq+REPXPYJEUz+1dKx9BQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



9Q4mTe

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/buPEBg3Fpa5zDCNlt6nvVqw3ydfRNGB0>



Cuernavaca, Morelos a 23 de Agosto de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **ALMA ROSA AGAPITO OCAMPO**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10009944**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS FUNCIONALES”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

FIRMA ELECTRÓNICA

DR. ALEXIS JOAVANY RODRÍGUEZ SOLÍS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ALEXIS JOAVANY RODRIGUEZ SOLIS | Fecha:2021-08-23 21:11:47 | Firmante

nkElc1WpVq4XAlyNMwIPSHQq68eQC6eWICq3gR0vGJUw0jBz4dqCR3EXZA3qn0ss/H4p2UolZxdV5ePk+MK6KJ8SveSeZbhRC94jwW1hKAA0z8zvP0tk4RAhvLOL0i9C+k5M3KvhkPWEfnUiZrI9sIWH33QS63llgBLNU5v1RN8BOic42RK3mO6rPCzwhwon2NayCbGIzppqTLacBIMfFINjsXG3yeZT/TT6gi7LOYIq1OxTdWbUTQJ1WrTUy+0z/GWRY5DWZhPge5nK0sFQNGe7r5K744b6GbSq1MmIX+TEDpe1gZn0IE499UNTyCGBPcDv7brUcyjJbCERMEJQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[KwuHaC](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/JJR5HuMCTw8cf8nchbxVybdt1cn3CB4>



Cuernavaca, Morelos a 23 de Agosto de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESINA, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESINA QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **ALMA ROSA AGAPITO OCAMPO**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10009944**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS FUNCIONALES”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

M en MRN. JULIO CESAR LARA MANRIQUE
(Firma electrónica)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JULIO CESAR LARA MANRIQUE | Fecha:2021-09-09 10:44:33 | Firmante

hBmkLQeXdS623X+y7GUq8HLkm5+94iqMH51wna3RqFBnjrEifqF5nkPJYb5SzwOHG6d0hyU4g3pp/ov1XuMDUMOV8fEPHQHMN+TycfPY0EWcY6B2bGoKZxo20mgt0uLiTr8tx2lgNcd50HGwhSjvJyBerVhFM314cCyYRufQbvYiqQFam/g2aMgT3TdY6hYm1FZ5UuNuXv1F+SzHxGFHIZ/VEBi+bOTnVL6/DpRFV2/eKHxSwiMU7FWPitoMgH5/6PDn4ifzN54OSwd1ldiwaZ4tuhAKOdipEMiZtHx.Jid1lfgf7v5EvUXjKkNTpS9SmsDZmBmibbn/714go6Q3uA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[qmsIRb](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/waib1mKdtlvRFv6sCf54JKQ6ZOGrewJx>



Cuernavaca, Morelos a 23 de Agosto de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **ALMA ROSA AGAPITO OCAMPO**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10009944**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS FUNCIONALES”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

DRA. MA. DE LOURDES ACOSTA URDAPILLETA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MA DE LOURDES ACOSTA URDAPILLETA | Fecha:2021-08-23 19:10:10 | Firmante

SEyBi43uzGTS1NZ/ltDoy4PespiAO5MqpFX4gocBRhI5Cg+yJv+Ls5bjlRNob/SnGkxmXOu3Qn+PYFlzJXmzoNewz2ERS0EgUyKKT6iejP/soEwjPOCZT38vtwULVWufnAgNw2cX2NsUnmH2BEMcg2i7VJ+ELyWUoakY7Ndrv14ASqJ1ahIHOOrQ+EGR4LhroHjUK5WS2wL+GbTwfGQdQJ9iiMed+MChipnz6Jkii6wKRicCpRrwMwce/QZUQvE5EMwtlpe1yL00sa7W/ZiHW2C2jF+bJjYyBqhJLexG1KHuDswfgKgUqIRbGr+Zwoqt4VIU0yQLTGW2EgBGe1M0xA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



IAaJNU

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/W6yBntABIC5bqimJNpjB1Hk495Bwkf2l>



Cuernavaca, Morelos a 23 de Agosto de 2021

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
P R E S E N T E**

COMO MIEMBRO DEL JURADO REVISOR DE TESIS, HAGO DE SU CONOCIMIENTO QUE DESPUES DE HABER ANALIZADO LA TESIS QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS, DEL ESTUDIANTE C. **ALMA ROSA AGAPITO OCAMPO**, CON NÚMERO DE MATRÍCULA **10009944**, BAJO EL TÍTULO “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS FUNCIONALES”, CONSIDERO QUE EL DOCUMENTO REÚNE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS PARA SU DEFENSA ORAL EN EL EXAMEN, POR LO TANTO, EMITO MI **VOTO APROBATORIO**.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN QUE SE SIRVA PRESTAR A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E
Por Una Humanidad Culta

DRA. MAURA TÉLLEZ TÉLLEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MAURA TELLEZ TELLEZ | Fecha:2021-08-24 09:21:32 | Firmante

p/NJ+cTa7top5AZ2eMeO7XdhoNq6kFEYtMB6dH6N6Zv+1qhSmfQLQgWtypIhLz2Z3RKHrZlxbdlIYT5K11B5F6yHnq2QguUiS6M1TrEJes2c+SrNABI7y5XSq9wmxayqcGiDyTgKw49dO8EtnQJGzaXzcfP0FkFkkcjASkP1fy/Td2FYFgzF0bmL6f3Pw7GIElp38QQgNvjkaWVyVMgld1XsIDvTXJ86aHzH0LhcM+K2/CSIPUnTTDQ0pULXKab1aGI3BW7JLoN0pxBN1vjzo9Q/dtNP7aDpQPm4SI7gnN1ZZcSMfdk+yf1k3vDPP6SgMHbqevgEI3dhikl7+hF3FA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[hKtnky](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/SniQ0JHN4BMCOIrUawxgCrfvk4ziUuzz>

