



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



**FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LICENCIATURA EN BIOLOGIA

T E S I S

**MÉTODO MODIFICADO PARA LA
PRODUCCIÓN DE BIOMASA FÚNGICA
DE *Ganoderma spp.***

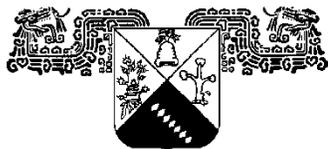
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
L I C E N C I A T U R A

P R E S E N T A:

SHEYLA HERRERA ARIAS

DIRECTOR: DR. ISAAC TELLO SALGADO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**MÉTODO MODIFICADO PARA LA
PRODUCCIÓN DE BIOMASA FÚNGICA
DE *Ganoderma spp.***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A:

SHEYLA HERRERA ARIAS

DIRECTOR: DR. ISAAC TELLO SALGADO

CUERNAVACA, MORELOS 29 MAYO 2023.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre y padre que son pilar fundamental de mi vida al brindarme la educación de toda mi vida, siendo un ejemplo de superación, humildad y sacrificio. La mejor herencia.

A mis hermanas, por su apoyo incondicional, por siempre impulsarme, por ser parte fundamental de mi vida.

A mi asesor de carrera, el Dr. José de Jesús Arellano García, quien no solo fue el sostén de conocimiento en mi toma de decisiones, sino que también brindo, confianza, seguridad y amistad.

Al Dr. Isaac Tello Salgado director de esta tesis, por permitirme la confianza y al guiarme durante el desarrollo este proyecto. El tiempo dedicado con enseñanzas valiosas que constituyen la base de mi vida profesional.

A mis sinodales, M. en C. Elizur Montiel Arcos y M. en B. Luis Enrique Cruz Trujillo, mi agradecimiento sincero por todo el interés, palabras, paciencia, ánimo y apoyo que me han ofrecido a base de su valiosa experiencia.

A el Laboratorio de Micología del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) por abrir sus puertas para nuevos estudiantes, por permitir encontrar el equilibrio entre lo que nos apasiona y el compromiso al ampliar nuestros potenciales.

DEDICATORIA

“Ninguna mujer puede escribir demasiado, de hecho ninguna mujer ha escrito suficiente”.

Gloria Steinem.

Índice

RESUMEN:	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Cultivo y producción de hongos en México.	3
1.2 Cultivo y producción de hongos medicinales en México.	4
1.3 Género <i>Ganoderma</i> como producción de cultivo:	4
a) <i>Ganoderma lucidum</i>	6
b) <i>Ganoderma curtisii</i> (Berk.) Murril	6
c) <i>Ganoderma subamboinenses</i>	7
1.3.1 Distribución de <i>Ganoderma</i> en México:	7
1.4 Importancia médica y económica de producción del género <i>Ganoderma</i>:	9
2. ANTECEDENTES:	12
2.1 Métodos de cultivo utilizados para la producción de hongos del género <i>Ganoderma</i>.	12
2.2 Residuos agroforestales y agroindustriales como alternativa para la producción de hongos.	15
3. JUSTIFICACIÓN:	17
4. OBJETIVOS:	18
4.1 Objetivo general:	18
4.2 Objetivos específicos:	18
5. HIPÓTESIS:	18
6. MATERIALES Y MÉTODOS:	19
6.1 Material biológico:	19
6.2 Elaboración de formulaciones:	19
6.2.1 Formulación COLPOS-17:	19
6.2.2 Encino:	19
6.4 Medios requeridos para el crecimiento de la cepa:	20
6.4.1 Medio de cultivo extracto de malta agar enriquecido con cereal (EMA):	20
6.5 Producción de inóculo “semilla”:	21
6.5.1 Hidratación del trigo:	21
6.5.2 Esterilización:	21
6.5.3 Inoculación de los granos estériles:	21
6.5.4 Master:	21
6.5.5 F1:	22
6.6.1 Inoculación de las Unidades de Producción “UP’s”:	22

6.6.2	Incubación de las Unidades de Producción “UP’s”:	22
6.6.3	Fructificación de las Unidades de Producción “UP’s”:	23
6.6.5	Cosecha:	23
7.	DIAGRAMA EXPERIMENTAL:	24
8.	ANÁLISIS DE DATOS:	25
8.1	Determinación del peso seco del sustrato	25
8.2	Determinación de la Eficiencia Biológica (EB):	25
8.3	Determinación del Rendimiento::	25
9.	RESULTADOS	26
9.1	Inoculación e incubación de las Unidades de Producción UP’s sobre COLPOS-17:	26
9.2	Inoculación e incubación de las Unidades de Producción UP’s sobre Encino:	29
9.3	Aparición de primordios en las Unidades de Producción UP’s sobre COLPOS-17:	30
9.4	Aparición de primordios en las Unidades de Producción UP’s sobre Encino:	32
9.5	Tratamiento postcosecha:	33
9.6	Caracterización morfológica de los cuerpos fructíferos de <i>Ganoderma</i> spp. cosechados sobre COLPOS-17:	34
9.7	Caracterización morfológica de los cuerpos fructíferos de <i>Ganoderma</i> spp. cosechados sobre Encino:	35
9.8	Determinación del peso seco del sustrato (encino):	37
9.9	Evaluación de la Eficiencia Biológica, Rendimiento de las Unidades de Producción UP’s sobre encino:	37
10.	DISCUSIÓN:	39
11.	CONCLUSIONES:	40
12.	PERSPECTIVAS:	40
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:	41
14.	ANEXOS:	50

RESUMEN:

Los hongos pertenecientes al género *Ganoderma* son reconocidos, estudiados y usados en la medicina tradicional china por su potencial benéfico a la salud ya que produce numerosos compuestos bioactivos (polisacáridos y terpenos) que pueden ser utilizados para el tratamiento de numerosas enfermedades. Además es capaz de degradar la lignina de los sustratos en los que crece, pudiendo ser cultivados en sustratos sólidos formados a base de diferentes residuos. En México la escasa información sobre su cultivo ha forjado una demanda de sustratos que reduzcan los tiempos de producción de basidiomas al incrementar tanto los rendimientos y eficiencias biológicas. En la presente investigación se realizaron Unidades de Producción (UP's) evaluando las formulaciones COLPOS-17 (Noviembre-Febrero) y Encino (Febrero-Diciembre) para su aprovechamiento como sustrato en el cultivo del hongo *Ganoderma* spp. utilizándose 2 cepas nativas (*Ganoderma curtisii* y *Ganoderma subamboinenses*) y una cepa comercial (*Ganoderma lucidum*).

Se realizaron tres tratamientos a base de COLPOS-17; para el tratamiento 1 (COLPOS-17) la inoculación se realizó dispersando el inóculo alrededor del sustrato sin mezclar completamente el sustrato tratando de homogenizar solo el inóculo, para el tratamiento 2 (capas) la inoculación se realizó colocando inóculo en cada capa de los sustratos utilizados y en el tratamiento 3 (mezclas) el inóculo se homogenizó dispersándolo homogéneamente sobre el sustrato.

Para la formulación de Encino se modificó la parte de fructificación al enterrarse las UP's en composta para evitar la evaporación. Se analizaron datos como Eficiencia Biológica (EB %) y Rendimientos (Y): CP-USA (*Ganoderma.lucidum*) Y máximo 59 g/k y mínimo de 23 g/k con una EB máximos de 187% y una mínimos de 62%, CP-145 (*Ganoderma curtisii*) Y máximos de 22 g/k y el mínimo de 7 g/k con una EB% máxima de 103% y una mínima de 19%. Para la cepa CP-388 (*Ganoderma subamboinenses*) el Y máximo de 14k/g y una mínima de 2g/k, con EB% máxima de 327g/k y una mínima de 38g/k.

El porcentaje más alto de EB % se obtuvo en la CP-388 con 327 g/k máximo y mínimo de 38 g/k y el rendimiento más alto fue de *G. lucidum*. Los resultados obtenidos muestran que la adición de la composta en la etapa de fructificación resulto ser efectiva al incrementar los rendimientos y EB% y acortar el tiempo de producción con respecto a los datos reportados por otros autores, siendo los cultivos a base de encino los mejores resultados en combinación con los tratamientos con COLPOS-17 considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo. Este trabajo busca ser un aporte en cuanto a una actividad alternativa de producción y obtención de biomasa fúngica.

Palabras clave: *Ganoderma lucidum*, *Ganoderma curtisii*, *Ganoderma subamboinenses*, Encino, COLPOS-17, Rendimiento, Eficiencia Biológica.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Cultivo y producción de hongos en México.

Los hongos forman parte de la cultura de México desde la época prehispánica hasta la actualidad como una fuente tradicional de alimento y también utilizándolos por sus propiedades curativas y divinas. Los aztecas denominaban a los hongos como “Nanacatl” que significa “carne”.

En la época prehispánica, los pueblos desarrollaron técnicas para el aprovechamiento de los hongos y así mejorar la calidad de vida de los individuos. Así, inicialmente el cultivo de hongos fue una actividad que se llevó a cabo de manera artesanal, y posteriormente se introdujo como un proceso biotecnológico microbiano constituyendo un verdadero sistema de producción, el cual ha adquirido gran relevancia para satisfacer las necesidades alimenticias de la población.

En México, la producción de hongos tuvo inicio en el año 1993 con el cultivo de *Agaricus bisporus* (champiñón) y posteriormente fue utilizado *Pleurotus ostreatus* (seta) (Martínez *et al.*, 1991). Esto permitió que México se colocara como el principal productor de hongos en América Latina (Morcillo y Sánchez 2008). En el período 1995-2001, México produjo el 58.6 % del total de hongos comestibles de América Latina, seguido de Chile que produjo el 17.6 % y Brasil con un 10.6%. Así en el 2016, la producción anual de hongos y setas en México supero las 1400 toneladas (SAGARPA, 2016). Por lo que México es el décimo tercer lugar de los países productores de hongos.

La producción de hongos tiene ventajas tanto sociales, económicas, como ecológicas, ya que es una estrategia de subsistencia microbiana económicamente rentable basada en el aprovechamiento de diversos substratos como los residuos lignocelulósicos (bagazo de caña, aserrín, etc.), los cuales son capaces de bioconvertirse a gran escala para el crecimiento de los hongos y así producir alimentos para el ser humano (Martínez *et al.*, 1998).

1.2 Cultivo y producción de hongos medicinales en México.

Tan solo en México se estima que podrían existir más de 200,000 especies (Guzmán 1998), en donde las especies de hongos medicinales son un grupo de donde se conoce poco.

Por eso es importante la caracterización de nuevas especies de hongos y la propagación de las especies ya conocidas con propiedades medicinales para su mejor aprovechamiento. En los hongos medicinales se han logrado purificar compuestos bioactivos específicos de alto valor agregado, es decir, se han generado diversos productos o alimentos patentados y aprobados por instituciones oficiales demostrando que constituyen una alternativa de alimentación con gran potencial en México.

En México el interés por los hongos con propiedades medicinales ha crecido considerablemente, por lo que en diversas instituciones de investigación se han iniciado trabajos con el fin de desarrollar los métodos adecuados para su propagación (Soto-Velazco *et al.*, 2002).

El mercado mundial de los hongos medicinales se ha estimado en 3.9 billones de dólares Americanos solo para 1995, representando el mercado de tónicos y medicinas (Chang, 1996), y de los cuales 1.6 millones corresponden a productos que derivan de *G. lucidum*.

1.3 Género *Ganoderma* como producción de cultivo:

Reino:	Fungi
Filo:	Basidiomycota
Clase:	Basidiomycete
Orden:	Polyporales
Familia:	Ganodermataceae
Género:	<i>Ganoderma</i>
Subgéneros:	<i>Ganoderma</i> , <i>Elfvigia</i> , <i>Lomatium</i> , <i>Amauroderma</i>
Especie:	<i>G. lucidum</i> , <i>G. curtisii</i> , <i>G. subamboinenses</i>

Ganoderma fue establecido por Karsten en 1881. Actualmente, y su epíteto específico corresponde a *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst 1981.

El género *Ganoderma* (P. Karst) comprende más de 300 especies, las cuales se distribuyen ampliamente alrededor del mundo (Bhosle *et al.* 2010). Comprende los subgéneros: *Ganoderma*, *Elfvigia*, *Lomatium*, *Amauroderma*. Desarrollan su cuerpo fructífero sobre troncos en descomposición, se alimentan absorbiendo nutrientes por pequeños tubos llamados hifas; sus basidiomas pueden ser anuales o perianuales en forma de repisa, pileados, sésiles y estípidos al centro o lateralmente; la superficie del píleo puede ser lisa, opaca o brillante, de color café en varios tonos, de forma semicircular.

Se encuentra incluido en los poliporáceos que son clasificados por tener muchos poros (blanquecinos) pequeños a medianos en la parte inferior del cuerpo fructífero, los cuales contienen las esporas (que son de color marrón-rojizo) que se dispersan en la superficie de los sombreros, dando una apariencia leñosa o coriácea. Son elipsoidales, con un extremo romo, de 9 a 12 x 5 a 6 micrómetros. Se ha demostrado que la forma del basidioma depende de las condiciones ambientales (Chen, 1993), mientras que el color y forma de sus esporas (basidiosporas) varía de acuerdo a la latitud y altitud del lugar de donde se desarrollan (Steyaert, 1975). Es capaz de crecer bajo condiciones elevadas de temperatura y humedad, y son usualmente encontrados en regiones tropicales y subtropicales actuando como parásito, saprobio o como parásito facultativo (Moncalvo y Ryvarden, 1998). Cuando el píleo está seco las esporas le dan un aspecto pardo polvoso (Staments, 1993).

De acuerdo con la textura de la cubierta superior de su basidioma se divide en dos subgéneros *Ganoderma*, para ejemplares lacados con una capa cerosa y brillante en la superficie del cuerpo fructífero y *Elfvigia*, que incluye a las especies no lacadas (Steyaert, 1980).

En la actualidad la taxonomía de las especies de *Ganoderma* no es clara, haciendo que el género se halle en estado taxonómico crítico (Ryvarden, 1994; Mendoza *et al.*, 2011), lo que expresa gran número en cuanto a los sinónimos que existen debido al número de especies que han sido identificadas apoyándose en características morfo-descriptivas (Moncalvo, 2000; Chen, 1993; Steyaert, 1972 y 1975).

a) *Ganoderma lucidum*

El nombre *Ganoderma* deriva del griego ganos, brillo, resplandor, mientras que *lucidum* en latín significa brillante. También conocido como el “hongo rojo, hongo de encino”; o comúnmente como "Reishi" (hongo espiritual) en Japón y "Lingzhi" (hongo de la inmortalidad) en China (Wagner *et al.*, 2003).

Su historia ha sido argumentada en la medicina tradicional de la antigua china escrita por más de 2.000 años atrás. (Jong y Birmingham, 1992). La mención más temprana fue en la era del primer emperador de China (221-207 antes de Cristo).

G. lucidum (Fr.) Karst forma basidiomas centrales o laterales con el estípote irregularmente cilíndrico, noduloso de color rojizo y lacado, con píleo flabeliforme de color pardo rojizo, protegidos por una capa cortical depreciable, brillante y tacada. Bajo ella se encuentra el contexto de color pardo ferruginoso y una capa ancha de tubos del mismo color, que se abren al exterior mediante poros blanquecinos al principio, pardo-ferruginoso al final de la maduración de las esporas. Las esporas son de color pardo, elipsoidales y truncadas, provistas de dos capas: un *exosporium* hialino y un *endosporium* pardo verrugoso.

Se desarrolla como saprobio en tocones y árboles caducos como robles y otras maderas duras, nunca en pinos de los 1000 a 2000 msnm y se ha demostrado que la forma del basidioma es afectada por las condiciones ambientales, observándose cambios en el color y la forma de las esporas, por la latitud y altitud (Stamets, 1993).

Su distribución es en zonas tropicales y zonas templadas, incluido Norteamérica, Sudamérica, África, Europa y Asia (Arara, 1986). En el sur de Estados Unidos de Norteamérica y la costa del golfo de México se tienen la mayor cantidad de registros de esta especie (Gilbertson y Ryvarden, 1986).

b) *Ganoderma curtisii* (Berk.) Murril

Su basidioma de color piloso, la laca que desaparece con gran facilidad. Habita en forma solitaria o gregaria; en bosques de Pinus-Quercus como parásito de las raíces, mesófitos sobre madera, o comúnmente sobre suelo, a una altitud de 1600-2170 m.s.n.m. Su distribución recorre África, China, Japón, México y Estados Unidos.

En México, es una especie común y abundante registrada en casi toda la república, en los bosques de roble y pino-encino, pero también se encontró en bosques subtropicales con roble. Muestra una gran plasticidad morfológica siendo entre las especies la que mayor variación macromorfológica tiene; aunque aún se desconoce cuáles son los factores que la ocasionan o si toda esta variación incorpora una misma especie. Torres-Torres y Guzmán-Dávalos (2005) discutieron la variación morfológica de *G. curtisii* en especímenes mexicanos. La especie fue descrita con células de la cutícula en forma de club y este concepto es el mismo usado por muchos autores; sin embargo, se encontró una gran variabilidad en el número de protuberancias en las células de la cutícula.

c) *Ganoderma subamboinenses*

Es un hongo de gran tamaño, satinado al exterior y con textura leñosa, con un contexto espeso, duro y fibroso. Crece principalmente en época de lluvias, pudiéndose encontrar en maderas duras unido a tocones o raíces enterradas, principalmente arboles de roble. La coloración superior del cuerpo fructífero se puede encontrar con tonalidades marrón claro y amarillo opaco, distribuidas en anillos concéntricos, siendo el último anillo exterior de color blanco, laqueados. Produce clamidosporas, contenidas en la parte inferior del sombrero.

1.3.1 Distribución de *Ganoderma* en México:

Ganoderma se encuentra ampliamente distribuido en el área central del país al crecer de manera silvestre, esto por su gran variedad de climas y tipos de vegetación haciéndose notar en cuanto a diversidad y endemismos (al converger las regiones neotropical y nearctica) contando con una amplia variedad de hongos comestibles, funcionales y medicinales (Tabla 1).

Tabla 1. Registro de las especies de *Ganoderma* en México (1851-1988).

Especie	Autor	Estado
<i>Ganoderma applanatum</i> (Pers. Ex Mallr)	Guzmán (1963)	Estado de México
	García <i>et al.</i> (1998)	Nuevo león
<i>Ganoderma brownii</i> (murr) gilg.	Castillo <i>et al.</i> (1969)	Nuevo león

	Castillo y Guzmán (1970)	
<i>Ganoderma curtisii</i> (Berk.)Murr	Fries (1851)	Baja California Sur
	Murill (1908)	Guerrero
	Guzmán(1963)	Morelos
	Castillo <i>et al</i> (1969)	Nuevo león
	Castillo y Guzmán (1970)	Oaxaca
		Veracruz
<i>Ganoderma lobatum</i> (Schw.) atk	Welden y Lemke (1961)	Hidalgo
	Guzman (1963)	Nuevo león
	Castillo <i>et al.</i> (1969)	Veracruz
	Castillo y Guzmán (1970)	
<i>Ganoderma lucidum</i> (Leys.: fr) karst.	Welden y lemke (1961)	Chiapas
	Castillo <i>et al.</i> (1969)	Colima
	Castillo y Guzmán (1969)	Distrito Federal
	Murill (1912-1917)	Guanajuato
	Guzmán (1963)	Guerrero
		Jalisco
		Morelos
		Nuevo león
		Oaxaca
		San Luis Potosí
		Tabasco
		Querétaro
<i>Ganoderma oregonensis</i> (Murr.)	Guzmán (1963)	Quintana Roo
<i>Ganoderma sessiliforme</i> (Murr)	Murill (1912-1917)	Morelos
<i>Ganoderma subincrustatum</i> (Murr)	Murill (1908)	Morelos
		Colima

1.4 Importancia médica y económica de producción del género *Ganoderma*:

El género *Ganoderma* es uno de los basidiomicetos más ampliamente estudiados. El conocimiento generado en algunas culturas asiáticas como la china, japonesa y coreana sobre los hongos del género *Ganoderma*, permitió acumular evidencias sobre sus potenciales beneficios a la salud y se cree que el consumo regular de extractos de estos hongos preserva la vitalidad humana y promueve la longevidad (Chang y Buswell, 2003; (Hsieh y Yang, 2004), Wachtel-Galor y col., 2003).

Las propiedades medicinales de los hongos cultivados se han confirmado no solo en los esporocarpos y sus estructuras reproductoras, sino también en el micelio.

En el género *Ganoderma* se han descrito, aislado y purificado varios compuestos bioactivos tales como polisacáridos, titerpenos y titerpenoides. Dichos compuestos tienen efectos tipo inmunomodulatorios, antiaterosclerótico, antiinflamatoria, analgésico, quimiopreventivo, antibacteriano, antiviral (incluyendo anti-VIH), hipolipidémico, antifibrótico, hepatoprotector, antidiabéticos, antiandrogénico y antiangiogénico (Trigos y Medellín, 2011); en donde los principales responsables de sus principales efectos son los polisacáridos del tipo β -glucanos, y los titerpenoides (Lindequist, 1995). Estos compuestos tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de células cancerígenas *in vitro*, así como la actividad antiviral. Estos compuestos bioactivos pueden ser utilizados como materia prima para el desarrollo de novedosos agentes terapéuticos para el tratamiento de diversas enfermedades (Mizuno et al., 1995).

El fruto de las especies de *Ganoderma* es extremadamente amargo, una característica que no se encuentra en ningún otro hongo. Estos componentes amargos y compuestos relacionados son los titerpenos, compuestos altamente oxidados, aislados por primera vez por Kubota y col. (1982). Estos compuestos tienen acción antialérgica (Shiao, 1988), antihipertensiva (Morigiwa y col., 1986), anti-inflamatoria (Mizuno, 1988, Stavinoha, 1995, Ko, 2008), citotóxica, hepatoprotectora e hipolipidémica.

G. lucidum es una de las especies más sujeta a investigación, antiguamente se le ha conocido como " el hongo de la inmortalidad ", posee actividades antitumorales, inmunomoduladoras e inmunoterapéuticas, apoyado por varios estudios en polisacáridos, terpenos y otros compuestos bioactivos aislados del basidiocarpo y el micelio del hongo (Paterson, 2006); estos contienen aproximadamente 400 diferentes compuestos bioactivos, que incluyen principalmente titerpenoides, polisacáridos, esteroides, esteroides, ácidos grasos y proteínas (Sanodiya, 2009).

Esas sustancias pueden ser utilizadas como materia prima para el desarrollo de agentes terapéuticos químicos en el tratamiento contra el cáncer u otras enfermedades (Mizuno *et al.*, 1995). Por esta razón, todas las partes del hongo son investigadas con propósitos farmacéuticos, ya sea en extractos líquidos o concentrado, o también pulverizados (Smith *et al.*, 2002).

Los efectos anticancerígenos de *G. lucidum* se asociaron con terpenos (Min y cols., 2000, Dzubak y cols., 2006), polisacáridos (Miyazaki y Nishijima, 1981; Sone y cols., 1985; Shao y cols., 2004; Lin, 2005; Kuo y cols., 2006; Gao y cols., 2003) o proteínas inmunomoduladoras (Lin y cols., 1997), a través de mecanismos que involucran la inhibición de la DNA polimerasa (Mizushima y cols., 1998).

Entre los reportes realizados, Morigiwa y Cols (1986) demostraron que el extracto metanólico al 70 % de *G. lucidum* inhibía la enzima convertidora de angiotensina. Esto limitaría la presión sanguínea al bloquear el sistema renina-angiotensina. Diversos extractos acuosos son usados en la medicina tradicional y se han reconocido por ser eficaces en el tratamiento de varias enfermedades. En el extracto acuoso de *G. lucidum*, considerado como el principal responsable de su actividad antioxidante, se ha detectado la presencia de un péptido (GLP), el cual juega un papel importante en la inhibición de la peroxidación de lípidos en sistemas biológicos, debido a sus actividades como antioxidante, quelante de metales y en la captura de radicales libres (Sun *et al.*, 2004).

Heleno *et al.* (2012) reportan una alta actividad antioxidante de extractos fenólicos y de polisacáridos obtenidos de cuerpos fructíferos, esporas y micelio de *G. lucidum*. Si tomamos en cuenta que los compuestos antioxidantes tienen una gran cantidad de usos en la industria como conservadores de alimentos o en la industria cosmética, lo que nos indica que estos hongos tienen un papel prometedor, al ser fuente de diversos antioxidantes naturales (Finley *et al.*, 2011).

En investigaciones realizadas en ratas, Stavinoha y cols. (1991; 1995) encontraron que *G. lucidum* es un potente agente anti-inflamatorio. El extracto acuoso del fruto fue efectivo contra la inflamación inducida. El extracto de acetato de etilo fue firme como agente anti-inflamatorio tanto tópica como oralmente. Posteriormente, el compuesto activo fue aislado e identificado. Este compuesto es equivalente en actividad antiinflamatoria a la hidrocortisona.

A pesar de que *G. lucidum* ha sido utilizada empleando infusiones con efectos benéficos para la salud, ha destacado por su alto contenido de compuestos bioactivos que son ampliamente utilizados en la elaboración de suplementos alimenticios, aunque no a partir de sus basidiomas ya que tienen consistencia semejante al corcho, si no a partir de diversos extractos obtenidos con diferentes solventes (Wasser y Weis, 1999 a,b; Wasser, 2002, 2005) Estos extractos aportan la materia prima básica para la elaboración de suplementos alimenticios, dietéticos, extractos acuosos y alcohólicos, extractos purificados, capsulas, tabletas y bebidas funcionales (café, té), disponiendo de una amplia gama de productos de hongos en el mercado con propósitos terapéuticos y de prevención a enfermedades cuya demanda crece rápidamente.

Como se ha mostrado los hongos medicinales tienen un alto valor económico debido a sus propiedades funcionales que demuestran ser benéficos en la salud como un tratamiento o una prevención.

El consumo de suplementos hechos a base de hongos de *Ganoderma*, se incrementa anualmente a nivel mundial, tan solo el mercado de *G. lucidum* en 2003, era de 2.5 billones de dólares. La industria del cultivo de estos hongos va en aumento tanto en Asia como en otras partes del mundo (Wang *et al.* 2012). El volumen de producción de hongos en México se estima en 38,708 toneladas anuales, lo que representa una notable ventaja económica.

2. ANTECEDENTES:

2.1 Métodos de cultivo utilizados para la producción de hongos del género *Ganoderma*.

El especial interés para la obtención de las propiedades medicinales de las especies de *Ganoderma*, conllevó a realizar diferentes formas de producción que aumentaran en masa. El cultivo de *Ganoderma* se ha extendido por años en varios países asiáticos a lo largo de los años, iniciando en 1937. Pero no fue hasta 1970 cuando se produjo de manera exitosa el primer cultivo artificial (producción en masa), el cual fue llevado a cabo por Y. Naoi sobre sustratos sólidos utilizando técnicas basadas en recipientes (bolsas, botellas) con aserrín., haciendo que los procesos se desarrollen rápidamente hasta entonces (Mizuno, 1997).

Inicialmente se manejaba el método tradicional, el cual consiste en inocular troncos de maderas, el proceso se inicia con el cultivo de una alta cepa del hongo en tubos de calidad de prueba de unos 85 días. Luego de germinar los hongos se inserta en los seleccionados agujeros perforados en troncos cuyas edades fluctúan entre 26 a 30 años de edad, los cuales son puestos en un invernadero sobre el suelo o son enterrados (por 5 meses) en la superficie de algún lugar húmedo y convenientemente ser cubiertos por malla para reducir las exposiciones a la luz y la evaporación, haciendo que estos organismos crezcan de forma natural, permitiendo la formación de basidiomas con aspecto natural, sin embargo está limitada a lugares muy húmedos (Stamets, 1993). El invernadero se rocía a diario para mantener una humedad de 90 a 95%; el dióxido de carbono, la intensidad de la luz y los nutrientes están estrechamente monitoreados para mantener condiciones óptimas de crecimiento. Este tipo de cultivos fueron adoptados por los cultivadores para su posterior producción comercial, llevándose a cabo tanto sobre madera leñosa o tocones de árboles, así como en mezclas de aserrín. La ventaja de esta técnica de cultivo es el tiempo de producción que es corto y los rendimientos son altos, además de esto los sustratos pueden ser modificados para obtener mejores resultados (Soto-Velazco *et al.*, 2002). El fin de llevarse a cabo en medios sólidos es la obtención de los cuerpos fructíferos de los cuales se comercializan las esporas radicando su importancia en sus compuestos bioactivos que muestran actividades antitumorales y antienvjecimiento. El cultivo de hongos medicinales comprende o consiste en una serie de pasos, estos son: 1) elaboración del inóculo, 2) siembra 3) formación del primordio 4) desarrollo del cuerpo fructífero 5) cosecha (Chen y Yu, 1999; Stamets, 1993).

Lo que se busca en un cultivo es obtener altos rendimientos, que están estrechamente relacionados con diferentes factores que resultan ser claves para su desarrollo, como son:

- Alimento (nutrientes): proporcionado por el sustrato adecuado
- Humedad/pH: proporcionado por el agua y el ambiente
- Temperatura: controlada por el sustrato y el ambiente, la sensibilidad a la temperatura no solo varía entre especies de hongos, sino también en etapas de crecimiento de las mismas, el rango de temperatura de 24°-28°C.
- Oxígeno: proporcionado por el aire (ventilación), demandando diferentes niveles de O₂ y CO₂ según el estado fisiológico en el que se encuentren, sus concentraciones pueden estimular o inhibir el crecimiento micelial, fructificación, entre otros (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de crecimiento de *Ganoderma*.

Fase	Temperatura (°C)	Humedad (% R.H.)	Luz (lux)	CO ₂ (%)	O ₂ (ventilación)	Duración
Colonización del micelio	25-30° o menor a (20)	60-70%	Ninguna	Tolerable/ Alta conc.	0-1 intercambio	Hasta 2 meses
Aparición de primordios	25-30° o menor (20): mas gruesos	90-95%	100-200	0.1-1% o menor	O ₂ es positivo	50-69 días después de la inoculación
Desarrollo de estípite	25-30° o menor (20): mas gruesos	70-80% o mayor	150-200	0.1-1% alta conc. (ramificación)	Baja	10-14 días en desarrollo
Diferenciación del píleo	25-30° o menor (20): más gruesos	85-95%	150-200 12 hr (on/off)	<0.1%	Circulación de aire a baja conc.	25 días o más desde primordio hasta cosecha
Desarrollo posterior del píleo		85% 50-60%	Incubación adicional después de la maduración del píleo			7-10 días

*Temperatura establecida a 28°C, la temperatura real puede ser 2-3°C más alta (calor generado por la respiración masiva del micelio). (Chen, 1999; Stamets, 2000).

Con el fin de desarrollar los métodos adecuados para su cultivo (Soto-Velazco *et al.*, 2002), se ha trabajado el cultivo de *Ganoderma* sobre diferentes sustratos (Tabla 3):

Tabla 3. Sustratos utilizados para el cultivo de *Ganoderma*.

SUTRATOS	E.B (%)	AUTOR
Primer cultivo artificial (tronco de chopo)	22	(Singh y cols., 2014).
Aserrín de madera dura con virutas de madera 50:50 1er producción		(Stamets, 1993).
Bagazo de caña de azúcar	80+/-15	(Manavalan <i>et al.</i> (2012)
Residuos de soya		(Hsieh y Yang, 2004).
Cascaras de semilla de girasol, malta	7.6-10	(González Matute y cols., 2002).
Residuos de pescado, turba de coco, virutas de madera, bagazo de caña de azúcar.	12.95	(Lakshmi, 2013)
Aserrín y Residuos de fabricación de té	16.6-34.9	(Peksen y Yakupoglu, 2009).
Aserrín y cereales Diferentes tipos de serrín (chopo, haya, carpe, roble)	20.85 18.68 3,4± 0.2 13.5-18.6	(Erkel, 2009 a; Azizi y cols., 2012; Jo y cols., 2013).
Serrín de <i>Dalbergia sissoo</i> , serrín de mango, serrín de chopo, salvado de trigo, salvado de arroz, harina de maíz.	58.57	Mehta y cols., 2014
Serrín de <i>Alnus nepalensis</i> , <i>Shorea robusta</i> , <i>Dalbergia sisoo</i> , salvado de arroz, salvado de trigo, harina de maíz, harina de garbanzo.	22.62	Gurung y cols., 2012.
Paja de arroz, cascara de arroz, salvado de arroz	13.8	Potemsky y cols., 2014
Paja de avena, paja de frijol, pasto de <i>Brachiaria</i> y de <i>Tifton</i> , serrín de <i>Eucalytus</i> , salvado de trigo.	6.7	Carvalho y cols., 2015
Serrín de tallos de <i>Acacia confusa</i> , vinaza de grano, salvado de trigo.	5.36	Yang y cols., 2003.

Tello (2010) realizó un cultivo en sustrato sólido, utilizando la formulación COLPOS-17 con una temperatura máxima promedio de 23°C y una mínima de 14°C con 68.5 % de humedad observando aparición temprana de primordios diciendo que esta es la mejor por este antecedente ocupamos COLPOS-17.

Olmedo (2014) realizó cultivo utilizando la formulación COLPOS-17 para la etapa de fructificación la formulación COLPOS-17 reportando una fructificación temprana.

2.2 Residuos agroforestales y agroindustriales como alternativa para la producción de hongos.

Los hongos al no crecer directamente en el suelo, sino en sustratos ricos de compuestos orgánicos, crudos o compostados, tales como la madera o paja, los cuales son llamados subproductos agroindustriales, generalmente son inútiles, pero pueden ser reciclados para producir un alimento adicional o un producto con propiedades medicinales. Estos residuos son ricos en lignocelulosa, y son considerandos una materia prima renovable y muy abundante, por lo que existen grandes posibilidades de ser aprovechada en procesos biotecnológicos (Webb *et al.*, 2004). Un ejemplo de esto es en el cultivo de hongos, el cual se ha convertido en una herramienta biotecnológica que les agrega valor a los residuos lignocelulósicos en donde a partir de ellos pueden ser transformados y posteriormente utilizados en fermentaciones sólidas para la producción de distintas especies de hongos tanto medicinales como comestibles. Ya sea en cultivos de pequeña o gran escala, resulta un efectivo y corto proceso de aprovechamiento que ocupa la capacidad de degradación de los hongos (Chiu y Moore, 2001). A nivel mundial se generan anualmente millones de toneladas de residuos agroindustriales, los cuales no son aprovechados y por el contrario, una gran cantidad son incinerados y llevados a vertederos donde causan contaminación ambiental (Hsieh y Yang, 2004). México cuenta con una gran producción de residuos, se producen más de 474,000 toneladas de subproductos agrícolas, forestales y agroindustriales Martínez *et al.*, (2006). Los materiales que se utilizan en la preparación del sustrato para el cultivo de hongos, comúnmente son residuos que se obtienen de la agroindustria como pajas de cereales, aserrín, papeles, cartones, etc., y de la crianza de animales como estiércoles de caballo, pollos, conejos, entre otros.

El cultivo sólido presenta ventajas, entre ellas la factibilidad de utilizar residuos tanto del tipo agroindustriales como agroforestales los cuales son abundantes y de bajo costo. Estos residuos contienen importantes cantidades de celulosa y lignina los cuales son aprovechados como fuente de carbono y nitrógeno.

Se llama residuo agroindustrial al material o elemento que después de haber sido producido, manipulado o usado a nivel agroindustrial no tiene valor para quien lo posee y por lo general se desecha no adecuadamente generando contaminación en el ecosistema (Atlas y Bartha, 2002). Proveen las fuentes de carbono, nitrógeno, azufre, y fósforo necesarias para el desarrollo adecuado de la biomasa fúngica (Madigan y colaboradores, 1997), por lo cual para la optimización de cultivo se han realizado amplias investigaciones acerca de diferentes mezclas acerca de diferentes mezclas de estos residuos con el fin de incrementar la producción (Stamets, 2003). Los residuos agroforestales más sin embargo son subproductos como la cascarilla de arroz, aserrín, que no tienen valor comercial y no tienen una correcta disposición final.

Ganoderma al ser un descomponedor primario, tiene la habilidad de colonizar el rastrojo y degradar la lignina, hemicelulosa y celulosa contenida en el sustrato. No necesita de ningún proceso de adecuación previo al cultivo, como sucede en el cultivo tradicional de champiñones. Para esto es necesario que los subproductos formulados se sometan a un proceso de degradación biológica denominado compostaje, durante el cual el material del sustrato es modificado de manera de proveer sustratos fácilmente asimilables para soportar el crecimiento del micelio fúngico. El sustrato es un material lignocelulósico que está constituido por tres componentes: celulosa, lignina y hemicelulosa, su composición y las proporciones de estos tres compuestos varían.

Este tipo de hongos secretan un amplio grupo de enzimas capaces de modificar los carbohidratos y la lignina presente (Martínez *et al.*, 2005). La degradación de la lignina es un punto clave en la descomposición de la lignocelulosa, en este proceso intervienen enzimas hidrolíticas y oxidativas, de manera específica los hongos de pudrición blanca excretan tres principales enzimas las cuales son: lignina peroxidasa, manganeso peroxidasa y lacasa.

Estas enzimas participan de manera directa o indirectamente en la degradación de la lignina, estas son indispensables para que los organismos realicen una bioconversión eficiente de los residuos (Kersten y Cullen, 2007), siendo así una ventaja biotecnológica para la producción de hongos, partiendo de diferente materia prima y a bajo costo.

3. JUSTIFICACIÓN:

La producción de hongos es una alternativa que ha tomado importancia para satisfacer las necesidades alimenticias de la población, además, utiliza residuos tanto agroindustriales como agroforestales, que son generados en la mayoría de los procesos productivos y que sirven como fuente de carbono y nutrientes que estos demandan. El aprovechamiento de estos residuos como sustratos en el cultivo de hongos medicinales, representa una alternativa para bioconvertirse en productos de alto valor agregado, haciendo que su valor en el mercado supere a cualquier otro hongo. Esto constituye una alternativa rentable para la obtención biomasa para la producción de suplementos alimenticios, en especial a las distintas especies de *Ganoderma* como *G. lucidum*, y otras que actualmente se encuentran en investigación, principalmente por sus compuestos bioactivos que han presentado una afinidad en actividades antioxidantes, antiinflamatorias e inmunomoduladoras entre otras.

Un problema que enfrenta la industria productora de hongos son los bajos rendimientos obtenidos por unidades de producción y constantemente se investigan nuevas metodologías para incrementar los rendimientos, por ejemplo, la adición de suplementos a los sustratos, condiciones extremas, competencia por sustratos, condiciones que simulen las condiciones naturales de crecimiento, entre otras. Es por ello que en el presente trabajo se pretende incrementar los rendimientos de la producción de *Ganoderma* spp., al utilizar modificaciones en la fase de fructificación que nos permitan obtener una mayor absorción de nutrientes y este se vea reflejado en los rendimientos obtenidos.

4. OBJETIVOS:

4.1 Objetivo general:

- Producir carpóforos de *Ganoderma* utilizando tres especies sobre sustratos convencionales y modificados, modificando la fase metodológica en el proceso de fructificación.

4.2 Objetivos específicos:

- Generar Unidades de Producción de *Ganoderma curtisii*, *Ganoderma lucidum* y *Ganoderma subamboinenses* utilizando sustratos convencionales y modificados para la incubación.
- Modificar la fase de fructificación de las Unidades de Producción utilizando sustratos orgánicos (composta) como base para la producción de carpóforos de *Ganoderma* spp.
- Registrar las características morfológicas de las tres cepas cultivadas.
- Evaluar las eficiencias biológicas y rendimientos de *Ganoderma* spp.

5. HIPÓTESIS:

El uso de materia orgánica presente en suelo (composta) es un factor que influye en los rendimientos obtenidos del cultivo de *Ganoderma* spp., crecidas previamente sobre sustratos convencionales y modificados.

6. MATERIALES Y MÉTODOS:

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Micología del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

6.1 Material biológico:

Se utilizaron las cepas CP-388, CP-145, y una cepa comercial (CP-USA) depositadas en el Cepario de Micología UAEMor-COBIOCH y son mantenidas en medio de cultivo PDA a 28°C±2°C. El origen de estas cepas tanto CP-388 corresponde a *Ganoderma subambionenses*, como CP-145 corresponde a *Ganoderma curtisii*, son cepas que crecen originalmente en Morelos, y la CP-USA corresponde a *Ganoderma lucidum*.

6.2 Elaboración de formulaciones:

6.2.1 Formulación COLPOS-17:

Para el cultivo de los cuerpos fructíferos de *Ganoderma* se utilizó la formulación COLPOS-17. Su composición de la formulación se preparó de acuerdo a Morales *et al.*, (2010). Bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) 1.280 Kg; Salvado de trigo 2.970 Kg; aserrín de encino (*Quercus acutifolia Neé*), 6.430 Kg; aserrín de Bursera (*Bursera simaruba (L.) Sarg.*) 1.230 Kg; olote de Maíz (*Zea mays L.*) 2.720 Kg; Cal Ca (OH)₂ 0.450 g; yeso CaSO₄ 1.800 g; agua 26.0 L; pH inicial 6.4 ±0.18; H (contenido de humedad) 56.77 %.

6.2.2 Encino:

Para la obtención de los cuerpos fructíferos de *Ganoderma* spp. , se utilizó el sustrato encino, el cual se hidrato con agua (650 ml de agua por cada kilo de encino).

6.3 Realización de tratamientos de las cepas CP-USA (*Ganoderma lucidum*) CP-145 (*Ganoderma curtisii*), CP-388 (*Ganoderma subambionenses*) sobre COLPOS-17.

En la tabla 4 se presentan los tratamientos utilizados para el cultivo de tres especies de *Ganoderma*. Para el tratamiento 1 (COLPOS-17) la inoculación se realizó dispersando el inóculo alrededor del sustrato sin mezclar completamente el sustrato, tratando de homogenizar solo el inóculo, para el tratamiento 2 (capas), la inoculación se realizó colocando inóculo en cada capa de los sustratos utilizados y en el tratamiento 3 (mezclas) el inóculo se homogenizó dispersándolo homogéneamente sobre el sustrato.

Tabla 4. Realización de tratamientos T1, T2, T3 sobre COLPOS-17 para las cepas CP-USA (*G. lucidum*), CP-145 (*G. curtisii*), CP-388 (*G. subamboinenses*).

Cepas	Tratamiento	Simbología	Sustrato
(CP-USA, CP-388, CP-145)	Tratamiento 1	T1	COLPOS-17
(CP-USA, CP-388, CP-145)	Tratamiento 2	T2	COLPOS 17 + composta dispuesto en capas
(CP-USA, CP-388, CP-145)	Tratamiento 3	T3	COLPOS-17 + composta mezclados homogéneamente

6.4 Medios requeridos para el crecimiento de la cepa:

6.4.1 Medio de cultivo extracto de malta agar enriquecido con cereal (EMA):

El medio de cultivo extracto de malta agar, se compone de lo siguiente 9 g/ml de medio de cultivo extracto de malta (BIOXON, México), 4.8 g/ml de agar-agar (BIOXON, México), cereal al 2 %, 6 g/ml; aforándose a 300 ml de agua destilada. La solución se esterilizó en autoclave por 25 min a 121 °C. Posteriormente se vertió las cajas petri con el medio de cultivo incubándose durante 48 horas a 30°C, antes de utilizarse confirmando la ausencia de contaminante y luego ser inoculadas con sus respectivas cepas.

6.5 Producción de inóculo “semilla”:

6.5.1 Hidratación del trigo:

Para preparar la semilla, los granos de trigo se hirvieron en agua por 10 minutos hasta notar una hidratación sin que se rompan. Posteriormente se dejaron en reposo por unos 10 minutos para luego ser sacados del agua y ser distribuidos en una mesa con franela y así eliminar el exceso tanto de humedad como de calor; una vez esto, se agregaron 4 gramos de cal y 12 gramos de yeso por cada kilogramo de trigo en peso seco y se homogenizaron en una tina perfectamente.

6.5.2 Esterilización:

Al terminar se vertieron en frascos de vidrio con aprox. 250 gramos de trigo, para así ser esterilizados en autoclave a una temperatura de 121°C por dos horas y media. Al terminar se dejaron enfriar a temperatura ambiente antes de ser inoculados.

6.5.3 Inoculación de los granos estériles:

La Inoculación de la semilla consta de tres pasos (Tello I. 2010), el primero se hace crecer el hongo con medio BFS+B en cajas Petri y se encuba por 5 días a una temperatura de 27°C +/- 3°C, en el segundo paso es la elaboración de la siembra máster el cual consiste en un cultivo micelial que se hace crecer en frascos de vidrio con aproximadamente 200 g de granos de trigo estéril previamente preparado encubándose por nueve días a 27°C +/- 3°C, el tercer paso es la elaboración de la siembra f1 que se lleva a cabo con los granos cubiertos ya de micelio del cultivo máster, los cuales se distribuyen en bolsas de poli papel con trigo estéril previamente preparado, se encuban hasta que el micelio haya cubierto el 100% del trigo.

6.5.4 Master:

Para su obtención lo primero fue hacer crecer el hongo en cajas de Petri sobre el medio de cultivo EMA enriquecido con cereal al 2% e incubándose por 19 días a 27 +/- 2°. Una vez transcurrido la colonización micelial, el segundo paso fue inocular los granos de trigo estéril bajo condiciones asépticas e incubándolos a la misma temperatura, hasta que los granos de trigo tuvieran la colonización completa por parte del micelio; a este proceso se le llama cultivo maestro o master, o semilla. (Vázquez *et al.*, 2015).

6.5.5 F1:

Una vez obtenido el master se preparó nuevamente los granos de trigo, como se indica en el apartado anterior; en bolsas de polipropileno se llenaron 250 gramos de grano y se esterilizo en una olla de presión a 121 °C ó 15 libras/pulg, durante 1 1/2 horas, este se enfrió a temperatura ambiente, para posteriormente ser inoculado en condiciones asépticas en una campana de flujo laminar con una porción de cultivo master 15 %, esta filial se incubaba a una temperatura de 27 °C+/- 2 °C, sin moverlas hasta que el micelio cubriera al 100 % todos los granos; a este cultivo se le llamo F1.

6.6 Preparación de las UP's:

6.6.1 Inoculación de las Unidades de Producción “UP's”:

En esta etapa del proceso una vez que las bolsas con inóculo F1 obtuvieron las características deseadas como son la colonización total de los granos por el hongo, tener forma algodonosa blanquecina y no presentar olor desagradables consecuencia de contaminación; se inocularon bolsas con 1 kg de sustrato de residuo estéril (COLPOS-17) y otras bolsas con 1400 kg de encino; se les agrego trigo con F1 y se dispersó por toda la bolsa de polipropileno de 13.5 x 80 cm con filtro (Unicorn Imp. E.U.A) de manera uniforme, de tal manera que los granos de trigo quedaron dispersos por todo el sustrato. Estas se sellaron con un sellador termoeléctrico para evitar la entrada de contaminantes externos. A este proceso de las bolsas inoculadas se les llaman unidades de producción UP's.

6.6.2 Incubación de las Unidades de Producción “UP's”:

Se incubaron en un cuarto con ciclos de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad con una temperatura promedio de 27 ± 2 °C hasta que se observó la colonización completa del sustrato y la presencia de primordios sobre el mismo.

6.6.3 Fructificación de las Unidades de Producción “UP’s”:

Una vez transcurrido el tiempo de incubación, las unidades de producción se transfirieron al módulo de fructificación. La parte superior de la bolsa fue abierta con ayuda de tijeras, para la aireación manteniéndolas con un rango de temperatura de 25 +/- 2 °C, con una humedad relativa 80 - 90 %, luz diurna indirecta hasta que los cuerpos fructíferos alcancen el estadio adulto.

6.6.4 Modificación de la fase de fructificación de las Unidades de Producción UP’s sobre encino utilizando composta:

Para las UP’s sobre encino, se retiraron por completo las bolsas con ayuda de una tijera y fueron enterradas un 75% cada una en composta previamente humedecida dispuestas en cajas y cubiertas con malla para evitar la evaporación manteniéndolas con un rango de temperatura máxima de 29°C y una mínima de 21°C, con una humedad relativa 85-96%, luz diurna hasta que los cuerpos fructíferos alcancen el estadio adulto.

6.6.5 Cosecha:

El tiempo de cosecha está usualmente indicado por la ausencia del borde blanquecino, en donde tienden a acumularse las esporas (sombbrero). Con ayuda de una navaja se cortara todo el cuerpo fructífero con la base completa, se colocara en una hoja de papel encerado cortado. Se apuntara la cepa correspondiente, la fecha de corte, el peso fresco de cada cuerpo fructífero cosechado por unidad de producción en una balanza analítica, así como también se describieron las características las características macroscópicas como tipo de crecimiento, largo y ancho del píleo, ausencia o presencia de laca; largo y ancho del estípite, color, forma, color del himenio.

7. DIAGRAMA EXPERIMENTAL:

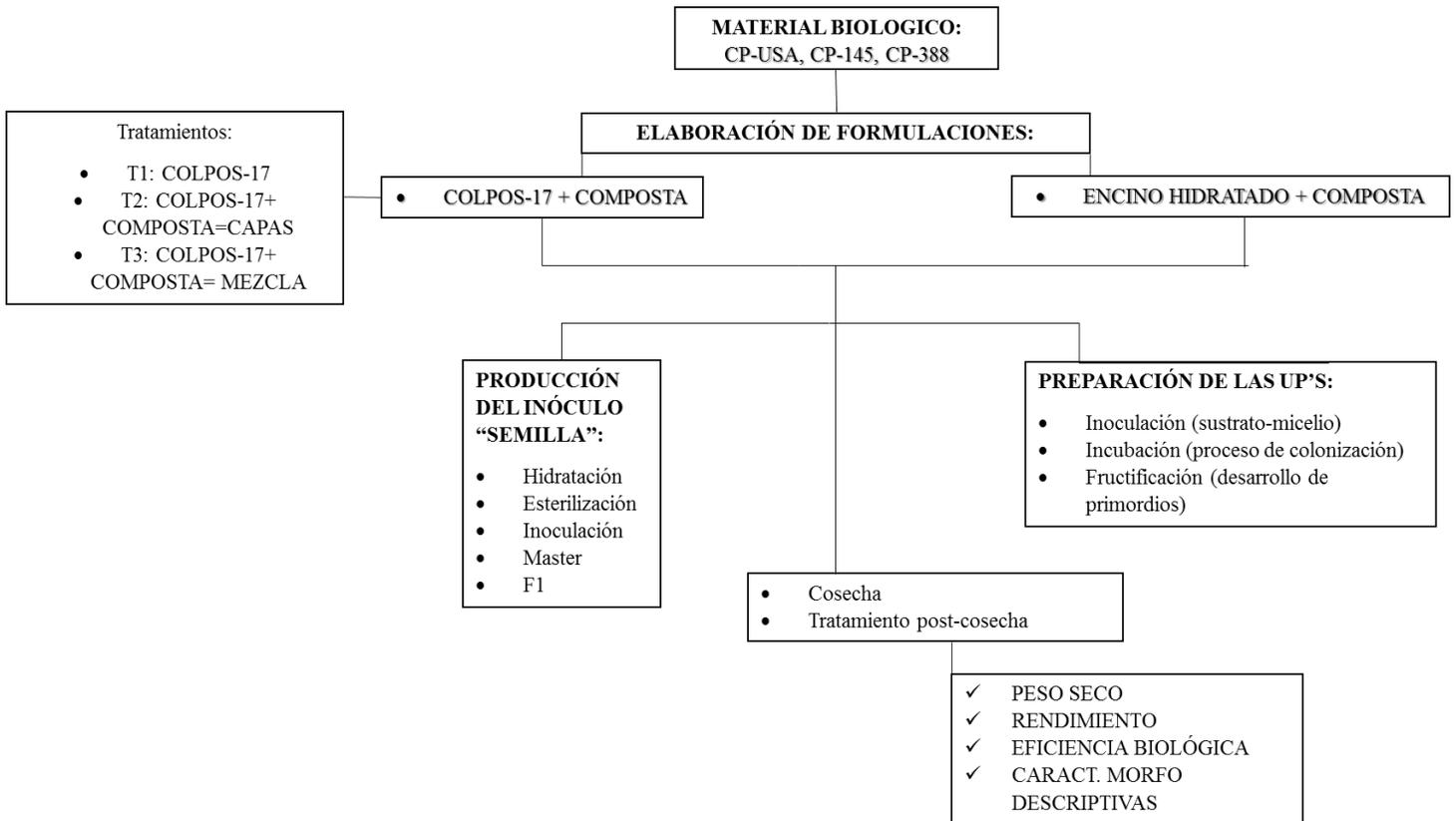


Figura 1. Diagrama experimental.

8. ANÁLISIS DE DATOS:

8.1 Determinación del peso seco del sustrato

Para determinar el contenido de humedad se pesó muestras de peso conocido secadas por 24 horas a 95 °C. Usando la siguiente formula:

$$CH= (PH-PS) / PH * 100$$

Donde; CH= Contenido de humedad (%)

PH= Peso húmedo de la muestra (g)

PS= Peso seco de la muestra (g)

8.2 Determinación de la Eficiencia Biológica (EB):

La eficiencia biológica (EB) permite evaluar la producción; se calculó de acuerdo a Royse (1985), en donde, la eficiencia biológica es el resultado del peso fresco de carpóforos producidos (Pf Cf) entre el peso seco del sustrato utilizado multiplicado por (Ps S) por 100 es decir:

$$EB= (Pf Cf / Ps S) x 100$$

8.3 Determinación del rendimiento::

El rendimiento de los carpóforos se determinó con la siguiente formula, expresada en peso en gramos del cuerpo fructífero por kilogramo de sustrato en peso seco:

$$Y=X/S$$

Es decir, el rendimiento (Y) es el promedio de los cuerpos fructíferos o biomasa (X) de cada unidad de producción multiplicada por 1000 entre el peso seco del sustrato (S) Sánchez y Royse (2001).

9. RESULTADOS.

9.1 Inoculación e incubación de las Unidades de Producción UP's sobre COLPOS-17:

La inoculación del sustrato en los diferentes tratamientos descritos en la sección de materiales y métodos (inciso 6.3) se realizó para las tres cepas de *Ganoderma* con tres repeticiones de cada cepa durante el mes de Noviembre.

Para el tratamiento 1 (COLPOS-17) la inoculación se realizó dispersando el inóculo alrededor del sustrato sin mezclar completamente el sustrato, tratando de homogenizar solo el inóculo, para el tratamiento 2 (capas), la inoculación se realizó colocando inóculo en cada capa del sustrato utilizado y en el tratamiento 3 (mezclas) el inóculo se homogenizó dispersándolo homogéneamente sobre el sustrato. En la etapa de incubación las unidades de producción se mantuvieron a una temperatura de 27 ± 2 °C, con una humedad relativa de 90 a 95% en un cuarto con ciclos de 12 horas luz y 12 horas de obscuridad hasta que se observó la colonización completa del sustrato.

La colonización promedio para las cepas CP-USA (*Ganoderma lucidum*), CP-145 (*Ganoderma curtisii*) y CP-388 (*Ganoderma subamboinenses*) sobre COLPOS-17 fue a los 4-9 días, después de ser inoculadas que se tornaron características morfológicas particulares como micelio abundante en algunas unidades de producción (Figura 2 y 3).

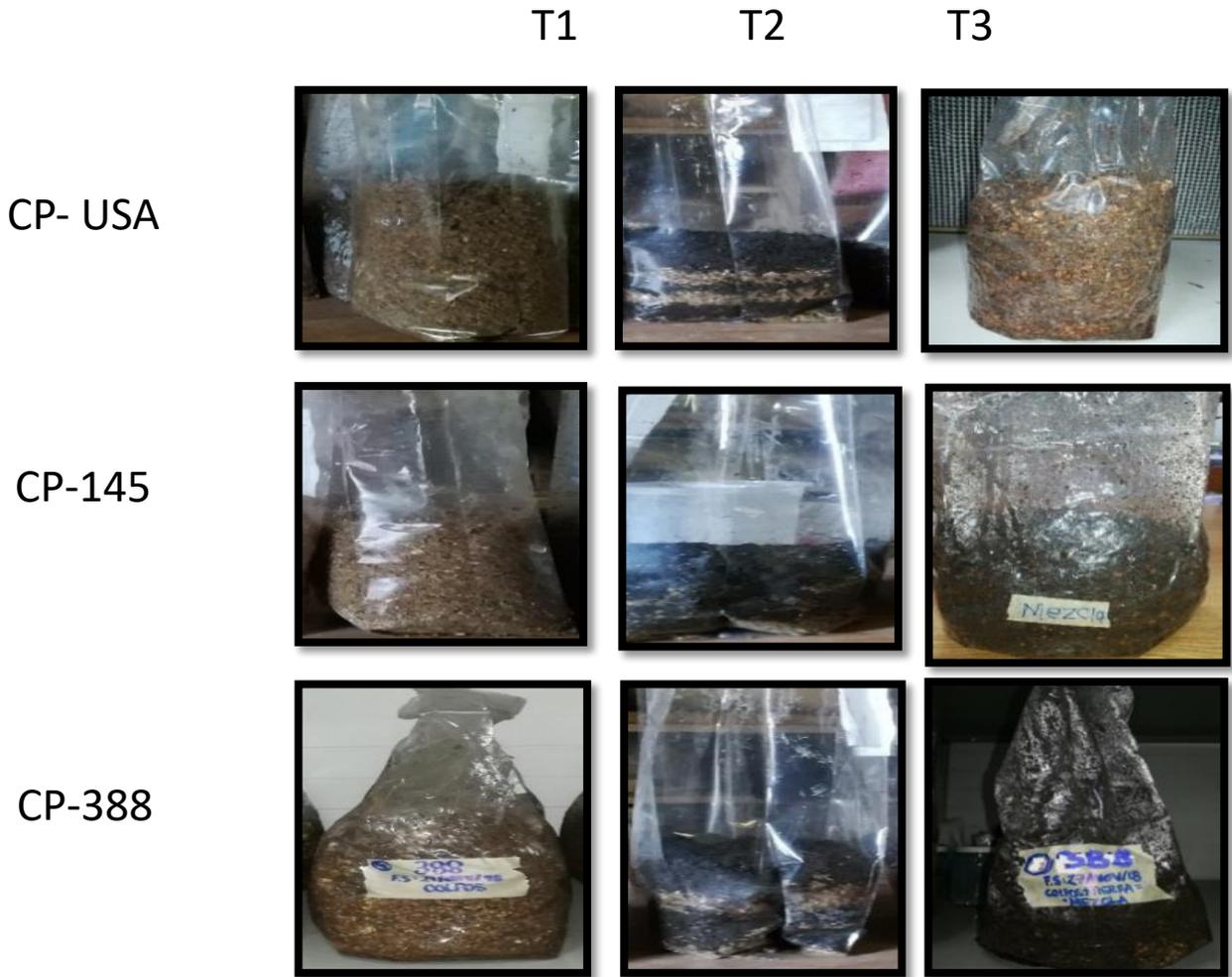


Figura 2. Inoculación de las cepas sobre COLPOS-17: CP-USA (*G. lucidum*) sobre: T1, T2, T3, CP-145 (*G. curtisii*) sobre: T1, T2, T3, CP-388 (*G. subambionenses*) sobre: T1, T2, T3.

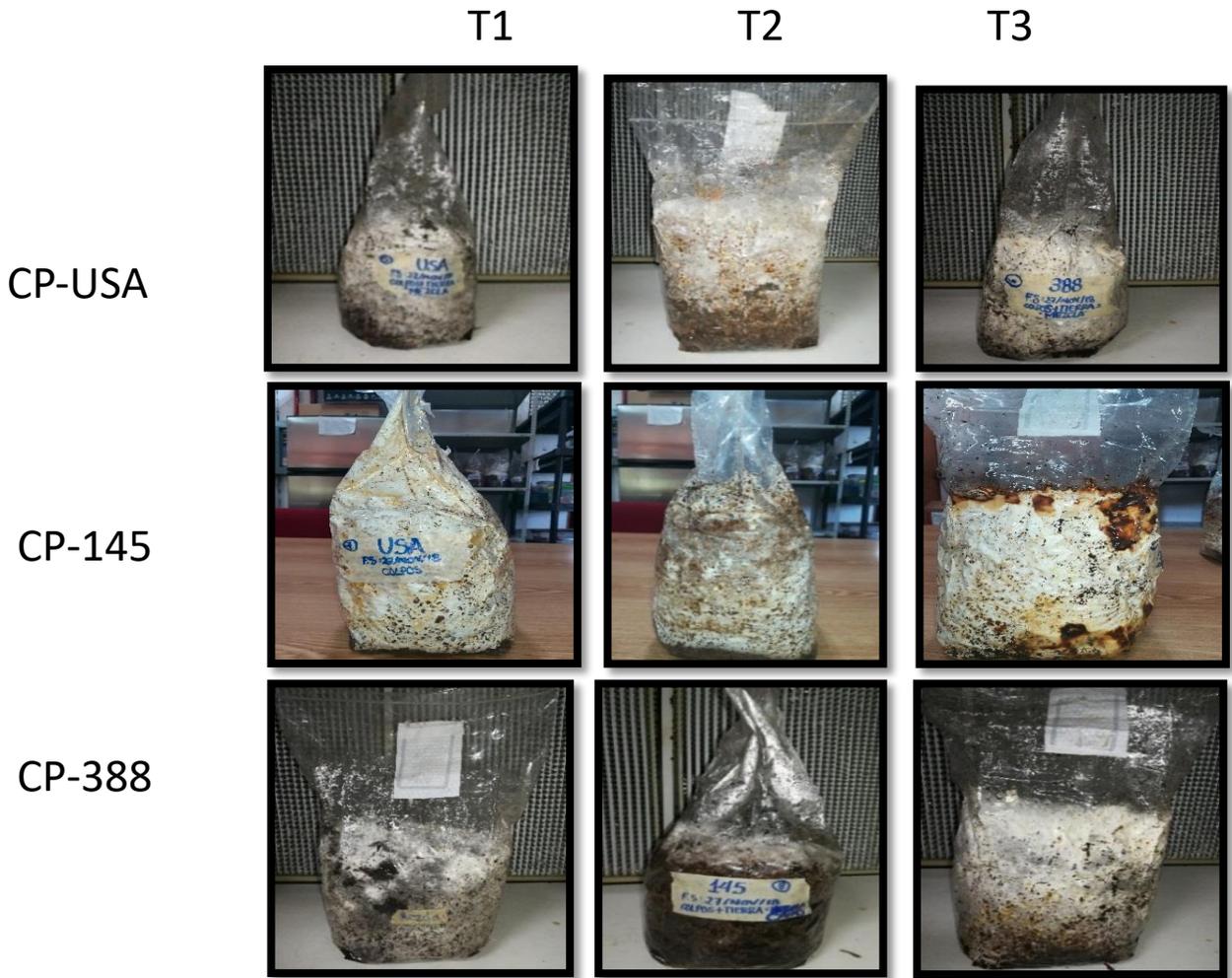


Figura 3. Incubación de las cepas sobre COLPOS-17: CP-USA (*G. lucidum*) sobre: T1, T2, T3 a los 4 días, CP-145 (*G. curtisii*) sobre: T1, T2, T3 a los 9 días, CP-388 (*G. subambionenses*) sobre: T1, T2, T3 a los 4 días.

9.2 Inoculación e incubación de las Unidades de Producción UP's sobre Encino:

Se realizaron cultivos en sustrato sólido de las cepas: CP-USA (*Ganoderma lucidum*), CP-145 (*Ganoderma curtisii*) y CP-388 (*Ganoderma subamboinenses*) sobre encino hidratado (6.2.2), con ocho repeticiones de cada cepa (1 (control) sin composta y 7 enterradas en composta durante los meses de Febrero a Abril. En la etapa de incubación las unidades de producción se mantuvieron a una temperatura de 27 ± 2 °C, con una humedad relativa de 80 a 95% en un cuarto con ciclos de 12 horas luz y 12 horas de obscuridad hasta que hasta que se observó la colonización completa del sustrato; el tiempo promedio de colonización micelial registrado, fue a los 3-15 días que mostro buena adaptación al sustrato al observar peculiaridades en la colonización micelial blanco y abundante (Fig. 4 y 5).

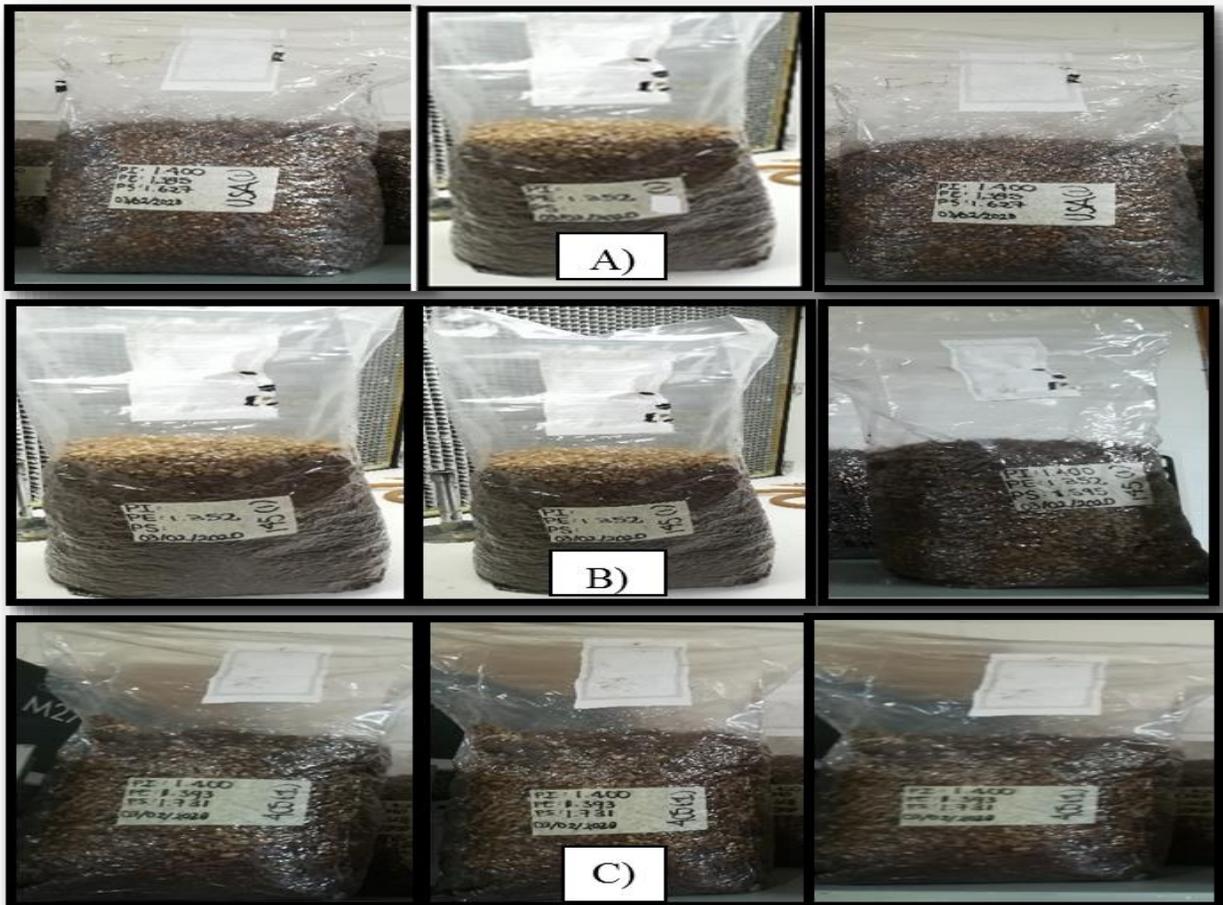


Figura 4. Inoculación de las cepas sobre Encino: A) CP-USA (*G. lucidum*), B) CP-145 (*G. curtisii*), C) CP-388 (*G. subambionenses*).

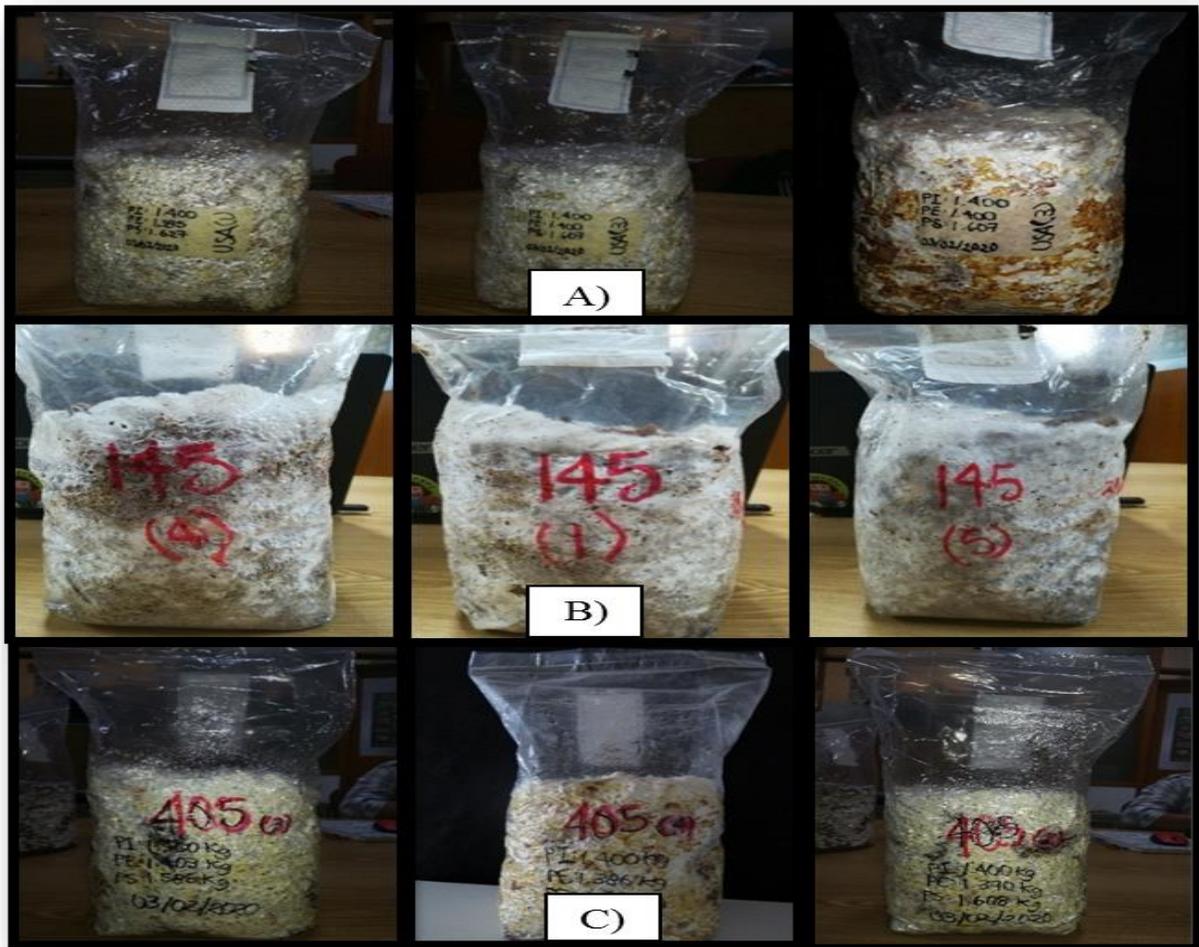


Figura 5. Incubación de la cepas sobre Encino.: A) CP-USA (*G. lucidum*) a los 14 días, B) CP-145 (*G. curtisii*) a los 15 días, C) CP-388 (*G. subambionenses*) a los 2 días.

9.3 Aparición de primordios en las Unidades de Producción UP's sobre COLPOS-17:

Al ser monitoreadas las unidades de producción, se observó la aparición de primordios en las tres cepas en incubación: CP-USA (*Ganoderma lucidum*) a los 50 días, CP-145 (*Ganoderma curtisii*) a los 80 días y la cepa CP-388 (*Ganoderma subamboinenses*) a los 60 días.

Se inocularon en sustrato sólido 9 cepas de *Ganoderma*, de las cuales 2 solamente fructificaron exitosamente CP-USA y CP-388 con el tratamiento 3, tales unidades fueron transferidas al cuarto de fructificación del módulo de producción de hongos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, en donde se les retiró la parte superior e inferior de la bolsa con ayuda de una tijera, manteniendo las condiciones del módulo a una temperatura de 25 +/- 2 °C (sin oscuridad completa), con una humedad relativa de 80-95 %, con riego cada dos días para evitar la deshidratación de los cuerpos. El módulo de fructificación se mantuvo a una temperatura máxima promedio de 19 °C y una mínima de 17°C. Una observación adicional como lo descrito por Tello, I. 2011, fue la inhibición de la fructificación a bajas temperaturas en los meses de invierno. La cepa CP- 145 no llegó a la etapa de primordios y las cepas CP-USA y CP-388 detuvieron el crecimiento de los cuerpos fructíferos ya que las fructificaciones empezaron en el mes de Diciembre. Se realizó una cosecha lo que nos dio un periodo total de cultivo de aproximadamente 75 días (Figura 6). Posterior al corte se describieron los cuerpos fructíferos.

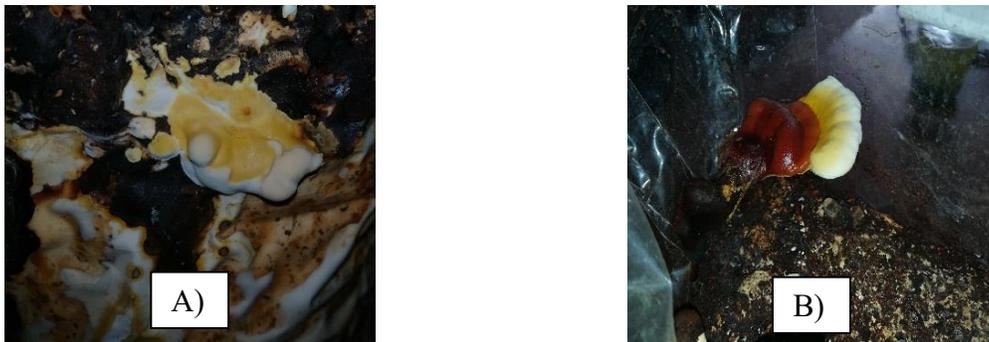


Figura 6. Aparición de primordios de las cepas sobre COLPOS-17: A) CP-USA (*G. lucidum*) a los 50 días sobre T3, B) CP-388 (*G. subambionenses*) a los 60 días sobre T3.

9.4 Aparición de primordios en las Unidades de Producción UP's sobre Encino:

Una vez colonizado, se observó la aparición de primordios: CP-USA (*Ganoderma lucidum*) a los 20 días, CP-145 (*Ganoderma curtisii*) a los 25 días y la cepa CP-388 (*Ganoderma subamboinenses*) a los 17 días.

Tales unidades fueron transferidas al cuarto de fructificación del módulo de producción de hongos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, en donde se retiraron por completo las bolsas con ayuda de una tijera y fueron enterradas un 75% cada una en composta puesta en cajas y cubiertas con malla para evitar la evaporación manteniéndolas con un rango de temperatura de 29+/- 2°C, con una humedad relativa 85-96%, luz diurna hasta que los cuerpos fructíferos alcancen el estadio adulto.

Es importante mencionar la fructificación temprana de estas cepas ya que en la literatura se han reportado que estas especies tienen tiempos de fructificación que van de los de 7 a 9 meses. (Stamets, 1996, Chen y Miles, 1996: Royse, 1997) reportan la aparición de cuerpos fructíferos de apariencia típica del género *Ganoderma* a temperaturas que oscilan entre los 20°C a 28°C, y de igual manera mantenerlas a una humedad relativa del 85% al 95% (Figura 7).

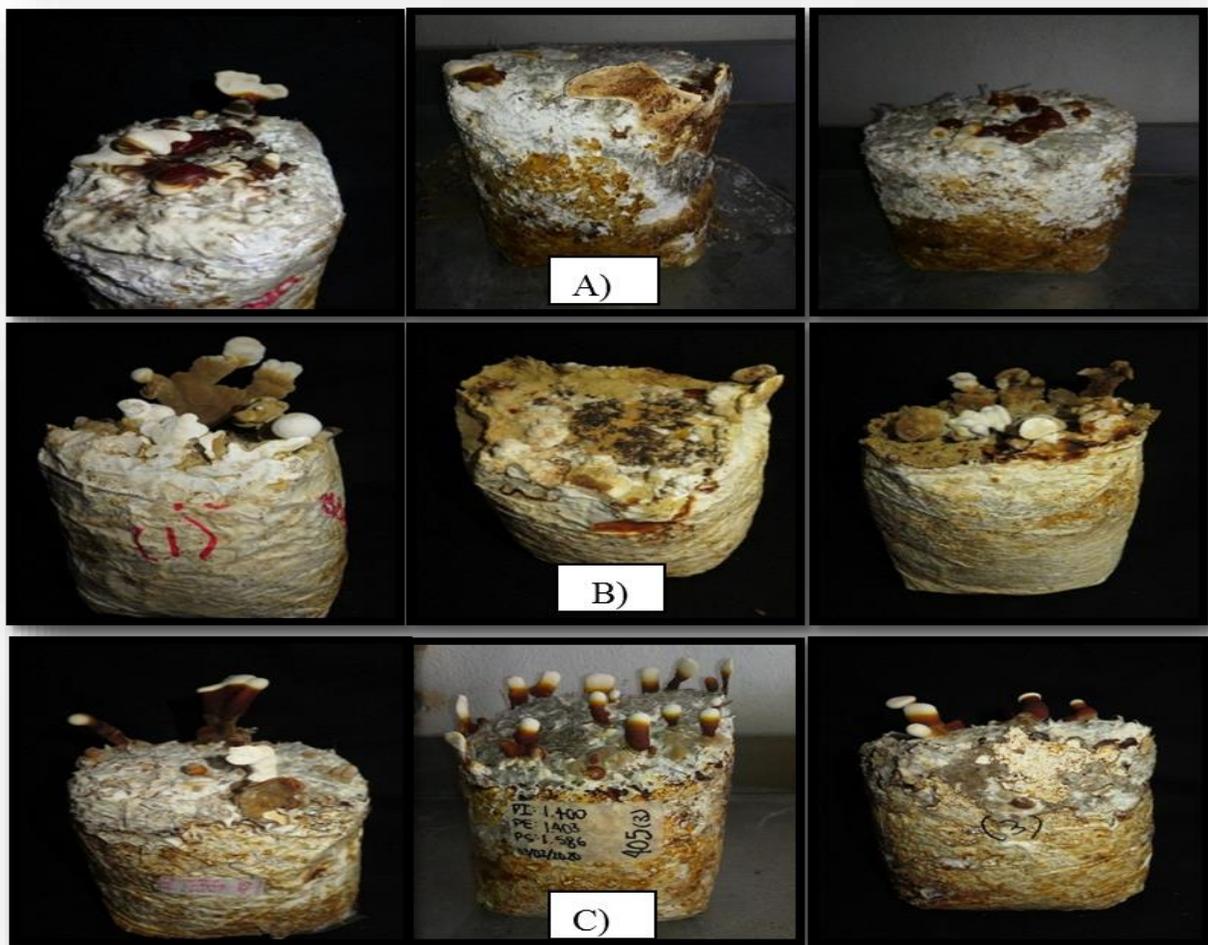


Figura 7. Aparición de primordios de las cepas sobre Encino: A) CP-USA (*G. lucidum*) a los 20 días, B) CP-145 (*G. curtisii*) a los 25 días, C) CP-388 (*G. subamboinenses*) a los 17 días.

9.5 Tratamiento postcosecha:

Se registró su peso seco, para lo cual, los cuerpos fructíferos fueron colocados sobre charolas en un horno durante un periodo de 48 horas a 90°C y fueron nuevamente pesados en balanza analítica. Finalmente los cuerpos fructíferos fueron almacenados en bolsas de polipapel en un lugar fresco y seco.

9.6 Caracterización morfológica de los cuerpos fructíferos de *Ganoderma* spp. cosechados sobre COLPOS-17:

Las características de los cuerpos fructíferos cosechados sobre COLPOS-17 en las cepas CP-388 (*Ganoderma subamboinenses*) y CP-USA (*Ganoderma lucidum*) fueron variadas, color rojizo a café del píleo en las cepas, el color del himenio varió de blanquecino a amarillento, el diámetro del sombrero varió de 5.5 cm a 7.5 cm y el tamaño del estípite fue de 3 cm a 1.5 cm. (Tabla 5). De igual manera se hicieron observaciones de la forma del sombrero, tipo de cutícula, tipo de crecimiento del carpóforo (Figura 8).

Tabla 5. Características morfológicas de los cuerpos fructíferos cosechados de *Ganoderma* spp. sobre COLPOS-17.

Cepa	Tipo de crecimiento	Forma del píleo	Largo y ancho del píleo	Color del píleo	Laca	Cutícula	Largo y diámetro del estípite	Color del himenio
CP-388	Solitario	Abanico	5.5-8cm	Café	Ausente	Irregular	3-5 cm	crema
CP-USA	Solitario	Abanico	6-7.5cm	Rojizo	Presente	Irregular	7-1.5 cm	blanquecino

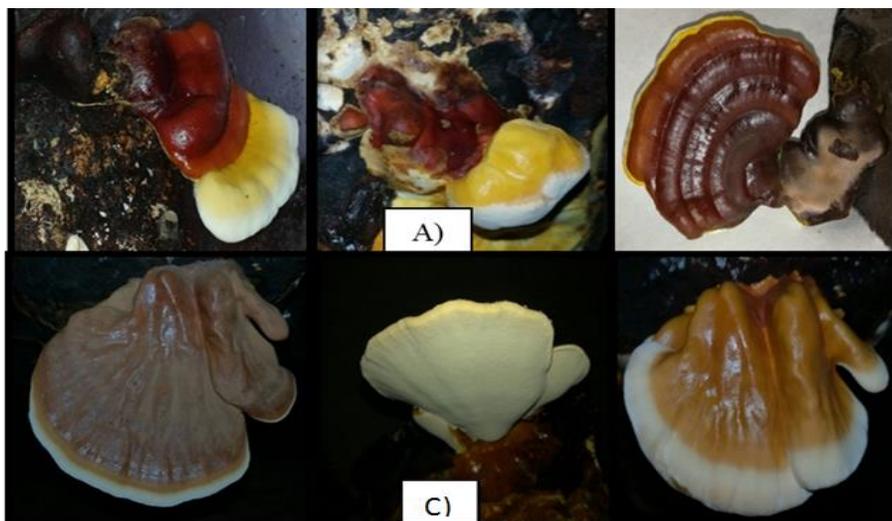


Figura 8. Cuerpos fructíferos cosechados de las cepas sobre COLPOS-17: A) CP-USA (*G. lucidum*) sobre T3, C) CP-388 (*G. subamboinenses*) sobre T3.

9.7 Caracterización morfológica de los cuerpos fructíferos de *Ganoderma* spp. cosechados sobre Encino:

Los cuerpos fructíferos cosechados de la cepa CP-USA (*Ganoderma lucidum*) crecieron de forma solitaria, el color del píleo variaba de rojizo, café rojizo, marrón rojizo a castaño rojizo y con forma dimidiada, amorfo, abanico a reniforme. Himenio crema a blanco, estípites de color rojizo a marrón rojizo. El diámetro del sombrero varió de 5 cm a 7.2 cm y el tamaño del estípites fue de 3 cm a 1.2 cm.

La cepa CP-145 (*Ganoderma curtisii*) creció de manera solitaria, el píleo tuvo formas abanico y dedo con color anaranjado rojizo a color blanquecino en el borde. El himenio color blanco, crema a blanquecino; estípites de color marrón rojizo, a rojizo. El diámetro del sombrero varió de 1.5 cm a 1.3 cm y el tamaño del estípites fue de 6.2 cm a 2 cm.

Para el caso de la cepa CP-388 (*Ganoderma subambionenses*), creció de manera solitaria, la forma del píleo fueron abanico, dimidiado y amorfo, su color vario de rojizo a café rojizo. El color del himenio fue de crema, blanco y blanquecino, con estípites de rojizo a marrón rojizo. El diámetro del sombrero varió de 4.5 cm a 3.2 cm y el tamaño del estípites fue de 1 cm a 1 cm. (Tabla 6) (Figura 9).

Tabla 6. Características morfológicas de los cuerpos fructíferos cosechados de *Ganoderma* spp. sobre Encino.

Cepa	Tipo de crecimiento	Forma del píleo	Largo y ancho del píleo (cm)	Color del píleo	Laca	Cutícula	Largo y diámetro del estípites (cm)	Color del himenio
CP-388	Solitario	Abanico	4.5 x 3.2	Rojizo	Presente	Irregular y rugosa	1 x 1	Crema
CP-USA	Solitario	Dimidiada	5 x 7.2	Rojizo	Presente	Irregular	3 x 1.2	Crema/Blanco
CP-145	Solitario	Dedo	1.5 x 1.3	Anaranjado rojizo	Presente	Irregular y rugosa	6.2 x 2	Crema



Figura 9. Cuerpos fructíferos cosechados de las cepas sobre Encino: A) CP-USA (*G. lucidum*), B) CP-145 (*G. curtisii*), C) CP-388 (*G. subamboinenses*).

9.8 Determinación del peso seco del sustrato (encino):

Para determinar el contenido de humedad se pesó muestras de peso conocido secadas por 24 horas a 95 °C, usando la siguiente formula:

$$CH = (PH - PS) / PH * 100$$

Donde; CH= Contenido de humedad (%)

PH= Peso húmedo de la muestra (g)

SUSTRATO	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
Encino	100g	83.2690	16.7731

PS= Peso seco de la muestra (g)

$$CH = (100\text{gr} - 83.2690) / 100 * 100 =$$

16.7731% Contenido de Humedad.

9.9 Evaluación de la Eficiencia Biológica, Rendimiento de las Unidades de Producción UP's sobre encino:

Para evaluar la producción de las diferentes cepas de *Ganoderma* sobre los sustratos COLPOS-17 y Encino, se consideraron los parámetros: Eficiencia Biológica (EB), Rendimiento (Y) y ciclo total de producción. Una vez cosechados los cuerpos fructíferos de las cepas CP-USA (*Ganoderma lucidum*), B) CP-145 (*Ganoderma curtisii*) y C) CP-388 (*Ganoderma subamboinenses*) sobre encino, se calculó la eficiencia biológica.

La eficiencia biológica se define como la media aritmética de la relación entre el peso fresco de los hongos cosechados y el peso seco del sustrato de las bolsas productivas, multiplicada por cien. Este parámetro es de gran importancia debido a que permite determinar el potencial biológico de los sustratos para producir hongos esto por su capacidad para convertir los materiales de sustrato en hongos. Esto se mide mediante una fórmula simple conocida como fórmula de Eficiencia Biológica (EB). Se realizaron cultivos sobre encino con 8 repeticiones por cada cepa y los resultados fueron los siguientes: para la cepa USA (*Ganoderma.lucidum*) el rendimiento máximo fue de 59 g/k y un mínimo de 23 g/k con una eficiencia biológica máxima de 187% y una mínima de 62%, con un promedio de peso fresco de 20 g/k. CP-145 (*Ganoderma curtisii*) presentó rendimientos máximos de 22 g/k y el mínimo fue de 7 g/k con una eficiencia biológica de máxima de 103% y una mínima de 19%, con un promedio de peso fresco de 19g/k.

Para la cepa CP-388 (*Ganoderma subamboinenses*) el rendimiento máximo fue de 14k/g y una mínima de 2g/k, con una eficiencia biológica máxima de 327g/k y una mínima de 38g/k con un promedio de peso fresco de 11g/k (Tabla 7).

Tabla 7. Eficiencia biológica, Rendimiento, promedio de peso fresco, tiempo de colonización y ciclo total de producción para las cepas de *Ganoderma* sobre Encino: CP-USA (*G. lucidum*), CP-145 (*G. curtisii*), CP-388 (*G. subamboinenses*).

	Rendimientos (g/k)	Eficiencia biológica (%)	Promedio de peso fresco (g/K)	Tiempo de colonización en días	Ciclo total de producción
CP-USA			20.9549	14	503
Máximo	59.3239	187.1147			
Mínimo	23.5782	62.6755			
CP-145			19.0028	15	445
Máximo	22.4305	103.9464			
Mínimo	7.5127	19.6231			
CP-388			11.6749	3	230
Máximo	14.0418	327.1445			
Mínimo	2.2440	38.1493			

10. DISCUSIÓN:

- Las cepas sobre sustrato Encino colonizaron CP-USA 14 d, CP-145 15 d y CP-388 3 d; para la aparición de primordios CP-USA 20 d, CP-145 25 d, CP-388 17 d. Estos resultados muestran una reducción en los tiempos de colonización en comparación con lo reportado por otros autores. Gurung *et al.* (2012) evaluaron *Shorea robusta* y *Alnus nepalensis*, con un tiempo de colonización de 46 y 43 d respectivamente. Peksen *et al.* (2010) reportan una colonización de 45 a 55 d en el cultivo de *Ganoderma lucidum* en mezclas de aserrín de encino y carpe. Manavalan *et al.* (2012) reportaron un tiempo de colonización de 15 d con bagazo de caña.
- Stamets (1993) citó un intervalo de 30 a 40 d para la aparición de primordios en cultivos de *G. lucidum*, señalando como factores de importancia una humedad relativa alta (95-100%), temperatura entre 21 y 27 °C.
- Por otro lado Tello (2010) reporta para la cepa CP-388 un tiempo de colonización de 6-9 d, con una temperatura de 23±14°C con una HR 68.5% y una EB de 4.77% con la formulación COLPOS-17.
- Las EB reportadas aquí más altas se registraron en CP-388 con 327 g/k máxima y 38 g/k mínima fueron superiores a la obtenida por Peksen y Yakupoglu (2009) donde reportaron una EB de 16.6 g/k máxima y 34.9 g/k mínima.
- Como los reportados por Hisieh y Yang (2004), quienes utilizaron bagazo de soya en combinación con *Acacia confusa* Merr., en bolsas de polipropileno; reportaron una colonización y desarrollo de basidiocarpos en 30-33 días desde su inoculación.

11. CONCLUSIONES:

- Se fructificaron las tres cepas de *Ganoderma* obteniendo: CP-USA (*Ganoderma lucidum*) con un rendimiento máximo de 59 g/k y una mínima de 23g/k de peso seco del sustrato, para la cepa CP-145 (*Ganoderma curtisii*) los rendimientos máximos fueron de 22g/k y una mínima de 7g/k de peso seco de sustrato utilizado y para la cepa CP-388 (*Ganoderma subamboinenses*) el rendimiento máximo fue de 14g/k y una mínima de 2g/k. La cepa sobresaliente fue la CP-USA obteniendo los mejores resultados en cuanto a rendimiento.
- De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir que los cultivos a base de encino con la adición de la composta en la etapa de fructificación demuestra ser efectivo, dando mejores resultados en comparación con los tratamientos a base de COLPOS-17 considerándose así un sustrato eficiente para el cultivo de este hongo al incrementar los rendimientos y eficiencia biológica y al acortar el tiempo de producción con respecto a los reportados por otros autores buscando ser un aporte en cuanto a una actividad alternativa de producción y obtención de biomasa fúngica convirtiéndose en materia prima para la elaboración de una amplia gama de productos con propósitos terapéuticos y de prevención.

12. PERSPECTIVAS:

- Realizar un estudio microscópico más detallado acerca de la morfología microscópica para determinar especies.
- Realizar un análisis químico de los metabolitos secundarios presentes en el material cultivado.
- Utilizar mezclas de sustrato para poder incrementar tanto rendimiento como eficiencia biológica.
- Mejorar el cuarto de cultivo para evitar la propagación de plagas como babosas.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Arara, D. 1986. Mushrooms demystified. California. 2d' edition. Library of Congress Catalog Number 79-8513, Berkeley, USA. 574-577 pp.
- ATLAS, R. BARTHA, R. 2002. Ecología microbiana y microbiología ambiental. Cuarta Edición. Editorial Adisson Wesley, Madrid, España. 677 págs.
- Azizi, M., Tavana, M., Farsi, M., Oroojalian, F. (2012). Yield performance of Lingzhi or reishi medicinal mushroom, *Ganoderma lucidum* (W.Curt.:Fr.) P. Karst. 89 (Higher Basidiomycetes), using different waste materials as substrates. International Journal of Medicinal Mushrooms, 14(5).
- Bhosle, S., Ranadive, K., Bapat, G., Garad, S., Deshpande, G. y Vaidya J. 2010. Taxonomy and diversity of *Ganoderma* from the Western parts of Maharashtra (India). Mycosphere 1 (3): 249-262.
- Castillo, J., Guzmán, G. y G. Sepúlveda. 1969. Estudio sobre los Poliporáceos. I. Ciencia 27: 9-18.
- Castillo, J., G. Guzmán, 1970. Estudio sobre los poliporáceos de Nuevo León II. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología 31: 1-47.
- Chang, S. T. 1996. Mushroom research and development - equality and mutual benefit, in Mushroom Biology and Mushroom Products. Royse, D. J., Ed., Pennsylvania State University, University Park. Pp.1-10.
- Chang, S.T., Buswell, J.A., 2003. Medicinal mushrooms—a prominent source of nutraceuticals for the 21st century. Current Topics in Nutraceutical Research 1: 257-280.
- Chen, C. S. 1993. Methods for inducing various morphological fruiting body of *Ganoderma tsugae* (Murr). Transactions of the Mycological Society of the Republic of China 8: 9-16.
- Chen, R. y Yu, D. 1999. Studies on the triterpenoid constituents of the spores of *Ganoderma lucidum* (Curt.;Fr.) P. Krast. (Aphyllophoromycetidae). International Journal of Medicinal Mushrooms 1:147-152.
- Chiu, S. y Moore, D. 2001. Threats to biodiversity caused by the traditional mushroom cultivation in China. In: Moore D, Nauta M, Rotheroe M (eds) Fungal Conservation: The 21st Century issue, Cambridge.

- Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias (FC-UNAM), “*Ganoderma curtisii* (Berk.) Murril 1908, ejemplar de: Herbario de la Facultad de Ciencias (FCME), Colección de Hongos (HO). En *Portal de Datos Abiertos UNAM* (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dzubak, P., Hajduch, M., Vydra, D., Hustova, A., Kvasnica, M., Biedermann, D., Markova, L., Urbanc, M., Sarek, M. 2006. J. Pharmacological activities of natural triterpenoids and their therapeutic implications. *Nat. Prod. Rep.* 23: 394 – 411.
- Erkel, E. I. (2009a). The effect of different substrate mediums on yield of *G. lucidum* (Fr.) Karst. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7: 841-844.
- Finley, J.W., Kong, A.N., Hintze, K.J., Jeffery, E.H., Ji, L.L. y Lei, X.G. 2011. Antioxidants in foods: state of the science important to the food industry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 6837-6846.
- Fries, E. M. 1851. *Novae symbolae mycologicae*, in: *Peregrinis terris a botanicis Danicis collectae*. *Nova Acta Regiae Soci. Sci. Upsal. Ser. 3*, 1: 17-136.
- Gao Y, Zhou S, Jiang W, Huang, M., Dai, X. 2003. Effects of ganopoly (a *Ganoderma lucidum* polysaccharide extract) on the immune functions in advanced-stage cancer patients. *Immunol Invest.* 32(3):201-215.
- Gao Y, Zhou S, Jiang W, Huang, M., Dai, X. 2003. Effects of ganopoly (a *Ganoderma lucidum* polysaccharide extract) on the immune functions in advanced-stage cancer patients. *Immunol Invest.* 32(3):201-215.
- García, J., Pedraza, D., Silvia, I., Andrade, L. y Castillo, J. 1998. Hongos del estado de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Gilbertson, R.L. y Ryvarden L. 1986. *North American Polypores*, vol. 1 fungi flora, Osla.
- González-Matute, R., Figlas, D., Devalis, R., Delmastro, S., Curvetto, N. (2002). Sunflower Seed Hulls as a main nutrient source for cultivating *Ganoderma lucidum*. *Micología Aplicada International* 14(2): 1-6.
- Guzmán, G. 1963. Frecuencia y distribución de algunos basidiomicetes lignícolas importantes en México. *Anales de la Escuela Nacional de Biología* 12: 23-41.
- Guzmán G (1998) Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México. En: Halffter G (comp.) *La diversidad biológica de Iberoamérica*, II. Instituto de Ecología, Xalapa, p. 111-175.

- Heleno, S., Barros, L., Martinis, A., Queiroz, M., Buelga, C. y Ferreira I. 2012. Fruiting body, spores and in vitro produced mycelium of *Ganoderma lucidum* from Northeast Portugal: a comparative study of the antioxidant potential of phenolic and polysaccharidic extracts. *Food Research International* 46 (1): 135-140.
- Hsieh, C. y Yang, F. 2004. Reusing soy residue for the solid-state fermentation of *Ganoderma lucidum*. *Bioresource Tehcnology* 91 (1): 105-109.
- Jo, E. Y., Cheon, J. L., Ahn, J. H. (2013). Effect of food waste compost on the antler-type fruiting body yield of *Ganoderma lucidum*. *Mycobiology*, 41(1): 42-46
- Jong S.C. and J.M. Birmingham, 1992. Medicinal effects of the mushroom *Ganoderma*. *Adv. Appl. Microbiol.* 37:101-134.
- Kersten, P. y Cullen, D. 2007. Extracellular oxidative systems of the lignin-degrading Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *Fungal Genetics Biology*. 44: 77-87.
- Kubota, T., Asaka, Y., Miura, I. and Mori, H. 1982. Structure of ganoderic acid A and B, two new lanostane type bitter triterpenes from *Ganoderma lucidum*. *Helv. Chim. Acta* 65: 611–619.
- Kuo, M.C., Weng, C.Y., Ha, C.L., Wu, M.J. 2006. *Ganoderma lucidum* mycelia enhance innate immunity by activating NF-kappaB. *J. Ethnopharmacol.* 103, 217–222.
- Lakshmi, S. S. (2013). In vivo Utilization of Seafood Processing Waste for Cultivation of the Medicinal Mushroom (*Ganoderma lucidum*) using Agro-Industrial Waste. *Asian Journal Pharmaceutical and Clinical Research* 6(4): 51-54.
- Lin, W. H., Hung, C. H., Hsu, C. I., Lin, J. Y., 1997. Dimerization of the N-terminal amphipathic alpha-helix domain of the fungal immunomodulatory protein from *Ganoderma tsugae* defined by a yeast two-hybrid system and site-directed mutagenesis. *Journal of Biological Chemistry* 272: 20044–20048.
- Lin, Z.B. 2005. Cellular and molecular mechanisms of immuno-modulation by *Ganoderma lucidum*. *J. Pharmacol. Sci.* 99, 144–153.
- Lindequist, U. 1995. Structure and biological activity of triterpens, polysaccharides and other constituents of *Ganoderma lucidum*, en Kim B.K., Kim IH. and Kim Y.S. (ed.) *Recent advances in Ganoderma lucidum research*. Pharmaceutical Society of Korea, Seoul: 61-69
- MADIGAN, M. T. MARTINKO, J. M. PARKER, J. 1997. *Brock Biology of microorganisms*. 8th Edition. Editorial Prentice Hall. New Yersey, U. S. A. 986 págs.

- Manavalan, T., Manavalan, A., Thangavelua, K. P., Heeseb, K. (2012). Secretome analysis of *Ganoderma lucidum* cultivated in sugarcane bagasse. *Journal of Proteomics* 77: 298–309.
- Martínez, A. T., Speranza, M., Ruiz-Dueñas, F. J., Ferreira, P., Camarero, S., Guillen, F., Martínez, M. J., Gutierrez, A. y Del Rio, J. C. 2005. Biodegradacion of lignocellulosics: microbial, chemical and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. *International Microbiology* 8: 195-204.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla y W. Martínez. 2006. México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. *In: El cultivo de Pleurotus en México*. ECOSUR-IE-UNAM-COLPOS, México, D.F.
- Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M Sobal y A. Larqué-Saavedra. 1991. Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* 96: 33-43.
- Mendoza G., Guzmán G., Ramirez-Guillén F., Luna M. y A Trigos. 2011. *Ganoderma oerstedii* (Fr.) a tree parasite species in México: Taxonomic description, rDNA Study, and review of its medical applications. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 13(6): 545-552.
- Min BS, Gao JJ, Nakamura N, Hattori M. 2000. Triterpenes from the spores of *Ganoderma lucidum* and their cytotoxicity against meth-A and LLC tumor cells. *Chem Pharm Bull* 48:1026–1033.
- Miyazaki T, Nishijima M. 1981. Studies on fungal polysaccharides. XXVII. Structural examination of a water-soluble, antitumor polysaccharide of *Ganoderma lucidum*. *Chem Pharmacol Bull* 29:3611–3616.
- Mizuno T, Wang G, Zhang J, Kawagishi H, Nishitoba T, Reishi LJ. 1995. *Ganoderma lucidum* and *Ganoderma tsugae*: bioactive substances and medicinal effects. *Food Reviews International* 11(1):151-166.
- Mizuno, T. 1997. Studies on bioactive substances and medicinal effect of Reishi, *Ganoderma lucidum* In proceedings 1st International Symposium *Ganoderma lucidum*. (Ed.) toyo-igaku-sha Co., Ud., Tokyo, Japan. pp. 121-127.

- Mizushima Y, Hanashima L, Yamaguchi T, Takemura M, Sugawara F, Saneyoshi M. 1998a. A mushroom fruiting body-inducing substance inhibits activities of replicative DNA polymerases. *Biochem Biophys Res Commun* 249:17–22. Ó Mizushima, Y., Watanabe, I., Togashi, H., Hanashima, L., Takemura, M., Ohta, K., Sugawara, F., Koshino, H., Esumi, Y., Uzawa, J., Matsukage, A., Yoshida, S., Sakaguchi, K., 1998b. An ergosterol peroxide, a natural product that selectively enhances the inhibitory effect of linoleic acid on DNA polymerase beta. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 21, pp. 444–448.
- Mizushima Y, Hanashima L, Yamaguchi T, Takemura M, Sugawara F, Saneyoshi M. 1998a. A mushroom fruiting body-inducing substance inhibits activities of replicative DNA polymerases. *Biochem Biophys Res Commun* 249:17–22.
- Moncalvo, J. M. y F. Ryvarden. 1998. Nomenclature of Ganodermataceae. *Synopsis Fungorum* 11: 1-109.
- Moncalvo, J. M. 2000. Systematics of *Ganoderma*. pp 23-45 In *Ganoderma Diseases of Perennial Crops* (Eds.) J. Flood, P. D. Bridge and M. Holderness. CABI Bioscience, Egham, UK. Aetaceae. Fungí Flora, Oslo.
- Morales, P., Sobal, M., Bonilla, M., Martínez, W., Ramírez- Carrasco, P., Tello, I., Spezzia, T., Lira, N., De Lima, R., Villa, S., Montiel, E., Martínez Carrera, D (2010). Los -hongos comestibles y medicinales en México: recursos genéticos, biotecnología, y desarrollo del sistema de producción-consumo. En Martínez –Carrera, Curvetto, Sobal, Morales, Mora (Eds), *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el siglo XXI*. Pg. 103. Puebla: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales. Pág. 94, 97-104.
- Morcillo M. y Sánchez M. 2008. Cultivo de setas y desarrollo rural en Nicaragua. *Micología Forestal & Aplicada*. Barcelona. España. pág. 1-3 http://www.micofora.com/PDF/articulos_6.pdf Consultado el 15 de septiembre de 2015.
- Morigiwa, A., Kitabatake, K., Fujimoto, Y., and Ikekawa, N., 1986. Angiotensin converting enzyme-inhibitory triterpenes from *Ganoderma lucidum*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* 34 (7):3025-3028.
- Murrill, W.A., 1912. Polyporaceae of Mexico. *Bulletin of New York Botanical Garden* 8: 137-153.

- Murrill, W. A. 1917. The poliporaceae of México. Bulletin New York Botanical Garden 8: 137-158.
- Paterson, R. 2006. *Ganoderma* a therapeutic fungal biofactory. *Phytochemistry*. 67: 1985-2001.
- Peksen A.; Yakupoglu G. (2009). “Tea waste as a supplement for the cultivation of *Ganoderma lucidum*”. *World J Microbiol Biotechnol* 25. pp. 611–618
- Ryvarden, L. 1994. Can we trust morphology in *Ganoderma*? pp. 19-24. In: Systematics, Phytopathology and Pharmacology, 5th International Mycological Congress (Eds.) P. K. Buchanan, R. S. H. Seu and J. M. Moncalvo. Dep. Agric. Chem. National Taiwan University, Taipei. China.
- Royse DJ (1985) Effect of spawn run time and substrate nutrition on yield and size of the shiitake mushrooms. *Mycologia*.77 (5): 756-762.
- Royse. D (1989) Factors influencing the production rate of Shiitake. *Mush. J. Tropics* 9:27-138.
- SAGARPA Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación, Programa de Apoyo al Desarrollo Rural, Producción de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). pág. 2. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Producci%C3%B3n%20de%20Hongo%20Seta.pdf>, consultada el 25 de enero del 2016.
- Sanodiya, B., Thakur, G., Baghel, R., Prasad, G. y Bisen, P. 2009. *Ganoderma lucidum*: A Potent Pharmacological Macrofungus. *Current Pharmaceutical Biotechnology* 10 (26): 717- 742.
- Shahzadi, T., Anwar, Z., Iqbal, Z., Anjum, A., Aqil, T., Bakhtawar, Afzal, A., Kamran, M., Mehmood, S., Irshad, M. (2014) Induced Production of Exoglucanase, and β -Glucosidase from Fungal Co-Culture of *T. viride* and *G. lucidum*. *Advances in Bioscience and Biotechnology* 5: 426-433.
- Shao, B.-M., Dai, H., Xu, W., Lin, Z.-B., Gao, X.-M. 2004. Immune receptors for polysaccharides from *Ganoderma lucidum*. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 323: 133–141.
- Shiao, M.S., 1988. Triterpenes in *Ganoderma lucidum*. *Phytochemistry* 28 (1): 873-875.

- Singh, S., Harsh, N.S.K., Gupta, P.K. (2014). A novel method of economical cultivation of medicinally important mushroom, *Ganoderma lucidum*. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 5(5): 2033-2037.
- Smith, J., Rowan, N. y Sullivan R. 2002. Medicinal mushrooms: A rapid developing area of biotechnology for cancer therapy and other bioactivities. Biotechnology Letters 24: 1839-1845.
- Sone Y, Okuda R, Wada N, Kishida E, Misaki A. 1985. Structure and antitumor activities of the polysaccharide isolated from fruiting body and the growing culture of mycelium of *Ganoderma lucidum*. Agricultural and Biological Chemistry 49(9):2641-2653.
- Soto-Velazco, C., M. C. López, E. Vázquez Valls y I. Álvarez. 2002. Cultivation al *Ganoderma lucidum* and its effect on the production of lymphocytes. In: Sánchez et al. (Eds). Mushroom Biology and Mushroom Products World Society for Mushroom biology and mushroom products. Cuernavaca, México. pp. 379-382. Sliva, D. 2006. *Ganoderma lucidum* in cancer. Leukemia Research 30: 767-768.
- Stamets P.1993. Growing gourmet and Medicinal Mushrooms. Ten Speed Press Ltd. Berkeley, CA.
- Stamets, P. 1993. Growing gourmet & medicinal mushrooms. 1 st ed. Ten Speed Press. Berkeley CA. 554 pp.
- Stamets, P. 1993. *Ganoderma lucidum* (Wm, Curtis: Fries) Karsten. Pp. 355-369. In: Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms (ed. P. Stamets), Ten Speed Press, Berkeley, CA.
- STAMETS, P. 2003. Mycomedicinal: an information booklet on medicinal mushroom. Editorial Olympa.
- Stavinoha, W., Satsangi, N., Weintraub, S. 1995. Study of the antiinflammatory efficacy of *Ganoderma lucidum*. In B.-K. Kim, & Y.-S. Kim (Eds.), Recent Advances in *Ganoderma lucidum* research (pp. 3-7). Seoul, Korea: The Pharmaceutical Society of Korea.
- Stavinoha, W., Slama, J., Weintraub, S., & Mobley, P. 1991. The Antiinflammatory activity of *Ganoderma lucidum*. Third International Symposium on *Ganoderma lucidum*, 9-21.

- Steyaert, R. L. 1972. Species al *Ganoderma* and related genera mainly al the Bogar and Leiden herbaria. *Persoonia* 7: 55-118.
- Steyaert, R. L. 1975. The concept and circumscription of *Ganoderma tornatum*. *Transactions of the British Mycological society* 65: 451-467.
- Steyaert R. 1980. Study of some *Ganoderma* species. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. Bull. Nat. Plantenium Belg.* 50, 135–186.
- Steyaert, R. L. 1975. The concept and circumscription of *Ganoderma tornatum*. *Transactions of the British Mycological Society* 65: 451-467.
- Tello, I. 2010. Diversidad de los recursos genéticos mexicanos del hongo funcional *Ganoderma* (Fungí, *Ganodermataceae*), conocido como Reishi en los mercados internacionales, y su relevancia para el desarrollo regional. Colegio de Postgraduados campus Puebla. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Torres-Torres y Guzmán-Dávalos (2005). *Ganoderma* subgénero *Ganoderma* en México. *Revista Mexicana de Micología*, volumen 41; pág 31.
- Trigos, A. y Medellín, J. 2011. Biologically active metabolites of the genus *Ganoderma*: Three decades of Myco-chemistry research. *Revista Mexicana de Micología* 34: 63-83.
- Veena, S. S., Pandey, M. (2011). Paddy Straw as a Substrate for the Cultivation of Lingzhi or Reishi Medicinal Mushroom, *Ganoderma lucidum* (W.Curt.:Fr.) P. Karst. In India. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 13(4): 397-400.
- Wachtel-Galor, S., Benzie, I.F.F., Tomlinson, B., Buswell, J.A. 2003. Lingzhi (*Ganoderma lucidum*): In: L. Packer., B. Halliwell and C.N. Ong (Eds.), *Herbal Medicines*, Marcel Dekker, New York.
- Wagner, R., D. A. Mitchell y G. L. Sasaki. Amazonas M. y M. Berovic. 2003. Current techniques for the cultivation of *Ganoderma lucidum* for the production of biomass, ganoderic acid and polysaccharides. *Food Technology and Biotechnology* 41(4): 371-382.
- Wang, X., Xi, R., Li, Y., Wang, D. y Yao Y. 2012. The Species Identity of the Widely Cultivated *Ganoderma*, ‘*G.lucidum*’ (Ling-zhi), in China. *PLoS ONE* 7(7):e40857. doi: 10.1371/journal.pone.0040857.
- Wasser, S. (2005). “Reishi or Ling Zhi (*Ganoderma lucidum*)”. *Encycl Diet Suppl*, pp. 603–622.

- Wasser, S. P., M. Y. Didukh, M. A. L. Amazonas, E. Nevo, P. Stamets & A. F. Eira. 2002. Is a widely cultivated culinary –medicinal mushroom indeed *Agaricus blazei* Murrill? *International Journal of Medicinal Mushrooms* 4: 267-290.
- Wasser, S.P., Weis, A.L. 1999. Therapeutic effects of substances occurring in higher Basidiomycetes mushrooms: a modern perspective. *Crit. Rev. Immunol.* 19: 65–96.
- Webb, C., Koutinas, A. A., Wang R 2004. Developing a sustainable bioprocessing strategy based on a generic feedstock. *Adv Biochem Eng Biotechnol* 86: 195–268.
- Welden A. L. y Lemke P. A. 1961. Notas sobre algunos hongos mexicanos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 26: 1-24.

14. ANEXOS:

ANEXO 1. Ganoderma lucidum:

Número de unidad:	Fecha de inoculación:	PI:	PE:	PS:	Colonización micelial:	Primordios:	Módulo de fructificación:	Fecha de corte:	Total de cuerpos fructíferos:	# de cuerpos fructíferos:	Peso fresco (gr)	Tipo de crecimiento:	Forma pileo:	Lacuz:	Largo Pileo (cm):	Ancho Pileo (cm):	Color Pileo:	Cutícula:	Largo estípite (cm):	Ancho Estípite (cm):	Color hincado:	Peso Seco (gr):										
1	03/02/2020	1.4	1.385	1.627	19/02/2020	03/03/2020	15/03/2020	18/07/2020	1	1	75.3756	solitario	amorfo	presente	8.2	14.5	rojizo	irregular y radiado		3	1.8	crema	24.9705									
								25/09/2020	7	1	24.287	agregado	flaberiforme	presente	4.9	7.2	rojizo	irregular y radiado									blanco	5.5949				
										2	14.2844	solitario	dimidiada	presente	5.5	5.4	rojizo	irregular											blanco	3.1114		
										3	14.2791	solitario	amorfo	presente	5	7.1	rojizo	irregular y radiado												blanco	3.2753	
										4	10.1422	solitario	dimidiada	presente	5.2	3.6	rojizo	irregular y rugosa												blanco	2.2295	
										5	9.4281	solitario	dimidiada	presente	4.7	4.3	rojizo	lisa	1.9	1.2										blanco	2.0496	
										6	5.8214	solitario	amorfo	presente	4.2	4.3	rojizo	irregular	2	2.5										blanco	1.4052	
2	03/02/2020	1.4	1.4	1.607	19/02/2020	03/03/2020	15/03/2020	18/07/2020	1	1	41.6311	solitario	abanico	presente	8.8	12	marron rojizo	irregular y radiado		1	1.9	blanquecino	20.0459									
								25/09/2020	2	1	50.5276	solitario	abanico	presente	5.5	10.7	rojizo	irregular										crema	12.5686			
										2	8.5866	solitario	dimidiada	presente	4.3	3.8	rojizo	lisa	1.2	1.1									blanco	2.108		
								04/12/2020	2	1	5.7364	solitario	reniforme	presente	4.7	6													crema	4.0081		
										2	2.0778	solitario	dedo	presente	2.5	1.3														blanco	1.2005	
										2	21.7188	solitario	dimidiada	presente	6.8	7	rojizo	lisa	1.2	1.8										crema	6.3008	
										1	28.7903	solitario	abanico	presente	5.8	8.2	rojizo	irregular y rugosa												crema	6.6046	
3	11/02/2020	1.4	1.486	1.494	25/02/2020	10/03/2020	15/03/2020	18/07/2020	2	1	38.846	solitario	reniforme	presente	8.3	11.5	marron rojizo	irregular		0.7	2.5	crema	11.1124									
										2	21.7188	solitario	dimidiada	presente	6.8	7	rojizo	lisa	1.2	1.8									crema	6.3008		
										1	28.7903	solitario	abanico	presente	5.8	8.2	rojizo	irregular y rugosa												crema	6.6046	
										2	6.9826	solitario	amorfo	presente	4	3.5	rojizo	irregular	4.1	1.2										blanco	1.7016	
								04/12/2020	4	1	4.5265	solitario	multiple	presente	4.5	5.5														crema	3.3628	
										2	3.6769	solitario	atipico	presente	2.6	7.2															blanquecino	2.2156
										3	2.4952	solitario	amorfo	presente	3.5	3.4															blanco	1.0089
4	11/02/2020	1.4	1.38	1.656	25/02/2020	10/03/2020	15/03/2020	18/07/2020	1	1	64.4202	solitario	reniforme	presente	8.5	15.6	marron rojizo	irregular y radiado		3	0.9		0.1207									
								25/09/2020	2	1	56.0683	solitario	abanico	presente	6.1	11.5	rojizo	irregular y rugosa											crema	19.8707		
										2	14.9698	solitario	dimidiada	presente	5	6	rojizo	lisa y rugosa	4.1	1.2									blanco	3.4907		
										1	32.6158	solitario	dimidiada	presente	7	7.5	rojizo	irregular	3	1.3										blanco	7.8162	
										2	15.9673	solitario	dimidiada	presente	5	5.1	rojizo	irregular	4	1.2										blanco	3.9554	
										3	1.5314	solitario		presente			rojizo		7.2	1.3											crema	0.9351
								09/12/2020	2	1	4.01	solitario	dimidiada	presente	5.1	4	café rojizo	lisa y rugosa												crema	3.5402	
6	06/03/2020	1.4	1.575				11/05/2020	25/06/2020	1	1	31.0977	solitario	amorfo	presente	3	2.9	café rojizo	irregular y rugosa					crema	3.3768								
								31/10/2020	2	1	25.4791	solitario	dimidiada	presente	7.9	8.2	rojizo	lisa											crema	7.5607		
										1	25.4791	solitario	dimidiada	presente	6.5	6.7	rojizo	lisa	5	1.7										crema	7.1125	
										2	12.4157	solitario	amorfo	presente	5.6	4.6	rojizo	irregular	3.3	1										crema	3.4232	
										1	34.3052	solitario	dimidiada	presente	8.3	7.6	rojizo	lisa	6	2										blanco	7.5566	
										2	9.4529	solitario	amorfo	presente	4.9	2.8	rojizo	irregular	6.6	1.4											crema	2.4047
								09/12/2020	2	1	17.2668	solitario	suborbicular	presente	5.2	6.5	castaño rojizo	irregular y rugosa												blanco	5.4908	
8	24/03/2020	1.4	1.425	1.631	20/04/2020	29/04/2020	11/05/2020	25/09/2020	1	1	81.6318	solitario	abanico	presente	4.8	7.9	castaño rojizo	irregular y rugosa					blanco	5.835								
										1	17.1653	solitario	reniforme	presente	8.5	12.5	rojizo	irregular	8	2.3									crema	19.8143		
										2	17.1653	solitario	dimidiada	presente	6.5	6.5	marron rojizo	irregular y rugosa												crema	5.5291	
										2	6.1099	solitario	amorfo	presente	4.8	2.2	marron rojizo	irregular y rugosa													crema	1.4156

ANEXO 2. *Ganoderma curtisii*:

Número de unidad:	Fecha de inoculación:	PI:	PE:	PS:	Colonización micelial:	Primordios:	Módulo de fructificación:	Fecha de corte:	Total de cuerpos fructíferos:	# de cuerpos fructíferos:	Peso fresco (gr):	Tipo de crecimiento:	Forma pileo:	Laca:	Largo Pileo (cm):	Ancho Pileo (cm):	Color Pileo:	Cutícula:	Largo estípite (cm):	Ancho Estípite (cm):	Color himenio:	Peso Seco (gr):											
1	11/02/2020	1.4	1.407	1.675	25/02/2020	13/03/2020	28/03/2020	20/06/2020	4	1	2.9238	solitario	dedo	presente						9	1.7		1.8319										
										2	17.6889	solitario	dedo	presente																			
										3	1.771	solitario	dedo	presente																			
										4	0.8018	solitario	dedo	presente																			
							09/07/2020	1	1	8.0038	solitario	dedo	presente		3	1.3	anaranjado rojizo	lisa	13.2	1.5	blanco	3.193											
										31.2793												8.2672											
2	24/02/2020	1.4	1.38	1.663	13/03/2020	16/03/2020	10/04/2020	20/06/2020	3	1	13.857	solitario	dedo	presente	4.8	2.5	anaranjado rojizo	lisa		8.5	2.2		4.5819										
										2	6.1392	solitario	dedo	presente																			
										3	1.5684	solitario	dedo	presente																			
										1	19.7643	solitario	abánico	presente	6.5	5	anaranjado rojizo	irregular y rugosa	16	1.3	crema	7.563											
							08/08/2020	2	2	41.3383	solitario	abánico	presente	7.5	7.2	anaranjado rojizo	irregular y rugosa	19	1.5	crema	15.168												
										82.6672																							
3	24/02/2020	1.4	1.445	1.914	11/03/2020	13/03/2020	10/04/2020	20/06/2020	3	1	4.8565	solitario	dedo	presente	2.5	2	anaranjado rojizo	lisa		9.6	2		3.5519										
										2	6.6604	agregado	dedo	presente	1.5	1.2	anaranjado rojizo	lisa		9.2	2.3		2.7574										
										3	1.2709	solitario	dedo	presente																			
										1	8.4682	solitario	dedo	presente																			
							08/08/2020	2	2	46.7126	solitario	abánico	presente	7	7.3		irregular	25.5	2	crema	19.5217												
										67.9686																							
4	06/03/2020	1.4	1.383	1.778			11/05/2020	20/06/2020	4	1	18.9228	solitario	dedo	presente	2	1.3	anaranjado rojizo	irregular		22	2.4	blanco	9.5206										
										2	6.2773	solitario	dedo	presente	1.5	1.3	anaranjado rojizo	irregular		9.7	2.8	blanco	4.9205										
										3	4.2972	agregado	dedo	presente																			
										4	0.9927	solitario	dedo	presente	0.8	1	anaranjado rojizo	irregular	4.5	1.1	blanquecino	0.7239											
							05/10/2020	1	1	55.9899	solitario	abánico	presente	8.6	5.2	anaranjado rojizo	irregular y rugosa	28.5	3.4	crema	18.2055												
										86.4799																							
5	06/03/2020	1.4	1.379	1.683			11/05/2020	27/08/2020	4	1	21.4095	solitario	dedo	presente	1.3	0.9	anaranjado rojizo	lisa		26.5	1.8	blanco	6.4418										
										2	4.6535	solitario	dedo	presente																			
										3	5.7476	solitario	dedo	presente	1.4	1.6	anaranjado rojizo	lisa	6.4	1.4	blanco	1.6593											
										4	3.1579	solitario	dedo	presente																			
										34.9685																							
6.24/03/2020		1.4	1.457	1.953	21/04/2020	29/04/2020	12/05/2020	31/10/2020	2	1	33.8004	agregado	cuerno de alce	presente	10.5	7.9	anaranjado rojizo	irregular y radiado	13.5	2.5	crema	16.8539											
										2	3.5551	solitario	dedo	presente																			
										37.3555																							
7	24/03/2020	1.4	1.428	1.666	19/04/2020		12/05/2020	15/11/2020	2	1	8.5354	solitario	dedo	presente					21	3		7.8813											
										2	7.8046	solitario	dedo	presente																			
										16.34																							
8	24/03/2020	1.4			19/04/2020		12/05/2020	31/10/2020	3	1	12.263	solitario	dedo	presente					21	2.6		10.294											
										2	1.9938	solitario	dedo	presente																			
										3	1.5988	solitario	dedo	presente																			
							15/11/2020	1	1	11.1976	solitario	dedo	presente					17.5	2.3		9.7184												

Mes	Fecha	T°C	HR %
Marzo			
Abril	25/04/2020	20	80
Mayo	01/05/2020	17	78
	07/05/2020	19	88
	14/05/2020	20.5	87
	15/05/2020	21	78
	20/05/2020	20.5	52
	21/05/2020	19	57
Junio	02/06/2020	23.3	59
	04/06/2020	25.6	42
	16/06/2020	21.7	54
	17/06/2020	21.8	74
	20/06/2020	20.9	84
	23/06/2020	18.4	90
	27/06/2020	22.3	57
	29/06/2020	18.8	84
	30/06/2020	21.2	76
Julio	04/07/2020	20	75
	09/07/2020	19.9	83
	10/07/2020	22	61
	18/07/2020	22.5	46
	20/07/2020	22.7	55
	26/07/2020	20.6	69
	30/07/2020	20.6	67
Agosto	09/08/2020	20.7	93
	11/08/2020	19.9	83
	12/08/2020	19.3	78
	15/08/2020	20.6	69
	17/08/2020	20.1	62
	18/08/2020	19.3	72
	20/08/2020	19.8	78
	24/08/2020	19.4	86
	27/08/2020	19.4	86
	28/08/2020	17.9	91
	29/08/2020	18.8	91
	30/08/2020	19.4	86
Septiembre	05/09/2020	18.1	93
	10/09/2020	19.2	92
	15/09/2020	18.9	94
	17/09/2020	18.4	95
	25/09/2020	18.1	86
	26/09/2020	18.6	96
Octubre	05/10/2020	15.6	63
	10/10/2020	19.4	84
	13/10/2020	20.1	75
	16/10/2020	20.2	63
	21/10/2020	18.6	82
	27/10/2020	18.3	70
	31/10/2020	20.7	60
Noviembre	06/11/2020	18.3	63
	08/11/2020	20.1	66
	09/11/2020	20.1	68
	15/11/2020	20.3	71
	16/11/2020	19.3	60
	27/11/2020	19.5	70
Diciembre	02/12/2020	17.2	71
	04/12/2020	18.4	64
	05/12/2020	17.5	72
	06/12/2020	18.4	61
	07/12/2020	18.9	61
	08/12/2020	17	70
	09/12/2020	17.4	70
	10/12/2020	17.1	74
	11/12/2020	18.5	74
	12/12/2020	18.8	76

ANEXO 4. Temperatura °C y Humedad Relativa
HR% en el cuarto de fructificación

ANEXO 5. PESO SECO DEL SUSTRATO (CONTENIDO DE HUMEDAD)

$$\mathbf{CH = (PH-PS) / PH * 100}$$

$$\mathbf{CH = (100 \text{ gr} - 83.2690) / 100 * 100}$$

$$\mathbf{CH = 16.7731 \%}$$

PESO HUMEDO: 100 gr

PESO SECO: 83.2690 gr

100gr - 100%

83.2690 gr- X

83.209 -->

100% - 83.2690

$$\mathbf{CH = 16.731 \%}$$

ANEXO 6. RENDIMIENTO: $Y=X/S$

NUMERO DE UP'S		
1)	$Y= 6.2558/83.2690X100$	$Y= 7.5127$
2)	$Y= 16.5334/83.2690X100$	$Y= 19.8554$
3)	$Y= 13.5937/83.2690X100$	$Y= 16.3250$
4)	$Y= 17.2959/83.2690X100$	$Y= 20.7711$
5)	$Y= 8.7421/83.2690X100$	$Y= 10.4986$
6)	$Y= 18.6777/83.2690X100$	$Y=22.4305$
7)	$Y= 8.17/83.2690X100$	$Y= 9.8115$
8)	$Y= 6.7485/83.2690X100$	$Y= 8.1044$

CP-USA: *Ganoderma lucidum*

NUMERO DE UP'S:		
1)	$Y= 19.4760/83.2690X100$	$Y= 23.3892$
2)	$Y= 21.7139/83.2690X100$	$Y= 26.0768$
3)	$Y= 13.4028/83.2690X100$	$Y= 16.0957$
4)	$Y= 45.1527/83.2690X100$	$Y= 54.2251$
5)	$Y= 11.5504/83.2690X100$	$Y= 13.8782$
6)	$Y= 22.9975/83.2690X100$	$Y= 27.6183$
7)	$Y= 19.6334/83.2690X100$	$Y= 23.5782$
8)	$Y= 49.3985/83.2690X100$	$Y= 59.3239$

CP-145: *Ganoderma curtisii*

NUMERO DE UP'S		
1)	$Y= 5.9398/83.2690X100$	$Y= 7.1332$
2)	$Y= 5.92/83.2690X100$	$Y= 7.1094$
3)	$Y= 8.3431/83.2690X100$	$Y= 10.0194$
4)	$Y= 6.0708/83.2690X100$	$Y= 7.2905$
5)	$Y= 1.8686/83.1690X100$	$Y= 2.2440$
6)	$Y= 3.5515/83.2690X100$	$Y= 4.2650$
7)	$Y= 9.52222/83.2690X100$	$Y= 11.4354$
8)	$Y= 11.6925/83.2690X100$	$Y= 14.0418$

CP-388: *Ganoderma subamboinenses*

ANEXO 7. EFICIENCIA BIOLÓGICA (EB%): $(Pf Cf / Ps S) \times 100$

NUMERO DE UP'S		
1)	EB= (155.8086/83.2690)*100	EB= 187.1147%
2)	EB= (108.5695/83.2690)*100	EB= 130.3840%
3)	EB= (107.2225/83.2690)*100	EB= 128.7664%
4)	EB= (135.4583/83.2690)*100	EB= 162.6755%
5)	EB= (57.7523/83.2690)*100	EB= 69.3563%
6)	EB= (68.9925/83.2690)*100	EB= 82.8553%
7)	EB= (78.5336/83.2690)*100	EB= 94.3131%
8)	EB= (104.907/83.2690)*100	EB= 125.9856%

CP-USA: *Ganoderma lucidum*

NUMERO DE UP'S		
1)	EB= (31.2793/83.2690)*100	EB= 37.5641%
2)	EB= (82.6672/83.2690)*100	EB= 99.2772%
3)	EB= (67.9686/83.2690)*100	EB= 81.6253%
4)	EB= (86.4719/83.2690)*100	EB= 103.8464%
5)	EB= (34.9685/83.2690)*100	EB= 41.9946%
6)	EB= (37.3555/83.2690)*100	EB= 44.8612%
7)	EB= (16.34/83.2690)*100	EB= 19.6231%
8)	EB= (26.9942/83.2690)*100	EB= 32.4180%

CP-145: *Ganoderma curtisii*

NUMERO DE UP'S		
1)	EB= (154.4352/83.2690)*100	EB= 185.4654%
2)	EB= (272.41/83.2690)*100	EB= 327.1445%
3)	EB= (166.862/83.2690)*100	EB= 200.3891%
4)	EB= (127.4869/83.2690)*100	EB= 153.1024%
5)	EB= (31.7666/83.2690)*100	EB= 38.1493%
6)	EB= (60.3763/83.2690)*100	EB= 72.5075%
7)	EB= (123.7894/83.2690)*100	EB= 148.6620%
8)	EB= (93.5406/83.2690)*100	EB= 112.3354%

CP-388: *Ganoderma subamboinenses*



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Morelos a 18 de mayo de 2023

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
PRESENTE.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **SHEYLA HERRERA ARIAS**, con el título del trabajo: **MÉTODO MODIFICADO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA FÚNGICA DE *Ganoderma spp.***

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis como lo marca el artículo 6° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

ATENTAMENTE

Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: M. EN C. ELIZUR MONTIEL ARCOS

SECRETARIO: M. EN B. LUIS ENRIQUE CRUZ TRUJILLO

VOCAL: DR. ISAAC TELLO SALGADO

SUPLENTE: M. EN C. MARIA IDALIA CUEVAS SALGADO

SUPLENTE: M. EN C. FRANCISCO JAVIER SOTELO RIVERA



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

ISAAC TELLO SALGADO | Fecha:2023-05-18 16:40:26 | Firmante

iLBMfjgWjEts83c+bRNdxT3FP/g9VOBjQ3ZocHawer5PUC1eNqDU4MPqUsLknn9JjsbESn2sanU0d9r00bUP3lNnFGkna2vY1awRFjp2evkeOFYqW0seoiNXBPVTTkZuGnfc
mPin30Ti78E0IR47ypwQDLCPt2tKkaag5OAVHtVvfy/2VXyBLpGwa62oGrs3vov33LkeJpSJC+9v5oS7OJ75AwCHVSEMIulEm/54XKNuNwmmv5Q5WTFs22KuX+vQLfvCOX9A
NYC42Blat7/yR9bSGVnJ0zarKU8m+ityCfrHxz+ssGKSx+d5nKXSYzeBOAXgO+aokK6c2cAQg==

ELIZUR MONTIEL ARCOS | Fecha:2023-05-18 16:41:15 | Firmante

EqTvPRsQTSnBl1YzS9mdWRQLL4KfKhuGwU03VULO0SnD/yMlnUp9Qz3F+b+Em+L9BI9zQ6ldhvz3l/jUziqss+ffeYVwpkdyL4gY1m83u0pKYWm3PYYlt4HZkQ883L8RJE0G3
SN5lfmV2gunwtb3h0J3HooKfJRPIif7j8x85y0dPgBpDmT/EbklqsKJW/6bzBPtq/urvStL6a9Zc5qqy+uEc4gPNP724bz2u8XZyryCoYRXS4U10E90PNXdwHm+5wouD9oo/xqkwZ7Ep
VELtdD708op/n4/otF31z5e06AEQo8nyrk80lkbySTczzwFNi6ZrW4Pvhsfo98lkG59Q==

LUIS ENRIQUE CRUZ TRUJILLO | Fecha:2023-05-19 09:12:17 | Firmante

oswqieh6R0KpiwwklnAzw4XXi4RlsxKoJumcBADIE+QpyNyugpOodL6TCuKwfhXY19T9EIOaMwW1H0xo6YtcFxr0oop59qUp1QDs/Me/b7cLEgqhOF6ZezoyITU6KVSo2oc3LrNrQ
rh2LtXYi5+jY0TKeRU4XFz3cTLnpBbeAHjBTJAwGfNPNZCPyfF4zMvTTWkyhXxVRo+K4e+zTGkq+pWXS0f14d5mFS+Ep/Aiol3DnC5XaxEUzgwADPkJFc1++EbGNb0pfBrGsP
7TEneLxGDFyHIDRbdB/AhVoAnZF1W3HpVIVIP7MIF/ftOCpb7O54AYL2Nt7+dVc6X6Q==

MARIA IDALIA CUEVAS SALGADO | Fecha:2023-05-23 06:42:34 | Firmante

RZV3vsInTnKj82LzXqkaLq60HY4YLwF0spD0ffCQPFYTDLLUf6JymSYRG2/saNp+77jphXg83jLzNc+gxwJRpUEFJUJGlrL1hSL15MjLoKztdBB4Y9hEHH8FyFpHiqFTZKj20obc3
IMuSbxy34PmPP/vqTuK6Hx/0zWaDjEQYdMWes61yKtn9kaoDcSQMQKlIFraUjyf/Nv12dxtXdmKqAC9SoPSjBaRSp8MwxZL+4HNj4R/wZnWU4Wb2Nq8SPaxoJgVBq1CoLH0
rojJ5Puv183rNun3PluKqGU3sUE0b2KuCWM+sAGt/0vFqs2YOTgsIIJzYjlbzg12sw==

FRANCISCO JAVIER SOTELO RIVERA | Fecha:2023-05-24 23:07:15 | Firmante

s0sHSnrBi841F4Uk/lvznm+F3KhK0nTujM9gXmYvv7aOMzLCxbSEvQ8seVGs4r4OenBR8WVYHxb+0fvBFO2DJ9uBRhZ8945fhtHSiFWALInC4KS5OCXUAITzrKVBYE/WFDItIzn
HSY5SXok3/OkCER3dNbtXt8RPFq9CWMj4vWuuDnyJYgrZzT6APLJ5JP+9ldGb217PIN33MbbbNTck4gCT0zIqW5xnwshH2N0bIHWcMgxeDLgl0IHEiuzMXYoTvDBHM32ouj6Jr
Nwmg347wPWetv58GXTbbeila8zj9O3GoVoGpXiMAnXyMPgMx09O4pivBiNTEW2TsB8cEdzQ==

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



T856WxsI0

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/TruF5HdiZsuwyrb5RFDLcTGFKQOJYLI>

