



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN DOCTORADO EN CIENCIAS EN DESARROLLO REGIONAL Y TECNOLÓGICO

TESIS

ESPECIES FÚNGICAS DE SANTA MARÍA YAVESÍA CON POSIBLE
POTENCIAL FARMACOLÓGICO Y NUTRIMENTAL

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS EN DESARROLLO REGIONAL Y TECNOLÓGICO

PRESENTA:

YESENIA ARAGÓN LÓPEZ

DIRIGIDA POR:

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ALMA DOLORES PÉREZ SANTIAGO

CO-DIRECTOR: DR. RICARDO VALENZUELA GARZA

ASESORES

DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA

DR. IVÁN ANTONIO GARCÍA MONTALVO

DRA. BEATRIZ HERNÁNDEZ CARLOS

OAXACA DE JUÁREZ, OAXACA, 15 DE DICIEMBRE DEL 2023



Oaxaca de Juárez; Oax, **20/octubre/2023**
OFICIO No.DEPI/963/2023
ASUNTO: Autorización de impresión de tesis

C. YESENIA ARAGÓN LÓPEZ
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN
CIENCIAS EN DESARROLLO REGIONAL Y TECNOLÓGICO
PRESENTE.

De acuerdo con las disposiciones para la Operación de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, cuyo título es:

ESPECIES FÚNGICAS DE SANTA MARÍA YAVESÍA CON POSIBLE POTENCIAL FARMACOLÓGICO Y NUTRIMENTAL

La división a mi cargo le concede la autorización para que proceda a la impresión de la misma.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Tecnología Propia e Independencia Económica"



 **EDUCACIÓN** |  **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

c.c.p. Expediente
MASM/FDHP/cvby



Oaxaca de Juárez; Oax, **20/OCTUBRE/2023**
OFICIO No.DEPI/0962/2023
ASUNTO: Autorización de impresión de tesis

C. YESENIA ARACÓN LÓPEZ
ESTUDIANTE DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN
CIENCIAS EN DESARROLLO REGIONAL Y TECNOLÓGICO
PRESENTE.

De acuerdo con las disposiciones para la Operación de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, cuyo título es:

ESPECIES FÚNGICAS DE SANTA MARÍA YAVESÍA CON POSIBLE POTENCIAL FARMACOLÓGICO Y NUTRIMENTAL

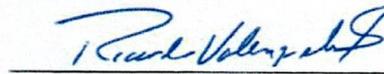
Los abajo firmantes del H. Comité Revisor le concedemos la autorización para que proceda a la impresión de la misma.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
"Tecnología Propia e Independencia Económica"*



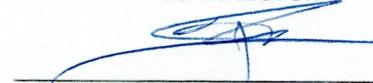
DRA. ALMA DOLORES PÉREZ SANTIAGO
DIRECTORA



DR. RICARDO VALENZUELA GARZA
CO-DIRECTOR



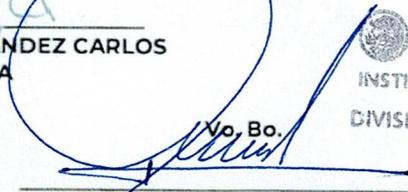
DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA
ASESOR



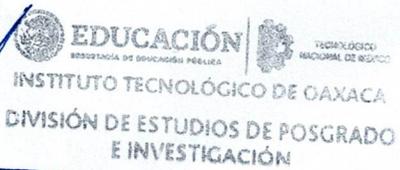
DR. IVAN ANTONIO GARCÍA MONTALVO
ASESOR



DRA. BEATRIZ HERNÁNDEZ CARLOS
ASESORA



DR. MARCO ANTONIO SÁNCHEZ MEDINA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN


EDUCACIÓN | **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN

c.c.p. Expediente
MASM/FDHP/cvbw





CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS.

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 15 del mes de Diciembre del año 2023, la que suscribe Yesenia Aragón López estudiante de programa de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, con número de control D19161665, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis, que se desarrolló bajo la dirección de la Dra. Alma Dolores Pérez Santiago y cede los derechos del trabajo titulado: Especies fúngicas de Santa María Yavesía con posible potencial farmacológico y nutrimental, al TecNM/Instituto Tecnológico de Oaxaca para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información del presente trabajo no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido solicitándolo a la siguiente dirección: yesaragon12@gmail.com.

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Atentamente

Yesenia Aragón López

DEDICATORIA

A mi hija, Ashley Joselyn mi mayor motivación que me impulsa a superarme cada día

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Alma Dolores Pérez Santiago, directora de esta tesis, por su apoyo incondicional y ser guía en este proyecto de investigación.

Al Dr. Ricardo Valenzuela Garza y Biólogo Héctor Aguilar Reyes por el apoyo en la identificación de especies silvestre, su orientación y apoyo en las visitas de las distintas comunidades.

Al Dr. Marco Antonio Sánchez Medina, Dr. Iván Antonio García Montalvo, Dra. Beatriz Hernández Carlos por formar parte de la comisión revisora y colaborar como asesores.

Dra. María del Socorro Pina Canseco por su asesoría en el tiempo de estancia el Centro de Investigación Facultad de Medicina UNAM-UABJO, Facultad de Medicina y Cirugía, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca.

A la Dra. María de Jesús Ramírez Altamirano y la Dra. Diana Matías Pérez por formar parte como revisores externos.

A mis padres por su paciencia, apoyo y comprensión, mostrarme que todo se puede con esfuerzo y dedicación.

A mis compañeros de laboratorio y amigos Moserrat Vargas Ríos, Balería María Hernández Chávez, Helí Miguel Morales, Edibeth José Cruz, Enriqueta Martínez, Kate Stephanie López Reyes por su apoyo incondicional en cada momento.

A la Ingeniera Química Ana Paola Ferreyra Estrada, por su gran apoyo incondicional y donación de medios de cultivo.

A CONAHCYT por la beca otorgada para la realización de los estudios de posgrado en el programa de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico que imparte el Insitituto Tecnológico de Oaxaca

RESUMEN

Los hongos silvestres tienen gran importancia debido a su alto valor nutricional, propiedades medicinales y metabolitos con potente actividad biológica. El presente estudio es de tipo cualitativo y cuantitativo, ya que se realizó un estudio etnomicológico mediante encuestas en línea y de forma presencial en Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca sobre los hongos silvestres nativos, para obtener información sobre el conocimiento general que tiene la comunidad con respecto a la biodiversidad local. De acuerdo a la clasificación por usos, de un total de 14 especies de hongos comestibles solo dos son consumidos por la población. Se realizaron visitas al bosque y se recolectaron diferentes especies de hongos, de las cuáles se describen 52. Se seleccionaron especies de hongos de acuerdo a su disponibilidad en la temporada de lluvias e importancia económica, se inocularon en medios de cultivo para evaluar su crecimiento, desarrollo y producción de metabolitos, de los cuales se identificaron principalmente alcaloides y taninos, así como lectinas. El medio de cultivo donde se registró un mayor crecimiento fue agar suero de naranja. Se realizó el tamizaje fitoquímico del cuerpo fructífero de 12 especies de hongos empleando diferentes solventes, *Exudoporus frostii* (*Boletus frostii*), *Fuscoporia aff. Coronadensis*, *Lactarius chrysorrheu*, *Amanita caesarea*. Se consideraron 5 hongos silvestres para el análisis de su actividad antioxidante, análisis químico proximal y efecto citotóxico sobre la línea celular de cáncer de mama MC-7. Los hongos analizados fueron: *Ganoderma Brownii*, *Trametes versicolor*, *Albatrellus ellisii*, *Fomitopsis pinicola* y *Trichaptum abietinum* los cuales mostraron citotoxicidad contra la línea de cáncer de mama MCF-7.

ABSTRACT

Wild mushrooms are of great importance due to their high nutritional value, medicinal properties and metabolites with potent biological activity. The present study is qualitative and quantitative, since an ethnomycological study was carried out through online and face-to-face surveys in Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca on native wild mushrooms, to obtain information on the general knowledge that the community has regarding local biodiversity. According to the classification by uses, of a total of 14 species of edible mushrooms, only two are consumed by the population. Visits were made to the forest and different species of mushrooms were collected, of which 52 were described. Fungal species were selected according to their availability in the rainy season and economic importance, they were inoculated in culture media to evaluate their growth. development and production of metabolites, of which mainly alkaloids and tannins, as well as lectins, were identified. The culture medium where the greatest growth was recorded was orange serum agar. Phytochemical screening of the fruiting body of 12 species of fungi was carried out using different solvents, *Exudoporus frostii* (*Boletus frostii*), *Fuscoporia* aff. *Coronadensis*, *Lactarius chrysorrheu*, *Amanita caesarea*. Five wild mushrooms were considered for the analysis of their antioxidant activity, proximal chemical analysis and cytotoxic effect on the MC-7 breast cancer cell line. The fungi analyzed were: *Ganoderma Brownii*, *Trametes versicolor*, *Albatrellus ellisii*, *Fomitopsis pinicola* and *Trichaptum abietinum* which showed cytotoxicity against the MCF-7 breast cancer line.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Hongos: Características generales	2
2.1.1 Clasificación de los hongos	2
2.1.2 Características generales de los hongos silvestres	2
2.1.3 Requerimientos esenciales de los hongos	3
2.1.3.1 Elementos necesarios en los hongos	3
2.3.1.2 Vitaminas necesarias en los hongos	4
2.2 Hongos y su relación con el metabolismo	4
2.2.1 Metabolitos	4
2.2.1.1 Metabolitos primarios	5
2.2.1.2 Metabolitos secundarios	5
2.2.1.2.1 Saponinas	5
2.2.1.2.4 Alcaloides	6
2.2.1.2.5 Flavonoides	6
2.2.1.2.6 Quinonas	6
2.2.1.2.7 Glucósidos cardiotónicos	6
2.2.1.2.8 Lectinas	6
2.2.1.2.10 Compuestos fenólicos	10
2.3 Importancia de los hongos	11
2.4 Ensayos colorímetros para la detección de citotoxicidad	14
2.4.1 Ensayo MTT	14
2.4.2 Ensayo Cristal violeta	15
2.3.3 Azul de tripano	15
2.5 Hongos silvestres en Oaxaca	15
3. ANTECEDENTES	17
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
5. HIPÓTESIS	21
6. JUSTIFICACIÓN	22

7. OBJETIVOS	23
7.1 Objetivo general	23
7.2 Objetivos específicos	23
8. MATERIALES Y MÉTODOS	24
8.1 Delimitación de la ruta o camino para la recolección de las especies fúngicas	24
8.1.1 Área de estudio	24
8.2 Recolección y conservación del material biológico	25
8.3 Identificación de hongos silvestres comestibles	25
8.4 Estudio Etnomicológico	26
8.5 Análisis químico proximal	26
8.5.1 Determinación de proteínas	26
8.5.2 Determinación de extracto etéreo	26
8.5.3 Determinación de cenizas	26
8.5.4 Determinación de humedad	26
8.5.5 Determinación de fibra	26
8.5.6 Determinación de carbohidratos	27
8.6 Actividad antioxidante	27
8.6.1 Evaluación de la actividad antioxidante total	27
8.6.2 Determinación de flavonoides totales	27
8.6.3 Evaluación de la reducción de ferrocianuro	28
8.7 Aislamiento y cultivo in vitro del material biológico	28
8.8 Identificación de metabolitos	28
8.8.1 Tamizaje fitoquímico	28
8.8.1.1 Alcaloides	29
8.8.1.2 Flavonoides	29
8.8.1.3 Saponinas	29
8.8.1.4 Taninos	29
8.8.1.5 Cumarinas	30
8.8.1.6 Quinonas	30
8.8.1.7 Glucósidos cardiotónicos	30
8.8.2 Actividad de lectina	30
8.9 Actividad citotóxica	31

8.9.1 Cuantificación de proteínas por método de Bradford	31
8.9.1 Conteo Celular	31
8.9.2 Método cristal violeta	32
8.9.3 Ensayo reactivo MTT	32
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
9.1 Identificación de especies silvestres	33
9.1.1 Identificación de Hongos silvestres de Santa María Yavesía, Ixtlán Oaxaca	33
9.1.2 Hongos de Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca	55
9.2 Estudio Etnomicologico	62
9.2.1 Características de la población	62
9.2.2 Conocimiento general de los Hongos	65
9.3 Análisis químico proximal	68
9.4 Actividad Antioxidante	69
9.5 Caracterización microscópica, aislamiento y cultivo <i>in vitro</i>	71
9.5.1 <i>Myriostoma sp</i>	71
9.5.2 <i>Pisolithus arhizus</i>	73
9.5.3 <i>Boletus exsudopurus</i>	74
9.6 Identificación de metabolitos	75
9.6.1 Identificación de metabolitos por métodos colorimetricos	75
9.6.2 Actividad de Lectina	81
9.7 Actividad citotoxica Células MCF-7	82
9.7.1 Prueba Cristal Violeta	82
9.7.1.1 <i>Albatrellus Ellisii</i>	82
9.7.1.2 <i>Trichaptum abietum</i>	83
9.7.1.3 <i>Trametes versicolor</i>	83
9.7.1.4 <i>Ganoderma brownii</i>	84
9.7.1.5 <i>Fomitopsis pinicola</i>	85
9.7.2 Prueba MTT	85
9.7.2.1 <i>Albatrellus Ellisii</i>	85
9.7.2.2 <i>Trichaptum abietum</i>	86
9.7.2.3 <i>Trametes versicolor</i>	87
9.7.2.4 <i>Ganoderma brownii</i>	87

9.7.2.5 <i>Fomitopsis pinicola</i>	88
10. CONCLUSIÓN	89
11. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS	90
ANEXOS	98
ANEXO I Cuestionario etnomicológico	98
ANEXO II Análisis bromatológico	109
I. Determinación de proteínas	109
II. Determinación de extracto etéreo	109
III. Determinación de Cenizas	110
IV. Determinación de humedad	110
V. Determinación de fibra	110
ANEXO III Preparación de PBS	111
ANEXO IV Reactivo bradford	111

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ciclo vital de la vida de un hongo basidiomiceto	3
Figura 8.1 Esquema general de la metodología	24
Figura 8.2 Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos	25
Figura 9.1 Especies de hongos del género <i>Amanita</i> encontrados en Santa María Yavesía	33
Figura 9. 2 Hongos orden <i>boletales</i> encontrados en Santa María Yavesía	34
Figura 9.3 Hongos orden <i>Polyporaceae</i> encontrados en Santa María Yavesía	35
Figura 9. 4 Hongos <i>gasteroides</i> encontrados en Santa María Yavesía	36
Figura 9.5 Hongos Comestibles encontrados en Santa María Yavesía	37
Figura 9.6 Partes de <i>Amanita caesarea</i> y <i>Amanita muscaria</i>	38
Figura 9. 7 <i>Cortinarius sp</i>	39
Figura 9. 8 <i>Clytocybe clavipes ft</i>	39
Figura 9.9 Hongos medicinales encontrados en Santa María Yavesía	40
Figura 9.10 Hongo de Santa María Yavesía	41
Figura 9. 11 Imagen Mapa del recorrido a Santa María Yavesía el 25 de septiembre 2020.	51
Figura 9. 12 Imagen mapa satélite del recorrido en Santa María Yavesía 25 de septiembre 2020	51
Figura 9. 13 Referencia con foto del punto 15 de Santa María Yavesía	52
Figura 9.14 Hongos de Santa María Yavesía marcados con puntos de referencia.	54

Figura 9.15 Imagen mapa satélite del recorrido en Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca	55
Figura 9.16 Hongos <i>gasteroides</i> encontrados en Yaxe, Ocotlán de Morelos	59
Figura 9.17 Hongos <i>Polyporales</i> encontrados en Yaxe, Ocotlán de Morelos	60
Figura 9.18 Hongos con potencial biotecnológico (tinción) encontrados en Yaxe, Ocotlán de Morelos	61
Figura 9.19 Hongos Comestibles encontrados en Yaxe, Ocotlán de Morelos	61
Figura 9.20 <i>Myriostoma sp.</i>	71
Figura 9.21 <i>Myriostoma</i> Actividad de lectina	72
Figura 9.22 <i>Myriostoma</i> Actividad de lectina	72
Figura 9.23 Basidiosporas de <i>Pisolithus arhizus</i>	73
Figura 9.24 <i>Exsudoporus frostii</i>	74
Figura 9. 25 Extractos de hongos PBS	75

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 9.1 Nivel de escolaridad de habitantes de Santa María Yavesía	65
Gráfica 9.2 Porcentaje de las personas que hablan una Lengua indígena	63
Gráfica 9.3 Rango de edad de personas que hablan una lengua indígena	63
Gráfica 9.4 Rango de edad de personas que no hablan una lengua indígena	63
Gráfica 9.5 Porcentaje del tiempo de estancia en la comunidad	64
Gráfica 9.6 Rango de edad con respecto al tiempo de estancia en la comunidad	64
Gráfica 9.7 Definición que tienen los habitantes de la comunidad con respecto a los hongos	65
Gráfica 9.8 Importancia de los hongos en el ecosistema	65
Gráfica 9.9 Conocimiento general de Hongos	66
Gráfica 9.10 Periodo de consumo de hongos silvestres	66
Gráfica 9.11 Método de conservación de hongos silvestres	67
Gráfica 9.12 Viabilidad celular, prueba cristal violeta <i>Albatrellus ellisii</i>	82
Gráfica 9.13 Viabilidad celular, prueba cristal violeta <i>Trichaptum abietum</i>	83
Gráfica 9.14 Viabilidad celular, prueba cristal violeta <i>Trametes versicolor</i>	84
Gráfica 9.15 Viabilidad celular, prueba cristal violeta <i>Ganoderma brownii</i>	84
Gráfica 9.16 Viabilidad celular, prueba cristal violeta <i>Fomitopsis pinicola</i>	85
Gráfica 9.17 Viabilidad celular, prueba MTT <i>Albatrellus ellisii</i>	86
Gráfica 9.18 Viabilidad celular, prueba MTT <i>Trichaptum abietum</i>	86
Gráfica 9.19 Viabilidad celular, prueba MTT <i>Trametes versicolor</i>	87
Gráfica 9.20 Viabilidad celular, prueba MTT <i>Ganoderma brownii</i>	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Lectinas de hongos basidiomicetos	5
Tabla 2.2 Hongos comestibles Oaxaca y su relación con arboles hospederos	11
Tabla 2.3 Propiedades medicinales de los hongos comestibles silvestres comercializados en mercados de Valles Centrales de Oaxaca	15
Tabla 9.1 Clasificación taxonómica de algunos de los hongos de Santa María Yavesía	42
Tabla 9.2 Nombres científico y común de algunos hongos de Santa María Yavesía	44
Tabla 9.3 Uso potencial de algunos hongos de Santa María Yavesía	46
Tabla 9.4 Compuestos bioactivos y árboles hospederos de algunos hongos de Santa María Yavesía.	49
Tabla 9.5 Datos de posición de los puntos marcados en el recorrido del bosque a Santa María Yavesía 25 de septiembre 2020.	52
Tabla 9.6 Uso potencial de algunos hongos de Yaxe	56
Tabla 9.7 Compuestos bioactivos y árboles hospederos de algunos hongos de Yaxe	58
Tabla 9.8 Resultados del análisis químico proximal	68
Tabla 9.9 Resultados de la evaluación antioxidante	69
Tabla 9.10 Análisis Fitoquímico de extractos de especies de hongos silvestres	76
Tabla 9.11 Análisis Fitoquímico de extractos de especies de hongos silvestres en tres diferentes solventes	78
Tabla 9.12 Actividad Hemaglutinante de especies de hongos silvestres	81

ABREVIATURAS

AEM: Agar Extracto de Malta

ASN: Agar Suero de Naranja

C₆FeK₄N₆: Ferrocianuro de potasio

DO: Densidad Optica expresada en nm

DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidracilo

FeCl₃: cloruro férrico

g: gramos

H₃BO₃: ácido bórico

H₂SO₄: ácido sulfúrico

H₂O₂: peróxido de hidrógeno

HCl: Ácido clorhídrico

ml: Mililitros

mg: miligramos

Min: Minutos

MTT: Bromuro de 3 -(4,5-dimetiltiazol-2-ilo)-2,5- difenitetrazol)

NaOH: Hidróxido de sodio

NaClO: hipoclorito de sodio

NaCl: Cloruro de sodio

NH₃: Amoniac

NH₄OH: Hidróxido de amonio

PBS: Phosphate Buffer Saline (Buffer salino de fosfato)

PDA: Agar Papa Dextrosa

μl: Microlitros

μg: Microgramos

-OH: Grupo hidroxilo

GLOSARIO

Antibiótico: Medicamentos capaces de contrarrestar infecciones causadas por bacterias.

Antibacteriano: Puede combatir infecciones por bacterias.

Antifúngico: Puede combatir infecciones por hongos.

Antiinflamatorio: Capaz de combatir o reducir la inflamación.

Antitumoral: Previene o reduce crecimiento anormal de las células

Actividad biológica: Efecto que ejerce una muestra sobre los seres vivos, dónde se evalúa la presencia de metabolitos secundarios como alcaloides, saponinas, esteroides, flavonoides, taninos, polifenoles, antraquinonas, glucósidos cianogénicos.

Antioxidante: Compuestos que interaccionarán con radicales, es decir tienen esa capacidad de captar los radicales libres y los neutralizan.

Citoprotectoras: Fármacos cuya función es ser inhibidores de la secreción ácida en mucosa gástrica

Citotoxicidad: Alteración de la función celular por una sustancia que produce un daño el cuál que puede ser detectado, utilizando parámetros de medición como viabilidad celular o la proliferación celular.

Enzima: Proteínas complejas o oligómero compuesto por varias subunidades, utilizados como catalizadores en reacciones.

Extracto etéreo: Cantidad de grasa contenida en un alimento.

Glucano: Polisacáridos formados específicamente por unidades monómeras del monosacárido D-glucosa.

Hiperglucemia: Glucosa en sangre alta.

Hongos Ectomicorrizicos: Son aquellas especies fúngicas que proporcionan beneficios a la planta o árbol, debido a la simbiosis entre ellos la cuál favorece en la capacidad de suministrar los nutrientes y hace que ambos tengan crecimiento.

Inmunomodulador: Sustancia o compuesto químico capaz de estimular o deprimir el sistema inmunitario.

Línea celular MCF-7: Hace referencia al cáncer de mama.

Membrana plásmatica: También llamada membrana celular, es la que se encarga de separar el interior de la célula del ambiente exterior.

Metabolito secundario: Compuesto orgánico que puede ser sintetizado por el organismo y que no interviene con el crecimiento o reproducción del mismo.

Mitocondria: son orgánulos cuya forma puede variar (esférica, bastoncillo), se encuentran en las células eucariotas.

MTT (ensayo): Técnica basa en método colorimétrico empleando colorante de la familia de sales de tetrazolio, el bromuro de 3-(4,5-dimetil-2-tiazolil-2,5-difeniltetrazólico para evaluar efectos de citotoxicidad..

Nutracéutico: Término asignado a alimentos o ingredientes con alto valor nutricional y que ejercer una acción en beneficio de la salud.

Polisacárido: Carbohidratos complejos formados por un gran número de azúcares simples, constituidos por un gran número de monosacáridos unidos mediante enlaces glucósidos.

Potencial farmacológico: Término asignado a la actividad biológica y concentración necesaria para producir un efecto.

Pared celular: Capa de forma rígida y resistente localizada en el exterior de la membrana plasmática en las células.

Poder reductor: Término utilizado en química en reacciones de reducción-oxidación, por la capacidad de ciertas biomoléculas de actuar como. donadoras de electrones o receptoras.

Polifenoles: Moléculas antioxidantes con alto poder antioxidante en nuestro organismo con acciones como antiinflamatoria y antitrombótica.

Simbiosis: Relación e interacción entre dos o más organismos biológicos.

Triterpenoides: Son triterpenos que pertenecen al grupo de saponinas compuestas.

Viabilidad celular: Relación de células vivas y funcionales existentes en un paquete celular.

1. INTRODUCCIÓN

Debido al interés en la extracción y búsqueda de compuestos químicos para el tratamiento y prevención de diversas enfermedades, se han realizado pruebas en hongos silvestres considerando sus incipientes propiedades medicinales, antimicrobianas, antifúngicas, hipocolesterolémicas, antivirales, antibacteriana, anticancerígenas, antioxidantes y antitumorales, (Barros *et al*, 2008; Yu-Cheng *et al*, 2009) , cuyos principios activos anticancerígeno por ejemplo, están bioquímicamente representados por lectinas y metabolitos secundarios. Tan solo en México se encuentran alrededor de 200,000 especies fúngicas (Guzmán, 2008a.). Oaxaca es un estado reconocido por su tradiciones culturales que alberga una gran biodiversidad de especies distribuidas en diferentes comunidades, en las cuales se pueden encontrar hongos con potencial medicinal como lo son *Amanita Caesarea* con propiedad antioxidante, antibacteriana, antiinflamatoria (Yamac y Bilgili 2006 ; Ramírez- Anguiano *et al*. 2007; Guzmán 2008a), *Cantharellus tubaeformis* con propiedad antibacteriana (Queiros *et al*. 2009; Barros *et al*. 2008; Yu-Cheng *et al*. 2009) ,*Cantharellus cibarius* con propiedad antioxidante, antibacteriana, antitumoral (Yu-Cheng *et al*. 2009), *Cantharellus tubaeformis* con propiedad antibacteriana (Yamac y Bilgili 2006 ; Murcia *et al* 2002). *Hydnumrepandum* con propiedad antioxidante, antitumoral y antibacteriana, (Takahashi *et al*. 1992), *Hypomyces lactifluorum* reportado para tratar los dolores de cabeza (Guzmán 2008a), *Laccaria amethystina* con propiedad antitumoral (Yu-Cheng *et al*. 2009), *Laccaria Laccata* con propiedad antitumoral (Yu-Cheng *et al*. 2009), *Lactarius volemus* con propiedad antitumoral (Yu-Cheng *et al*. 2009). Sin embargo, existen comunidades como Santa María Yavesía que no cuentan con información y orientación sobre las especies fúngicas silvestres que alojan sus bosques. Por lo que el objetivo de este trabajo fue identificar las especies de hongos con un posible potencial medicinal, económico y biotecnológico, dadas las propiedades de estos hongos silvestres y su uso potencial como nueva fuente de metabolitos de interés farmacológico, así como la identificación de metabolitos secundarios presentes en las especies silvestres.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Hongos: Características generales

Los hongos son organismos que incluyen especies grandes y visibles, la mayor parte no son comestibles, existen especies venenosas y letales con un mínimo porcentaje, algunas especies comestibles ya son cultivados y se venden en los supermercados (FAO, 2005), se encuentran más emparentados con los animales que a las plantas, es por ellos que se dividen actualmente en tres reinos. (FAO, 1998a), todos tienen diferentes formas, tamaños y colores. El término micetozoa es usado para especies que se pueden observar y producen esporas, comúnmente la palabra “carpóforos” o “cuerpos fructíferos”, esta también llamada seta se compone de láminas. Donde tienen tejido de filamentos que forman un micelio, el color, forma y modo en los cuales las esporas se desarrollan ayudan a identificar el hongo (FAO, 2005).

2.1.1 Clasificación de los hongos

Los hongos se clasifican según las características comunes entre cada especie fúngica, entre las cuales destacan principalmente los ascomicetos y basidiomicetos, entre las características que más destacadas está la capacidad de formar cuerpos fructíferos o bien carpóforos, durante su etapa sexual los cuales permiten su reproducción al liberar y dispersar esporas. Los ascomicetos tienen una fase asexual en la cual se forman conidios las cuales son esporas asexuales y otra fase sexual la cual es la encargada de producir cuerpos fructíferos, estas esporas son formadas de manera sexual en bolsas al interior de la seta, llamadas ascas.

Los basidiomicetos son estructuras típicas de setas formadas por píleo o sombrero, estipe o pie, donde el himenio está formado por láminas, este mismo es donde se producen las esporas (Figura 2.1). Esta a su vez es clasificada en tres grupos: subdivisión *Agaricomycotina* que corresponde a la clase *agaricomycetes* formada por setas de lámina y tubos y *tremellomycetes* formada por setas irregulares de consistencia gelatinosa, subdivisión *Pucciniomycotina*, subdivisión *Ustilaginomycotina* (Castro-Cachinero & Moreno-Vega, 2014), la clasificación más común conocida es la división del reino fungi en 4 filos: *Basidiomycota*, *Ascomycota*, *Zygomycota* y *Deuteromycota*.

2.1.2 Características generales de los hongos silvestres

Son organismos eucariotas compuestos de citoplasma, contiene un núcleo donde se encuentra el material genético, se alimentan por absorción, presentan quitina en sus paredes celulares, sus esporas pueden ser unicelulares o pluricelulares y su reproducción puede ser asexual y sexual (Castro, 2014),

son heterótrofos se alimentan por absorción, en las láminas de los hongos basidiomicetos se liberan esporas, la zona más fértil es el himenio.

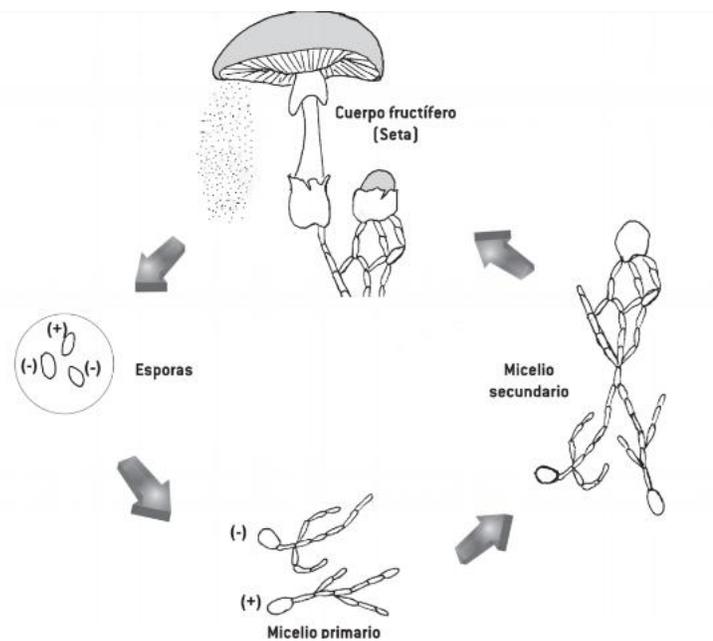


Figura 2.1 Ciclo vital de la vida de un hongo basidiomiceto

Fuente: Castro-Cachinero & Moreno-Vega, 2014.

2.1.3 Requerimientos esenciales de los hongos

2.1.3.1 Elementos necesarios en los hongos

Los hongos necesitan ciertos elementos para su reproducción y crecimiento entre los cuales se encuentra el Magnesio el cuál dentro de la célula participa en procesos metabólicos como regulador, la concentración depende de la especie y su etapa de crecimiento así como la composición química del hongo, el fósforo si bien se conoce que algunas especies secretan fosfatasas, dónde se libera fosfato el cuál interviene en la composición de algunas moléculas cuya función es almacenar energía, el azufre el cuál interviene en la composición química de proteínas y vitaminas, potasio como regulador osmótico, participando en la activación de enzimas, calcio en la estimulación de las esporas, cobre actúa como activador de enzimas como la oxidasa sin embargo también es inhibidor del crecimiento fúngico, hierro de igual manera es un activador enzimático de porfirinas, su función radica en la transferencia de electrones, el zinc ocasiona alteraciones fisiológicas si se tiene omisión del mismo en los medios de cultivo, molibdeno tiene la capacidad de unirse a hidratos de carbono como glucosa, manganeso

modifica su morfología, el cobalto es un activador de enzimas, el sodio involucra intercambio de iones algunos hongos marinos lo requieren para su crecimiento, algunos otros elementos como boro, vanadio, uranio y escandio actúan como micro nutrientes, necesarios en pequeñas cantidades y se encuentran presentes en diferentes contaminantes como el agua, reactivos (Freyre et al., 1997).

2.3.1.2 Vitaminas necesarias en los hongos

Los hongos necesitan compuestos orgánicos para su desarrollo, crecimiento y la producción de los diferentes metabolitos, estos compuestos son las vitaminas, dependiendo de la especie es el requerimiento de las mismas ya que estos pueden sintetizar sus requerimientos de vitaminas recibiendo del nombre de auxoautótrofos los que no pueden sintetizar auxoheterótrofos.

Estas vitaminas son la Tiamina (vitamina B₁) donde la mayoría de los hongos la sintetiza, requiriendo la molécula completa o alguna subunidad, Biotina donde se une covalentemente a enzimas de carbono, Riboflavina es un transportador activo en la estimulación de cationes monovalentes, algunas otras vitaminas como piridoxina o vitamina B₆ son de vital importancia para el crecimiento de las especies fúngicas (Freyre et al., 1997).

No olvidando la cantidad de Oxígeno y CO₂ que necesitan para su desarrollo y crecimiento los cuáles son importantes para la morfología fúngica.

2.2 Hongos y su relación con el metabolismo

El metabolismo es un conjunto de procesos químicos que puede llevar una serie de reacciones enzimáticas formando componentes orgánicos (Luran, 1997).

2.2.1 Metabolitos

La importancia de las actividades bioquímicas de las bacterias, hongos, algas, plantas superiores y más recientemente células animales, se comenzó a utilizar la denominación metabolismo primario y metabolismo secundario. Los metabolitos primarios a aquellos de distribución amplia y los secundarios de distribución reducida (Luran, 1997).

Algunas propiedades bioactivas que presentan estos metabolitos son Lectinas como agente anticancerígeno, Alcaloides: agentes analgésicos, Flavonoides: agente antioxidante, Saponinas: actividad hemolítica, Taninos: agente antioxidante, Cumarinas: agente anticoagulante, Quinonas: agente antimicrobiano, Glucósidos cardiotónicos: Efecto isotrópico positivo y Sesquiterpenlactonas: actividad citotóxica.

2.2.1.1 Metabolitos primarios

Son aquellos que siguen rutas en todos los organismos estando involucrados en los procesos de degradación (catabolismo) de moléculas con producción de energía así como en la síntesis (anabolismo) de compuestos químicos tales como lípidos, carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos, tienen constituciones químicas relativamente simples (Luran, 1997).

2.2.1.2 Metabolitos secundarios

Son producidos por vías biosintéticas largas y complicadas, son difíciles de integrar a la fisiología inmediata, son biosintetizados en el caso de las bacterias y los hongos bajo condiciones de cultivo líquido sumergido (Luran, 1997). Entre los principales metabolitos secundarios tenemos: antibióticos, ciclosporinas, ácidos mevinicos, alcaloides, compuestos antifúngicos, etc, los mismos que han sido aislados de hongos de suelo; géneros como *Aspergillus*, *Penicillium*, *Acremonium*, *Fusarium* tienen la capacidad de sintetizar estas estructuras (Osterhage, 2001; Gutiérrez et al., 2000).

2.2.1.2.1 Saponinas

Son compuestos bioactivos clasificados en esteroides y triterpenoides. Los esteroides predominan en los compuestos con 27 átomos de carbono que conforman la estructura central y los triterpenoides están compuestos por agliconas con 30 átomos de carbono (Thakur et al., 2011).

2.2.1.2.2 Taninos

Son polímeros polifenólicos los cuales son solubles en agua. Contienen grupos hidroxilo fenólicos los cuales les aumentan su capacidad de formar complejos con las proteínas y en menor cantidad con iones relacionados con algún metal, aminoácidos y polisacáridos. (Patra y Saxena, 2011; Makkar y Becker, 2007).

2.2.1.2.3 Cumarinas

Derivados de compuestos heterocíclicos que contiene 1-benzopirano-2-ona, los cuales pueden unirse a otros heterociclos formando compuestos como las furanocumarina, estos compuestos a su vez son sensibles a numerosos aniones e iones metálicos los cuales desempeñan un parte importante para el ser humano y el medio ambiente, por su importancia o a bien el grado de su toxicidad. (Liu et al., 2013).

2.2.1.2.4 Alcaloides

Son compuestos heterocíclicos que los cuáles se sintetizan a partir de aminoácidos (triptofano, tirosina, fenilalanina, lisina, arginina), los cuáles permiten clasificarlos de diferentes formas da acuerdo a sus propiedades farmacológicas (modificadores del sistema nervioso, alucinógenos), su distribución o su origen (Chavarro et al., 2020).

2.2.1.2.5 Flavonoides

Compuestos polifenólicos comprendidos identificados en el grupo de cetona, siendo los más numerosos, los cuales son utilizados como colorantes, tienen la presencia de una coloración amarilla, siendo un grupo diverso de fitonutrientes los cuales se encuentran comúnmente en muchas frutas, verduras, especias y hongos, clasificados en flavonoides, los isoflavonoides, los neoflavonoides y los antocianos, estos también pertenecen a la familia de los compuestos antioxidantes (Nature Communications, 2019; Fundación CANNA, 2022).

2.2.1.2.6 Quinonas

Son compuestos carbonílicos saturados, cuyas reacciones pueden interpretarse en la adición de aminas, estas poseen coloraciones intensas, se obtienen por oxidación de los difenolos en *o*- y *p*-manteniéndose en equilibrio redox, consideradas como cetonas insaturadas, los fenoles también son fácilmente oxidables a quinonas (Primo, 1995).

2.2.1.2.7 Glucósidos cardiotónicos

Son compuestos obtenidos en su mayoría de plantas, poseen a su vez propiedades medicinales como la potencia de la fuerza de contracción del corazón, entre los cuáles se encuentran los digitálicos y los estrofantos, (Peret-Riera, 1971; Malgor y Valsecia, 2000).

2.2.1.2.8 Lectinas

Se aplica a proteínas o glicoproteínas de origen no inmune que reconocen de manera específica carbohidratos de la superficie celular o en suspensión, aglutinan células y precipitan glicoconjugados, las cuáles contienen dos o más sitios de unión por los carbohidratos, unidos por interacciones débiles que aseguran la especificidad (Hernández-Cruz et al., 2005; Jeremy, 2007).

Nikitina, Loshchinina y Vetchinkina (2017) en una revisión bibliografía mencionan las diferentes lectinas encontradas de especies fúngicas, esta revisión hace referencia a hongos basidiomicetos mostrados en la Tabla 2.1 donde se observan lectinas intracelulares y extra celulares.

Tabla 2.1 Lectinas de hongos basidiomicetos

Especie	Masa molecular KDa	Azúcar específico
Lectina Intracelular		
<i>Agrocybe aegerita</i>	32	Mucina
<i>Armillaria mellea</i>	Nd	Fenil β -D-glucopiranosido
<i>Cerrena maxima</i>	Nd	Galactosa, Manosa, Lactosa
	Nd	Galactosa
	Nd	N-acetil-D-galactosamina, galactosa
<i>Cerrena unicolor</i>	Nd	Manosa, galactosa, N-acetil-D-glucosamina
	15-116	Galactosa
<i>Fomes fomentarius</i>	Nd	Arabinosa, manosa, Fructosa, maltosa, lactosa, rafinosa, Methyl- α -D-Glucosa, Metil- α -D-Manosa
	Nd	Arabinosa, glucosa, manosa, galactosa, maltosa, fructosa, N-acetil-D-glucosamina
<i>Ganoderma applanatum</i>	Nd	N-acetil-D-glucosamina
<i>Ganoderma lucidum</i>	18	Mucina submaxilar de bovino asialo-bovino, asialofetuin, fetuin
	Nd	Arabinosa

Continuación de la Tabla 2.1 Lectinas de hongos basidiomicetos

Especie	Masa molecular KDa	Azúcar específico
Lectina Intracelular		
<i>Ganoderma ramnosissimum</i>	Nd	N-acetil-D-glucosamina
<i>Ganoderma sp.</i>	Nd	Arabinoasa, manosa, fructosa, maltosa, lactosa, Metil- α -D-glucosa, Metil- α - D- Manosa
<i>Grifola umbellata</i>	Nd	Ácido Galacturónico
<i>Gymnopilus spectabilis</i>	Nd	Galacturónico, glucurónico, y ácidos siálicos
<i>Lactarius deliciosus</i>	37	D-Gal β 1 \rightarrow 3D-GalNAc
	16 y 45	L-D-melibiosa, D-lactosa,
	16 y 42	D-galactosa
	16, 39,	
<i>Lentinus edodes</i>	42 y 45	
	130, 140 y 150	L-D-melibiosa, D-lactosa, D-galactosa, D- galactosamina, N-acetil-D-galactosamina, N-acetil-D-glucosamina
<i>Lentinus squarrosulus</i>	Nd	Rafinosa, D-sacarosa, ribosa, D-maltosa
	55	Mucin, asialofetuin
<i>Panafolus papillionaceus</i>	Nd	Glucosa, galactosa, manosa, fucosa, N-acetil glucosamina, Ramnosa.

Continuación de la Tabla 2.1 Lectinas de hongos basidiomicetos

Espece	Masa molecular KDa	Azúcar específico
Lectina Intracelular		
<i>Pleurotus ostreatus</i>	125, 110, 69, 8, y 1.5 -2 Nd	Manosa N,N-diacetil-quitobiosa
<i>Punctularia atropurpurascens</i>	67	N-acetil-D-glucosamina
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	124 , 68.7 y 55.2	Galactosa, fetuin de ternera fetal, bovino lactoferrina, transferrina bovina, peroxidasa de rábano picante
<i>Termitomyces clypeatus</i>	Nd	Glucosa, galactosa, manosa, fucosa, ramnosa
<i>Trametes versicolor</i>	Nd	Galactosa
<i>Trametes sp.</i>	Nd	Arabinosa, manosa, lactosa, rafinosa, metil- α - D-glucosa, metil- α -D-manosa
<i>Tricholoma mongolicum</i>	37	Lactosa
<i>Volvariella volvacea</i>	32 Nd	Tiroglobulina Glucosa, galactosa, manosa, fucosa, ramnosa

Continuación de la Tabla 2.1 Lectinas de hongos basidiomicetos

Especie	Masa molecular KDa	Azúcar específico
Lectinas ligadas a la superficie		
<i>Grifola frondosa</i>	68	D-ramnosa
<i>Lactarius deterrimus</i>	37	β-D-galactosil (1→3) – D- N- acetil-galactosamina
<i>Pleurotus cornucopiae</i>	40	N-acetil-D-galactosamina
Lectinas Extracelulares		
<i>Ganoderma lucidum</i>	18	Mucina submaxilar de bovino asialo-bovino, asialofetuin, fetuin
<i>Lentinus edodes</i>	43 y 37	L1, galactosa, lactosa, ramnosa,; L2, galactosa, lactosa, arabinosa, manitol
<i>Schizophyllum commune</i>	Nd	Manosa

Nd: No identificado

2.2.1.2.10 Compuestos fenólicos

Son compuestos funcionales con efectos en la prevención o en el tratamiento de enfermedades, determinadas mediante la actividad antioxidante, estos compuestos cuentan con un anillo aromático, uno o más grupos -OH, abordando moléculas simples como los flavonoides y otras altamente polimerizadas como taninos, estos metabolitos presentes en plantas y hongos desempeñan funciones antibacterianas, anticancerígeno, antitumoral y antifúngicos entre otros, participando en mecanismos de reparación celular (Crozier, 2006), esta actividad es determinada por la estructura del compuesto, es decir, al número de anillos fenólicos presentes y los elementos a los cuáles se unen dichos anillos Su actividad biológica está determinada por su estructura, y en base a ella se pueden clasificar en distintos

grupos en función del número de anillos fenólicos que contengan y de los distintos elementos estructurales que unen los anillos: ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos (Tucker y Robards, 2008).

2.3 Importancia de los hongos

Los hongos han presentado gran relevancia por sus propiedades medicinales (antibacteriano, antifúngicas, antitumorales, anticancerígenas, antioxidantes, cicatrizantes, entre otros), por su valor nutricional considerando usos gastronómicos por la presencia de un aroma y sabor característico que depende de la especie fúngica, el impacto ambiental que estos generan por la estrecha relación con los arboles mediante las micorrizas, y su uso biotecnológico en la búsqueda de metabolitos de interés farmacéutico, lectinas y en la extracción de colorantes de origen natural, demostrando su gran fijación en textiles.

Los hongos silvestres considerados medicinales han demostrado tener propiedades antitumorales y anticancerígenas las cuáles han sido evaluadas con diferentes métodos de citotoxicidad de los cuáles algunos se mencionan a continuación en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Propiedades medicinales de los hongos silvestres

Especie	Propiedades medicinales	Referencia
<i>Amanita caesarea</i>	Antioxidante, antibacteriano, antiinflamatorio.	Ramírez-Anguiano et al., 2007; Yamac y Bilgili, 2006; Guzmán, 2008a.
<i>Cantharellus cibarius</i>	Antioxidante, antibacteriano, mejora de la vista, infecciones gastrointestinales, antitumoral.	Queiros et al., 2009; Barros et al., 2008; Yu-Cheng et al., 2009.
<i>Cantharellus tubaeformis</i>	Antibacteriano.	Yu-Cheng et al., 2009.
<i>Hydnum repandum</i>	Antioxidante, antibacteriano, antitumoral, dolor de cabeza.	Murcia et al., 2002; Yamac y Bilgili, 2006; Takahashi et al., 1992.
<i>Hypomyces lactifluorum</i>	Antitumoral.	Guzmán, 2008a.

<i>Laccaria amethystina</i>	Antitumoral.	Yu-Cheng et al., 2009.
<i>Laccaria Laccata</i>	Antitumoral.	Yu-Cheng et al., 2009.
<i>Lactarius volemus</i>	Antioxidante, antibacteriano, antitumoral	Yu-Cheng et al., 2009.
<i>Lepista nuda</i>	Antioxidante, tratamiento de lumbalgia y esquelalgia, antitumoral.	Elmastas et al., 2007; Yamac y Bilgili, 2006; Queiros et al., 2009; Yu-Cheng et al., 2009.
<i>Marasmius oreades</i>	Antitumoral, Tonificante del estómago, tratamiento de bronquitis, antitumoral.	Yu-Cheng et al., 2009.
<i>Ramaria aurea</i>	Antiinflamatorio, tratamiento de la hepatopatía, antitumoral	Yu-Cheng et al., 2009; Ebina et al., 2002.
<i>Cordyceps sobolifera</i>	Alivio de espasmos palpitaciones, tos, irritación e inflamación de garganta. Agente desintoxicante.	Liu y Bau, 1980.
<i>Poria cocos</i>	Tratamiento de ictericia, estados febriles y edemas. Antitusivo, diurético. Fortalecimiento del bazo e inducción de la menstruación.	Hobbs, 2003; Chang, 1996
<i>Tremella fulciformis</i>	Tratamiento de úlceras y traqueítis crónica. Agente antipirético. Efectos antitumorales, inmunoestimulante e hipocolesterolémico.	Hobbs, 2003; Liu y Bau, 1980
<i>Auricularia auricula</i>	Analgésico y activador de la circulación sanguínea. Estimulador de los movimientos intestinales.	Ying, 1987; Kim y Song 2014; Oyetayo, 2011.
<i>Hericium erinaceus</i>	Tratamiento de úlceras gástricas y duodenales, gastritis crónica y gastritis crónica atrófica. Mejora el estado de salud de los enfermos de la demencia de Alzheimer. Efectos anticancerígeno frente a carcinomas gástricos, esofágicos y cervico uterinos.	Mizuno; 1995; Kawagashi, Ando et al., 1990; Kawagashi, Ando et al., 1991.
<i>Trametes versicolor</i>	Tratamiento de la inflamación del aparato urinario, del tracto digestivo, del aparato respiratorio superior, infecciones, enfermedades hepáticas, diabetes, estados de debilidad e incluso ciertos tipos	Ooi, 2000; Tsukagoshi, Hashimoto et al., 1984; Kobayashi, Matsunaga et al., 1993; Kobayashi- Matsunaga

	de tumores.	et al., 1995; Oba, Teramukai et al., 2007; Kim y Song, 2014; Jong y Yang 1999.
<i>Grifola frondosa</i>	Efectos hipocolesterolémicos, hepatoprotectores, antidiabéticos y de reducción de la presión sanguínea. Tratamiento de dolencias estomacales o esplénicas, hemorroides, enfermedades de próstata y reumáticas. Agente calmante, revitalizante y antioxidante.	Hobbs, 2003; De Diego Calonge; 2011.
<i>Flammulina velutipes</i>	Mantenimiento de la salud hepática y gastrointestinal. Propiedades anticancerígenas compuestos antivíricos.	Ooi, 2000; Ikekawa, 1995; De Diego Calonge, 2011.
<i>Inonotus obliquus</i>	Cancer, prevención de tuberculosis y de enfermedades cardíacas, hepáticas y gástricas.	Kim y Song, 2014; Maret, 1991; Huang, 2002.
<i>Phellinus hartigii</i>	Cáncer	Kim y Song, 2014.
<i>Phellinus linteus</i>	Cancer, inmunodeficiencia, enfermedades hepáticas.	Kim y Song, 2014.
<i>Phellinus ribis</i>	Dolores postparto, cáncer	Kim y Song, 2014.
<i>Morchella esculenta</i>	Cáncer	Kim y Song, 2014.
<i>Fomes fomentarius</i>	Dolor abdominal, alopecia, cáncer, resfriados, estreñimiento, problemas oculares, fiebre, glicosuria, hipertensión, indigestiones en la infancia, cáncer hepático, cirrosis, obesidad, parálisis, tuberculosis pulmonar	Kim y Song, 2014.
<i>Wolfiporia cocos</i>	Analgésico, ansiedad, problemas de la circulación sanguínea, cáncer, hiperhidrosis, insomnio, menorragia, enfermedades renales, trombosis.	Kim y Song, 2014.
<i>Pholiota nameko</i>	Cáncer	Kim y Song, 2014.
<i>Tricholoma</i>	Cáncer, cáncer gástrico, amigdalitis	Kim y Song, 2014.

<i>matsutake</i>		
<i>Pleurotus tuber-regium</i>	Dolor de cabeza, resfriados, fiebre, dolor de estómago, estreñimiento	Oyetayo, 2011.
<i>Lentinus squarrosulus</i>	Paperas, enfermedades coronarias	Oyetayo, 2011.
<i>Termitomyces microcarpus</i>	Gonorrea	Oyetayo, 2011.
<i>Calvatia cyathiformis</i>	Leucorrea	Oyetayo, 2011.
<i>Ganoderma resinaceum</i>	Reducir nivel de azúcar en sangre y proteger células hepáticas	Oyetayo, 2011.
<i>Ganoderma applanatum</i>	Hipertensión, reducir nivel de azúcar en sangre, y antioxidante	Oyetayo, 2011.
<i>Schizophyllum commune</i>	Diabetes	Oyetayo, 2011.
<i>Volvariella volvacea</i>	Antibiótico y antineoplásico	Oyetayo, 2011.
<i>Daldinia concentrica</i>	Úlcera gástrica, enfermedades de la piel, tos ferina y la prevención del crecimiento excesivo del feto	Oyetayo, 2011.
<i>Polyporus officinalis</i>	Hernias, tos, catarros	Oyetayo, 2011.
<i>Termitomyces microcarpus</i>	Promotor de la salud e inducir lactancia materna	Tibuhwa, 2012.
<i>Termitomyces titanicus</i>	Dolor abdominal, dolor de estómago, úlceras y estreñimiento	Tibuhwa, 2012.

2.4 Ensayos colorímetros para la detección de citotoxicidad

2.4.1 Ensayo MTT

Este ensayo es para el monitoreo de alteraciones en la actividad mitocondrial, el cuál es un colorante de tetrazolio de color amarillo y al contacto con los extracto este se reduce a color azul por la acción de la enzima mitocondrial succinato deshidrogenasa, solo las células con mitrocondria viable se reducen a

cristales formazán indicando la integridad de las mismas , los cristales formados y se solubilizan con dimetilsulfóxido. Dicha cantidad de cristales formados es directamente proporcional al número de células viables, los cálculos se obtienen con la medición de absorbancia (Riss et al., 2016).

2.4.2 Ensayo Cristal violeta

Este método colorimétrico ayuda a la detección de la muerte celular las células adherentes al cultivo se desprenden de la placa de micro titulación lo cuál se usa para la cuantificación indirecta, por medio de la interacción de las proteínas y ADN, esta tinción con el reactivo cristal violeta es usado para el cálculo de viabilidad celular bajo condiciones de estimulaciones de células (Geserick et al., 2009).

2.3.3 Azul de tripano

Para el recuento de células vivas con respecto a las membranas celulares se utiliza el colorante azul de tripano,. para su evaluación se mezclan volúmenes iguales de una suspensión celular y de la solución de azul de tripano (0.4%) y se observa al microscopio, el conteo se realiza en una cámara de Neubauer (Strober, 2001; ATCC, 2014).

2.5 Hongos silvestres en Oaxaca

México cuenta con una alta diversidad de especies fúngicas silvestres ya que en el se concentran bosques templados, favoreciendo al desarrollo de las especies de hongos (Guzmán, 2008a.). La mayoría de los hongos comestibles silvestres han sido utilizados atreves de los años por su alto contenido nutrimental y sus propiedades medicinales (Boa, 2004), actualmente existen más de 300 especies de hongos silvestres comestibles, se presentando información sobre hongos comestibles, consumo y conocimiento tradicional como se muestra en la Tabla 2.3 (Jiménez, 2013).

Tabla 2.3 Hongos comestibles Oaxaca y su relación con árboles hospederos

Especie de hongo	Árboles hospederos en México	Referencia
<i>Amanita caesarea</i>	<i>Pinus patula</i> , <i>P. pringlei</i> , <i>Quercus obtusata</i> , <i>Q. rugosa</i> y <i>Q. urbanii</i>	Carrera-Nieva y Lòpez-Rios, 2004; Mendoza-Díaz et al., 2006; Nava y Valenzuela, 1997.
<i>Cantharellus cibarius</i>	<i>Pinus hartwegii</i> , <i>Q. magnolifolia</i> , <i>P. pringlei</i> , <i>Q. obtusata</i> y <i>Q. rugosa</i> , <i>Q. urbanii</i> y <i>Q. affinis</i>	Villarruel y Cifuentes, 2007; Mendoza Díaz et al., 2006; Nava y Valenzuela 1997.
<i>Cantharellus</i>	<i>Pinus pringlei</i> , <i>Q.urbanii</i> y	Nava y Valenzuela, 1997.

<i>tubaeformis</i>	<i>Q. magnolifolia</i> , <i>Pinus pringlei</i> y <i>Q. urbanii</i>	
<i>Hydnum repandum</i>	<i>P. patula</i> , <i>P. culminicola</i> , <i>Pinus greegii</i> .	Nava y Valenzuela, 1997.
<i>Laccaria laccata</i>	<i>P. pringlei</i> , <i>Q. urbanii</i> y <i>Abies religiosa</i> , <i>P. pseudostrobis</i> .	Carrera-Nieva y López-Rios, 2004; Garza et al., 2002; Carrasco-Hernández et al., 2011; Nava y Valenzuela, 1997;
<i>Laccaria amethystina</i>	<i>Quercus spp.</i> , <i>Q. obtusata</i> y <i>Abies spp.</i> , <i>P. pringlei</i> , <i>Q. urbanii</i> y <i>Q. magnolifolia</i> , <i>Pinus culminicola</i> .	Villarruel y Cifuentes, 2007; Mendoza-Díaz et al., 2006.
<i>Lactarius volemus</i>	<i>Pinus teocote</i> , <i>P. doguliasiana</i> , <i>P. patula</i> , <i>Q. laurina</i> , <i>Q. rugosa</i> , <i>Q. consatti</i> , <i>Q. urbanii</i> y <i>P. pringlei Quercus crassifolia</i> ,	Garza et al., 2002; Nava y Valenzuela, 1997.

3. ANTECEDENTES

La búsqueda de sustancias producidas por hongos, inició con el descubrimiento de la penicilina por Fleming en 1929, producida por *Penicillium notatum* (Bugni y Ireland, 2004). En lo posterior se descubrió un metabolito antifungal con actividad inmunosupresora, aislado de *Tolyocladium inflatum* y *Cylindrocarpon lucidum*, el cual es usado en cirugías de trasplante de órganos, otro ejemplo empleado en medicina es el del metabolismo regulador de la biosíntesis del colesterol, aislado de *Aspergillus terreus* (Osterhage 2001).

En los mercados de los Valles Centrales de Oaxaca se pueden encontrar hongos comestibles silvestres con potencial medicinal como lo son *Amanita caesarea* con propiedad antioxidante, antibacteriana, antiinflamatoria (Ramírez-Anguiano et al. 2007; Yamac y Bilgili 2006 ; Guzmán 2008a); *Cantharellus cibarius* con propiedad antioxidante, antibacteriana, cuyas propiedades medicinales destaca la mejora de la vista, infecciones gastrointestinales, antitumoral (Queiros et al. 2009; Barros et al. 2008; Yu-Cheng et al. 2009); *Cantharellus tubaeformis* con propiedad antibacteriana (Yu-Cheng et al. 2009); *Hydnumrepandum* con propiedad antioxidante, antibacteriana, antitumoral (Murcia et al 2002; Yamac y Bilgili 2006); *Hypomyces lactifluorum* contra la Las cefaleas tiene la propiedad curar el dolor de cabeza (Takahashi et al. 1992); *Laccaria amethystina* con propiedad antitumoral (Guzmán 2008a), *Laccaria Laccata* con propiedad antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009); *Lactarius volemus* con propiedad antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009); *Lepista nuda* con propiedad antioxidante, antibacteriana, antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009); *Marasmius oreades* con propiedad antioxidante, y utilizado en el tratamiento de lumbalgia y esquelalgia, antitumoral (Elmastas et al 2007. Yamac y Bilgili 2006, Queiros et al 2009; Yu-Cheng et al 2009); *Ramaria aurea* con propiedad antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009), *Tricholoma magnivelare* con propiedad antitumoral, es utilizado como tonificante del estómago, tratamiento de bronquitis, antitumoral (Yu-Cheng et al 2009; Ebina et al 2002), *Tylopilus felleus* con propiedad antiinflamatorio y en el tratamiento de la hepatopatía, antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009; Defaye et al. 1988).

Algunos hongos comestibles silvestres presentan propiedades antibacterianas, ya que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas de humanos como: a) *Amanita caesarea* contra *Bacillus subtilis*; b) *Lepista nuda* contra *Salmonella typhimurium* y *Staphylococcus aureus*; c) *Hydnumrepandum* contra *Bacillus subtilis*, *Enterobacter aerogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*; y d) *Cantharellus cibarius* contra *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*.

En los mercados de los Valles Centrales de Oaxaca se pueden encontrar hongos comestibles silvestres con potencial medicinal como lo son *Amanita caesarea* con propiedad antioxidante, antibacteriana, antiinflamatoria (Ramírez-Anguiano et al. 2007; Yamac y Bilgili 2006 ; Guzmán 2008a); *Cantharellus cibarius* con propiedad antioxidante, antibacteriana, mejora de la vista, infecciones gastrointestinales, antitumoral (Queiros et al. 2009; Barros et al. 2008; Yu-Cheng et al. 2009); *Cantharellus tubaeformis* con propiedad antibacteriana (Yu-Cheng et al. 2009); *Hydnumrepandum* con propiedad antioxidante, antibacteriana, antitumoral (Murcia et al 2002; Yamac y Bilgili 2006); *Hypomyces lactifluorum* con propiedad curar el dolor de cabeza (Takahashi et al. 1992); *Laccaria amethystina* con propiedad antitumoral (Guzmán 2008a), *Laccaria Laccata* con propiedad antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009); *Lactarius volemus* con propiedad antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009); *Lepista nuda* con propiedad antioxidante, antibacteriana, antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009); *Marasmius oreades* con propiedad antioxidante, tratamiento de lumbalgia y esquelalgia, antitumoral (Elmastas et al 2007. Yamac y Bilgili 2006, Queiros et al 2009; Yu-Cheng et al 2009); *Ramaria aurea* con propiedad antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009), *Tricholoma magnivelare* con propiedad antitumoral, tonificante del estómago, tratamiento de bronquitis, antitumoral (Yu-Cheng et al 2009; Ebina et al 2002), *Tylopilus felleus* con propiedad antiinflamatorio, tratamiento de la hepatopatía, antitumoral (Yu-Cheng et al. 2009; Defaye et al. 1988). *Ganoderma lucidum* posee elevado potencial nutraceutico y amplia actividad farmacológica para la prevención y tratamiento de enfermedades como: diabetes, cáncer, problemas hepáticos y hipercolesterolemia; mediante funciones como la reducción del estrés oxidativo de las células, regulación el sistema inmune, reducción de glucosa y colesterol malo en la sangre, inhibición de la angiogénesis y formación de tumores e incluso favorece las respuestas antiinflamatorias en el organismo (Zavaleta, 2017).

Siendo los metabolitos de origen fúngico silvestre una fuente potencial de nuevos compuestos antimicrobianos que pueden ser utilizados como antibióticos comerciales. *Ramaria spp.* se ha utilizado tradicionalmente contra el dolor de cabeza, problemas estomacales, inflamación muscular y la debilidad (Guzmán, 2008a).

Se han registrado compuestos de algunas especies de hongos como es caso de *Pleurotellus*, *Lentinellus*, *Panaeolus* cuyo se han registrado compuestos como sesquiterpenos y cuya actividad biológica es antimicrobiana, antifúngica y antiviral, producto comercial registrado; Merulidial, Naematolin, Pleuroteliol, ácido pleutotelico; *Clitopilus*, *Cyathus*, *Crinipellis*, cuyo compuesto es el Diterpenos y su actividad biológica antifúngica, antibacteriana el producto comercial registrados Estriatin, pleuromutilin, cavipetin; *Pleurotus*, *Coprinus*, *Marasmius* cuyo compuesto es el Acetileno y su

actividad biológica antibacteriana, antifúngica y citotóxica, producto comercial registrado Escorodonin; *Agaricus xanthodermus* cuyo compuesto son las sales de diazonio y su actividad es antibacteriana, citotóxica, el producto comercial registrado es Agaridín (Santana 2005).

Chang y Miles (2004) indicaron que aproximadamente 77% de los productos de hongos medicinales se derivaron de los cuerpos fructíferos cultivados con fines comerciales o recolectados del medio silvestre, y aproximadamente 21% de todos los productos proceden de micelio de hongos y aproximadamente 2% derivaron de filtrados de medios de cultivos.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Gran biodiversidad de especies fúngicas figuran por su uso potencial (comestible, medicinal, ectomicorrizicos, exportación, entre otros), sin embargo, a pesar de la gran biodiversidad fúngica y dada la importancia de los hongos, en la actualidad comunidades como Santa María Yavesía tienen muy poco conocimiento etnomicológico, lo que no les permite dimensionar la importancia y magnitud de las especies que albergan (taxonomía, uso potencial, riesgos y beneficios).

Siendo Oaxaca un estado en donde se practica la recolección y consumo de hongos silvestres, los habitantes de esta comunidad limitan su consumo debido al escaso conocimiento que tienen sobre estos. Vale la pena señalar que esta falta de conocimiento trae como consecuencia la extinción y sobreexplotación de las especies fúngicas que más se conocen tradicionalmente por desconocer otros hongos comestibles.

Es necesario resaltar que por la falta información existe el riesgo de añadir un hongo tóxico al padrón alimentario o confundir una especie con otra, ya que existe entre ellas un gran parecido lo que significa que algunas especies fúngicas son venenosas y pueden provocar micetismo, ante la presencia de un caso de este tipo es necesario saber qué tipo de hongo se ingirió, la cantidad y de qué manera, para así dar un tratamiento; por otra parte la ingesta de hongos crudos también puede provocar micetismo, pues algunos de ellos aún sin ser venenosos, cuando no han sido sometidos al proceso de cocción, pueden provocar efectos indeseables en el organismo humano.

Entre los habitantes se ha generado consciencia sobre la preservación de los recursos naturales que se encuentran en su bosque, entre ellos su biodiversidad fúngica, pero desconocen que en los ecosistemas forestales los hongos son un componente vital para su estructura y funcionamiento. Es preciso insistir que es importante dar a conocer el uso y aprovechamiento de sus recursos ya que de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 existe ya un registro de especies fúngicas en peligro de extinción. Es importante señalar que todo lo antes ya mencionado se basa principalmente en que Santa María Yavesía no tiene un registro de los hongos que su bosque alberga, en base a eso no se puede dar información sobre su uso potencial, es decir, necesitamos conocer las especies fúngicas, clasificarlas taxonómicamente, seleccionar especies de hongos basidiomicetos con los que se trabajara como parte de trabajo de campo y como parte de trabajo de laboratorio realizar pruebas en los extractos.

5. HIPÓTESIS

Pregunta: Algunos hongos han sido utilizados para consumo alimenticio y en la medicina tradicional por sus propiedades medicinales, siendo extraídos diferentes compuestos bioactivos que hacen posible esta actividad biológica ¿Que metabolitos y actividad biológica tendrán los hongos de Santa María Yavesía?

Hipótesis: En las especies de hongos basidiomicetos de los bosques de la comunidad de Santa María Yavesía, Oaxaca, se encuentran presentes hongos con alto potencial para consumo por la calidad de sus nutrientes, así como metabolitos de interés medicinal y farmacológico como alcaloides, saponinas, taninos, flavonoides, triterpenos y esteroides entre otros, con actividad biológica, antioxidante, antibacteriana, antiinflamatoria, y antitumoral.

6. JUSTIFICACIÓN

Los hongos basidiomicetos tienen una gran importancia ya que han demostrado tener actividad antifúngica, antibacteriana, antioxidante, antitumoral que están relacionadas con la producción de los metabolitos secundarios. Se pueden realizar bioensayos para evaluar la actividad biológica con extractos a partir del cultivo *in vitro*, obtenido a partir de fragmentos de cuerpo fructífero ya se ha en cultivo en agar o en medio sumergido, cumpliendo mayor seguridad y control de calidad.

El trabajo se realizó con la finalidad de obtener información y recopilar datos suficientes por medio de la Etnomicología, recordemos que la información obtenida por los habitantes es basada en la experiencia y conocimiento tradicional lo cual significa que nuestro trabajo consiste en enriquecer ese conocimiento enfocados al impacto que generan los hongos: como es el impacto social, económico y ambiental.

La aportación científica de este trabajo será la investigación y actualización de información de los hongos silvestres del bosque de Santa María Yavesía como; propiedades medicinales, identificación de metabolitos con aplicación biológica como posibles nuevos agentes naturales para la explotación en la industria farmacéutica, nuevas especies y proporcionar información sobre el valor nutricional que estos tienen para autoconsumo.

7. OBJETIVOS

7.1 Objetivo general

Identificar las especies fúngicas con potencial farmacológico y nutrimental de Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca.

7.2 Objetivos específicos

1. Identificar las especies de hongos silvestres presentes en Santa María Yavesía
2. Conocer los usos y aplicaciones tradicionales de los hongos del bosque de Santa María Yavesía a través de un estudio etnomicológico.
3. Determinar el valor nutrimental de especies comestibles recolectadas (humedad, cenizas, grasa, fibra dietética).
4. Evaluar el crecimiento y adaptación de los hongos en diferentes medios de cultivo.
5. Identificar metabolitos de interés farmacológico mediante barrido fitoquímico.
6. Evaluar la actividad citotóxica de extractos crudos de cuerpo fructífero sobre la línea celular MCF-7

8. MATERIALES Y MÉTODOS

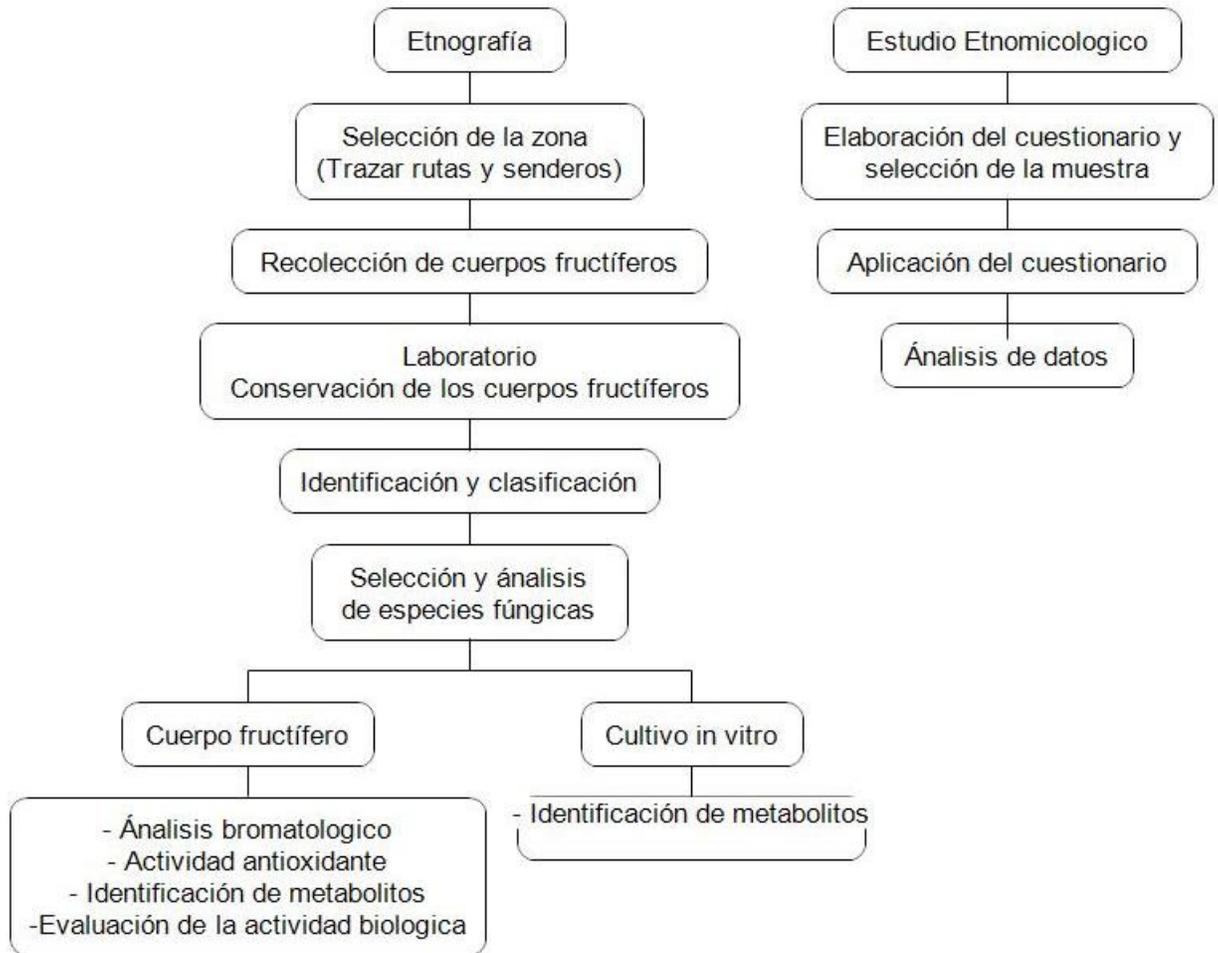


Figura 8. 1 Esquema general de la metodología

8.1 Delimitación de la ruta o camino para la recolección de las especies fúngicas

8.1.1 Área de estudio

Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca, se encuentra en las coordenadas GPS: Entre los paralelos 17°08' y 17°16' de latitud norte; los meridianos 96°21' y 96°28' de longitud oeste; altitud entre 1 900 y 3 400 m. Colinda al norte con los municipios de San Miguel Amatlán y Santiago Xiacuí; al este con los municipios de Santiago Xiacuí y Santiago Laxopa; al sur con los municipios de Villa Díaz Ordaz y San Miguel Amatlán; al oeste con el municipio de San Miguel Amatlán (Figura 8.2).

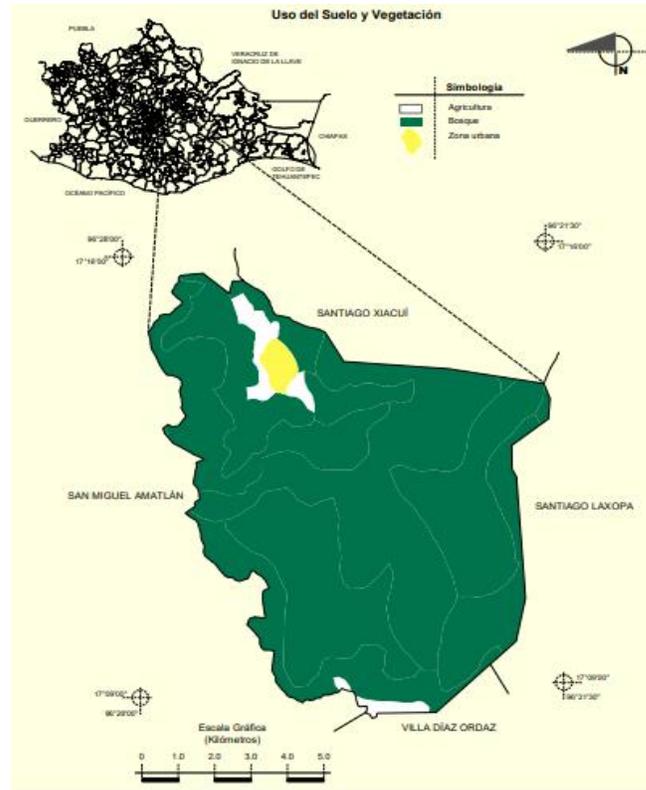


Figura 8. 2 Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos

Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1; INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie III Escala 1:250 000.

8.2 Recolección y conservación del material biológico

La recolección de especies fúngicas se realizó a partir de una ruta (Camino donde frecuentemente pasan los habitantes de la comunidad) a no más de 5 metros, una vez realizadas las colectas se identificaron las especies y guardaron en bolsas de cartón, las cuales fueron identificadas con el nombre del hongo y fecha de recolección, posteriormente se guardan en bolsas de poli papel en congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, en un congelador horizontal (Frigidaire, GLFC1526FW), esto evita la descomposición del material biológico, ayudando en su conservación hasta la utilización de las pruebas.

8.3 Identificación de hongos silvestres comestibles

La identificación de las especies fúngicas se realizó de acuerdo a su taxonomía y uso potencial (comestible, toxico, venenoso), descripción microscópica y macroscópica de cada ejemplar y con

ayuda de los expertos en micología: Dr. Ricardo Valenzuela Garza y el Biólogo Héctor Aguilar Reyes durante la visita en campo y por medio de fotografías así mismo mediante la consulta bibliográfica.

8.4 Estudio Etnomicológico

El estudio etnomicológico fue de tipo cualitativo, obteniendo resultados por medio de entrevistas a una población comprendida en la edad de 18 a 80 años, la aplicación del cuestionario fue realizada de forma personal y en línea por medio de Forms Google, el cuál aborda puntos como: conocimiento general de hongos, especies conocidas y descripción de la población (Anexo I), el periodo de aplicación fue realizado del 19 de noviembre 2022 al 10 de Diciembre 2022.

8.5 Análisis químico proximal

8.5.1 Determinación de proteínas

El análisis de proteínas se realizó de acuerdo al Método de Kjeldahl, método de la AOAC 920.87 (Anexo II).

8.5.2 Determinación de extracto etéreo

La determinación de extracto etéreo se realizó por medio del Método de Soxhlet, método de la AOAC 920.39 (Anexo II).

8.5.3 Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se realizó de acuerdo al Método AOAC 923.03 (Anexo II).

8.5.4 Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó de acuerdo al Método de estufa, NMX-F-294-SCFI-2011 (Anexo II).

8.5.5 Determinación de fibra

Se determino el contenido de fibra de acuerdo ala norma NMX-Y-094-SCFI-2012 (Anexo II)

8.5.6 Determinación de carbohidratos

Los carbohidratos son un grupo heterogéneo de compuestos sin ninguna propiedad diferencial con los otros grupos que permita su análisis y se puede calcular por diferencia como se muestra a continuación en la ecuación (Kuklinski, 2003).

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Proteínas} + \% \text{ Lípidos} + \% \text{ Fibra})$$

8.6 Actividad antioxidante

8.6.1 Evaluación de la actividad antioxidante total

Solución madre de ácido ascórbico: Se pesa 5 mg del compuesto y se disuelve en agua destilada aforando a un volumen de 5 ml para obtener una solución madre con concentración 1mg/1mL (Disolución A). A partir de la disolución se realizan las siguientes alícuotas: 20, 40, 60, 80, 100 μ L y se completaron a 1 ml con agua destilada para completar la curva de calibración. La curva tipo (20 a 100 μ g/ml), se preparará a partir de una solución madre de 1 mg/ml de quercetina (100 mg de quercetina disuelta y aforada a 100 ml con etanol). Se mezcla 0.3 ml de extracto etanólico con 3 ml de solución reactiva (1 ml de ácido sulfúrico 0.6M, 1 ml de fosfato de sodio 28 mM y 1 ml de molibdato de amonio 4 mM). Se incuba la mezcla a 95°C por 90 minutos. Se mide la absorbancia a 695 nm. Los resultados se expresan en mg EAA/g de muestra.

8.6.2 Determinación de flavonoides totales

Para determinar el contenido de flavonoides se sigue el método descrito por Ebrahimzadeh *et al.* (2008). Este método está basado en la reacción de los iones aluminio con los flavonoides, en medio alcalino, con la formación de un complejo que absorbe luz a 415 nm. A 0.5 ml de extracto o solución estándar, se le adicionan 1.5 ml de etanol, 0.1 ml de AlCl₃ al 10%, 0.1 ml de acetato de potasio 1 M y 2.8 ml de agua. La mezcla se deja 30 min a temperatura ambiente y se lee la absorbancia a 415 nm en un espectrofotómetro. La concentración de flavonoides, expresado como mg equivalentes de quercetina por 100 g de muestra, resultados que se obtendrá de la siguiente ecuación, donde: EQ ; equivalentes de quercetina, L ; concentración de flavonoides a partir de la curva tipo en μ g/ml, m ; peso de la muestra en g, 20 ; ml de disolvente con que se extrajeron los flavonoides, 1000 ; conversión de μ g a mg.

$$\text{Flavonoides (mg EQ/ 100 g)} = (L \times 20 \times 100) / (1000 \times m)$$

8.6.3 Evaluación de la reducción de ferrocianuro

El poder reductor se determina según el método descrito por Babu & Rao (2013) con algunas modificaciones. 150 µl de muestra se mezcla con 1.1 ml de buffer de fosfato (pH 6.6) y 2.5 ml de ferrocianuro de potasio 1%. Después la solución se incuba a 50 °C durante 20 min, se añade 2.5 ml de ácido tricloroacético al 10%. Se centrifuga a 2800 rpm durante 10 min. Posteriormente 2.5 ml de sobrenadante se mezcla con 2.5 ml de agua desionizada y 0.5 ml de cloruro férrico 0.1%. por último se mide la absorbancia a 700 nm. Los resultados se expresan en mg EAA/g de muestra. Se realiza una curva de calibración para calcular la concentración, como estándar se utiliza ácido ascórbico de la misma manera que para la determinación de actividad antioxidante total.

8.7 Aislamiento y cultivo *in vitro* del material biológico

Se toma una muestra de un hongo conservado en congelación, se selecciona el tejido realizando un corte en secciones de aproximadamente 1 cm² las cuales son lavadas con NaClO al 5% o bien H₂O₂ al 3 % durante 30 a 120 segundos, se colocan inmediatamente en una caja petri con el medio de cultivo seleccionado. Las cajas se sellan con parafilm para evitar contaminación (Se consideran aislamientos positivos, todos aquellos con crecimientos y características miceliales uniformes, sin presencia de estados conidiales).

8.8 Identificación de metabolitos

8.8.1 Tamizaje fitoquímico

Para la preparación de extractos se utilizaron una relación de , se maceraron con los diferentes solventes (Agua, Pbs y Etanol) se dejaron en agitación por 24 horas, para obtener la solución final la cuál fue filtrada con papel filtro para eliminar restos de hongo. Se realizó un barrido fitoquímico por pruebas colorimétricas para determinar la presencia de metabolitos en extracto acuoso, etanólico y en cultivo *in vitro* en medios de agar. Pruebas basadas en la determinación de alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos, cumarinas, quinonas, glucósidos cardiotónicos (Tabla 9.18) marcados como (-) ausencia; (+) presencia débil; (++) presencia moderada, (+++) presencia significativa, nd; no detectado, para los medios de cultivo como ASN: Agar suero de naranja, PDA; Agar papa dextrosa, AEM: Agar Extracto de Malta,

8.8.1.1 Alcaloides

A 2 ml de la solución filtrada se agregan 4 ml de HCl al 10%, posteriormente se llevan a ebullición por 2 min, se enfria y se filtra nuevamente, enseguida se colocó 1 ml del filtrado en un tubo de ensaye, las pruebas se realizan por duplicado. Prueba 1: Se agrega 1 gota del reactivo Drangendorf, la prueba se considera positiva si se produce un precipitado naranja. Prueba 2: Se agrega 1 gota del reactivo Wagner, la prueba se considera positiva en presencia de un precipitado café-naranja (Koneman, 2004).

8.8.1.2 Flavonoides

Se toman 0.5 ml de muestra y hasta diluir en etanol a un volumen de 2 ml, enseguida se añade 3 gotas de NaOH al 10%. La presencia de xantonas y flavonas produce una coloración amarillo-rojo, para flavonoides es positiva si presenta una coloración café-naranja; antocianinas, una coloración azul sugiere un resultado positivo y las chalconas producen una coloración purpura o rojizo (Casamtjana N., 2018).

8.8.1.3 Saponinas

Se coloca 1 ml de muestra en un tubo de ensaye, adicionando 1ml de agua y se agita vigorosamente. La presencia de espuma indica un resultado positivo, al medir la altura de la espuma la cual debe ser estable durante 30 minutos (Oliveros A., 2018).

8.8.1.4 Taninos

A 1 ml de la muestra se le agrega 2 ml de H₂O y 3 gotas de NaCl al 2%, calentar a ebullición durante 7 minutos y dejar enfriar. Se agrega 1 gota de reactivo de FeCl₃ al 1%, posteriormente se añade 1 gota de C₆FeK₄N₆ al 1%. Un resultado positivo está dado por coloraciones de azul-negro, indica la presencia de ácido gálico; verde, indica la presencia de derivados de la catequina; azul, da la presencia de compuesto fenólicos (Mario Jiménez R., 2013).

8.8.1.5 Cumarinas

Se pesa 0.1g de muestra y agregar 5ml de etanol y se calienta hasta diluir a 5ml, a la muestra se le adicionan 2 gotas de NH_4OH concentrado, la coloración azul-violeta indica un ensayo positivo (Mario Jiménez R. ,2013).

8.8.1. 6 Quinonas

En un matraz Erlenmeyer se coloca 1 ml de muestra y llevar a sequedad. De esta muestra obtenida tomar 10 mg y colocarlo en un tubo de ensaye, agregar 0.2 ml de etanol y 0.4 ml de NaOH al 5%. La prueba se considera positiva, si hay una coloración de rojo-violeta (Casamtjana N., 2018).

8.8.1.7 Glucósidos cardiotónicos

En un matraz Erlenmeyer se transfieren 1 ml de muestra y concentrar a la tercera parte de su volumen original. Se agrega 1 gota de reactivo de Baljet, una coloración naranja a rojo oscuro indica una prueba positiva (Casamtjana N., 2018).

8.8.2 Actividad de lectina

Se utilizaron 2 g de hongo de muestras guardadas en el congelador, previamente descongeladas, se maceraron y se agregó PBS pH 7.4 relación 1:2 (2 gr de hongo:4 ml de PBS), se dejaron reposar durante 1 hora y se centrifugaron durante 10 minutos a 10, 000 rpm a $-4\text{ }^\circ\text{C}$ para obtener extractos cristalinos, por último, se recuperó el sobrenadante. Se preparó una suspensión de eritrocitos depositando en un alícuota de eritrocitos humanos tipo "O", en un tubo de fondo cónico, al que se le adiciona PBS (Anexo III) y se lava mezclando suavemente con una pipeta Pasteur. La solución se centrifuga por 3 minutos; el sobrenadante se desecha y el precipitado (paquete celular) se lava nuevamente con Buffer hasta obtener limpio el sobrenadante (2 a 3 lavados), finalmente el paquete celular se afora con PBS para obtener una suspensión al 3%.. La prueba para la identificación de lectinas se llevó a cabo por micro titulación en placa de 96 pozos de fondo cóncavo. Se depositan 50 μl PBS en cada pozo de placa. Se añaden 50 μl de la muestra efectuando diluciones dobles seriadas con un

volumen final de 50 μ l. Enseguida se adiciona a cada pozo 25 μ l de eritrocitos humanos, en las dos primeras filas de la placa se coloca 50 μ l y 25 μ l de eritrocitos humanos, para control negativo. Como prueba de afinidad a carbohidratos se realiza las pruebas de inhibición de la actividad hemaglutinante se realizan en placas de micro titulación de 96 pozos. Se depositan 50 μ l de PBS pH 7.0 en todos los pozos de la placa, después se agrega en el pozo 50 μ l del carbohidrato a analizar, en una concentración de 0.4 M, se mezcla el azúcar con el PBS y se toman 50 μ l para realizar diluciones dobles seriadas a partir del segundo pozo. Posteriormente se agrega 50 μ l del extracto del hongo, en la misma concentración conocida (4 UHA). Finalmente se agrega 25 μ l de eritrocitos al 3%. La placa se deja reposar a temperatura ambiente por 1 hora. A partir de los pozos inhibidos se determina la concentración mínima de carbohidrato requerida para inhibir 4 UHA de lectina.

8.9 Actividad citotóxica

8.9.1 Cuantificación de proteínas por método de Bradford

De los extractos preparados en una relación 1:5 (hongo fresco: , previamente filtrados se determino la concentración de proteínas de acuerdo a método de Bradford usando BSA como estándar de calibración, para la determinación de proteínas se toman 100 μ l de la muestra, por cada mililitro de Bradford concentrado se agregan 4 ml de agua destinada, se filtra y agita vigorosamente, se mantiene en reposo (15-20 minutos) y se da lectura a 595 nm en un espectrofotómetro (SPECTRONIC 20D) tal como lo muestra la técnica en el Anexo IV, se realiza con la finalidad de calcular concentraciones utilizadas en las técnicas de MTT y Cristal violeta.

8.9.1 Conteo Celular

Se coloca el volumen de células del crecimiento en frascos en tubos falcón de 15 ml, se centrifugan a 1200 rpm durante 5 minutos, se retira el sobrenadante (conservando solo el botón celular), se suspende nuevamente en 3 ml de RPMI. Posteriormente en un tubo eppendorf se coloca 20 μ l de la suspensión y 20 μ l del colorante azul de tripano, de esta solución se toman solo 20 μ l para el conteo celular a través de la cámara de Neubauer (Anexo IV), el conteo se realiza con la finalidad de conocer la cantidad de

células con las que estará en contacto el solvente en la determinación de cada prueba. El número de células se calcula con respecto a la siguiente ecuación

$$\text{Número total de células} = \text{número de células (volumen) } (10\ 000)$$

8.9.2 Método cristal violeta

Se siembran células 5,000 células MCF-7 en placas de 96 pozos usando un volumen final de 200 μ l de medio de cultivo las cuales se incuban por 24 h. Posteriormente se observan la adherencia celular y se elimina el sobrenadante, para realizar la estimulación con las diferentes concentraciones del extracto (300, 250, 200 y 150 mg) en diferentes solventes (Acusoso, Etanol, PBS), agregando un volumen de de cada concentración y disolviendo en el solventes de extractos, se acompleta a un volumen de 200 μ l. Después del tiempo de estimulación 48 h, se elimina el sobrenadante y se agrega 50 μ l de glutaraldehído 1.1 %, se incuba por 10 minutos a 25 °C, se decanta y se lava con agua para eliminar el exceso de glutaraldehído, se añade 50 μ l de cristal violeta 0.1% y se incuba por 20 minutos a 25 °C, posteriormente se lava con agua para eliminar el exceso de colorante.

El colorante que se incorporo en la membrana de las células se disuelve en 50 μ l de ácido acético al 10 %. La absorbancia se determina en un lector de placas (Multiskan FC. Thermo SCIENTIFIC) a 595 nm. Porcentaje de viabilidad es expresado en la siguiente ecuación

$$\% \text{ Viabilidad} = \frac{\text{DO de células tratadas}}{\text{DO células control}} \times 100$$

8.9.3 Ensayo reactivo MTT

Se cultivan 5000 células MCF-7 en placas de 96 pozos de fondo plano, 20 horas después se estimulan con concentraciones del extracto (300, 250, 200 y 150 mg) , se añade MTT a cada pozo en condiciones estériles, se incuba por 4 horas. Posteriormente se elimina el sobrenadante por decantación, depositando posteriormente 50 μ l de isopropanol acidificado a cada pozo. La absorbancia se determina en un lector de placas (Multiskan FC. Thermo SCIENTIFIC) a 570 nm, expresando el % de viabilidad con respecto a la siguiente ecuación

$$\% \text{ Viabilidad} = \frac{\text{DO de células tratadas}}{\text{DO células control}} \times 100$$

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Identificación de especies silvestres

9.1.1 Identificación de Hongos silvestres de Santa María Yavesía, Ixtlán Oaxaca

De acuerdo a las primeras salidas de campo donde se hizo la recolección de especies silvestres de hongos nos encontramos con un gran número de especies de las cuáles hasta el momento podemos rescatar 52 (Tabla 9.1) especies en su mayoría que corresponde a la división Basidiomycota.

Del genero *Amanita* se identificaron 8 especies: *Amanita caesarea*, *Amanita fulva*, *Amanita flavoconia*, *Amanita muscaria*, *Amanita rubescens*, *Amanita gemmata*, *Amanita bisporigera* y *Amanita complejo vaginata* (Figura 9.1)



Figura 9.1 Especies de hongos del género *Amanita* encontrados en Santa María Yavesía: **A.** *Amanita Caesarea*, **B.** *Amanita fulva*, **C.** *Amanita flavoconia*, **D.** *Amanita muscaria*, **E.** *Amanita rubescens*, **F.** *Amanita gemmata*, **G.** *Amanita bisporigera* y **H.** *Amanita complejo vaginata*.

Amanita caesarea es uno de los hongos más valorados en la comunidad debido a que es un hongo comestible con valor nutricional, tiene una textura suave de un sabor dulce es considerado un hongo con propiedades medicinales, *Amanita fulva* y *Amanita rubescens* son especies comestibles que en la comunidad no se consumen por falta de conocimiento caso contrario a *Amanita flavoconia*, *Amanita muscaria*, *Amanita gemmata* y *Amanita bisporigera* que son consideradas especies tóxicas (Tabla 9.10).

Del orden de los boletales se identificaron 4 especies de: *Boletus edulis*, *Boletus quercicola*, *Boletus Exsudoporus frostii*, *Heimioporus betula* (Figura 9.2)



Figura 9. 2 Hongos orden boletales encontrados en Santa María Yavesía: **A.** *Boletus edulis*, **B.** *Boletus quercicola*, **C.** *Boletus Exsudoporus frostii*, **D.** *Heimioporus betula*

Los hongos silvestres como *Boletus edulis* y *Boletus Exsudoporus frostii* son especies fúngicas con un alto valor nutricional, sin embargo en la comunidad no se consumen.

En la Figura 9.3 se muestran algunas especies encontradas correspondientes al orden de *Polyporaceae* de la comunidad de Santa María Yavesía, que en su mayoría poseen propiedades medicinales (Tabla 9.10) y su acceso no es tan limitado a temporada, debido a que se conservan y siguen su crecimiento aun después de la temporada de lluvias.



Figura 9. 3 Hongos orden *Polyporaceae* encontrados en Santa María Yavesía: **A.** *Ganoderma brownii*, **B.** *Fomitopsis pinicola*, **C.** *Trichaptum abietinum*, **D.** *Trametes versicolor*.

Los hongos gasteroides en su mayoría son especies con uso medicinal en los que destacan el uso para cicatrización, su vía rápida distribución por la liberación de esporas a través de la gleba hace fácil su fácil reproducción a su vez la mayoría de estas especies son comestibles en etapa joven como es el caso de *Lycoperdon* en el bosque de Yavesía encontramos dos especies de hongos (Figura 9.4).



Figura 9. 4 Hongos gasteroides encontrados en Santa María Yavesía: **A.** *Lycoperdon perlatum*, **B.** *Geastrum saccatum*

Los hongos posee muchas características medicinales y con alto valor nutricional colocándolos como alimentos nutraceuticos, los platillos más conocidos en el estado de Oaxaca que destacan por el uso de hongos son el amarillo, tamales, quesadillas utilizando comúnmente *shiitake* y *Pleurotus*, sin embargo existen muchas especies de hongos silvestres comestibles que aun son desconocidas en las diferentes comunidades de Oaxaca, como es el caso de la comunidad de Santa María Yavesía donde el consumo de hongos silvestres esta limitado a temporadas y se tiene desconocimiento de las variedad de especies comestibles, en la identificación de especies, se encontraron los siguientes hongos comestibles *Amanita caesarea*, *Lactarius indigo*, *Amanita fulva*, *Turbinellus floccosus*, *Amanita rubescens*, *Lactarius chrysorrheus*, *Boletus edulis*, *Merulius incarnatus*, *Albatrellus Ellisii*, *Exsudoporus frostii*, *Laccaria laccata* y *Lycoperdon perlatum* (Figura 9.5), muchos de ellos con propiedades medicinales (Tabla 9.3), con esta identificación se logró aumentar el numero de hongos comestibles en la comunidad. Se registraron hasta el momento al menos 12 especies de hongos comestibles, algunos eran considerados en la comunidad como no comestibles por su apariencia, sin embargo existen algunos hongos gasteroides como *Pisolithus arhizus*, *Scleroderma texense*, *Lycoperdon perlatum* o especies del género *Calvatia* que son comestibles en etapa joven, cuando aún no se deshidrata por completo el hongo y libera esporas.



Figura 9.5 Hongos Comestibles encontrados en Santa María Yavesía: **A.** *Amanita caesarea*, **B.** *Lactarius indigo*, **C.** *Amanita fulva*, **D.** *Turbinellus floccosus*, **E.** *Amanita rubescens*, **F.** *Lactarius chrysorrheus*, **G.** *Boletus edulis*, **H.** *Merulius incarnatus*, **I.** *Albatrellus Ellisii*, **J.** *Exsudoporus frostii*, **K.** *Laccaria laccata* y **L.** *Lycoperdon perlatum*.

El tener un conocimiento de las especies de hongos silvestres no solo es de vital importancia para el consumo, si no también para evitar casos de micetismo en la zona, la identificación ayuda a reconocerlas y diferenciarlas de especies del mismo género las cuáles en algunas ocasiones presentan una apariencia similar como es el caso de *Amanita caesarea* tiene sombrero color naranja con laminillas amarilla, un estípite amarillo con anillo amarillo y *Amanita muscaria* sombrero color rojo con laminillas blancas (Figura 9.6), *Agaricus campestri* y *Agaricus xanthodermus* encontrando diferencias significativas en las laminillas del sombrero. Una vez realizada la clasificación

correspondiente se encontraron registros de hongos venenosos y tóxicos dónde se identificaron especies del género *Amanita* como *Amanita flavoconia*, *Amanita muscaria*, *Amanita gemmata*, *Amanita bisporigera* (Figura 9.1).



Figura 9.6 Partes de *Amanita caesarea* y *Amanita muscaria*: **A.** Sombrero *Amanita muscaria*, **B.** Laminillas *Amanita muscaria*, **C.** *Amanita muscaria*, **D.** Sombrero *Amanita caesarea*, **E.** Laminillas *Amanita caesarea*, **F.** *Amanita caesarea*.

Especies de hongos silvestres que por su color llamativo, inducen a consumirlo, sin embargo especies como *Cortinarius* (Figura 9.7) se caracterizan por ser tóxicos y venenosos como es el caso de *Cortinarius trivialis*, *Cortinarius orellanus*, *Cortinarius orellanoides*, *Cortinarius gentilis*.



Figura 9. 7 *Cortinarius sp*

Existen hongos que son comestibles sin embargo necesitan de la mezcla de otros pues su sabor tiende a no ser muy agradable para algunos, como es el caso de *Clytocybe clavipes* (Figura 9.8).



Figura 9. 8 *Clytocybe clavipes ft*

Las especies fúngicas silvestres han atraído el interés de la comunidad científica debido a sus uso potencial (Tabla 9.3) , algunos utilizados en la medicina tradicional debido a su actividad biológica, como Antioxidante, Antibacteriano, Antiinflamatorio, Antitumoral, Cicatrizante, siendo responsables los diferentes metabolitos que se presentan en el cuerpo fructífero, de donde han extraído algunos compuestos bioactivos como Triterpenoides, Polifenoles, Alcaloides, saponinas entre otros (Tabla 9.4), algunos hongos encontrados con propiedades medicinales son *Amanita caesarea*, *Lycoperdon perlatum*, *Lactarius indigo*, *Amanita muscaria*, *Laccaria laccata*, *Auricularia auricula-judae*, *Tremella mesenterica*, *Trametes versicolor*, *Fomitopsis Pinicola*, *Ganoderma Brownii*, *Tremella mesenterica*, *Clavulina clavulinopsis* (Figura 9.9).



Figura 9.9 Hongos medicinales encontrados en Santa María Yavesía: **A.** *Amanita caesarea*, **B.** *Lycoperdon perlatum*, **C.** *Lactarius indigo*, **D.** *Amanita muscaria*, **E.** *Laccaria laccata*, **F.** *Auricularia auricula-judae*, **G.** *Tremella mesenterica*, **H.** *Trametes versicolor*, **I.** *Fomitopsis Pinicola*, **J.** *Ganoderma Brownii*, **K.** *Boletus edulis*, **L.** *Geastrum saccatum* .

Santa María Yavesía tiene un bosque muy conservado, debido a las normas estrictas que tienen sus habitantes sobre el uso de sus recursos forestales, lo que lleva la gran biodiversidad, algunos hongos presentan propiedades medicinales sin embargo tienen una característica particular que los hace distintos de otras especies como lo es su forma y olor fétido que es desprendido al contacto como es el caso de la familia de *Phallaceae* (Figura 9.10a), por ejemplo *Phallus impudicus* o *Phallus impudicus* utilizados en la medicina tradicional como alternativa en tratamientos Homeopáticos, en bosque a su vez alberga especies como *Auriscalpium vulgare*, *Phaeolus schweinitzii*, *Hygrophorus chrysodon*, *Inocybe geophylla* var *lilacina*, *Merulius incarnata*, *Panellus pusillus*, *Schizophyllum commune*, *hypoxylon thouarsianum*



Figura 9.10 Hongos de Santa María Yavesía: **A.** Hongo de la familia *Phallaceae*, **B.** *Auriscalpium vulgare*, **C.** *Phaeolus schweinitzii*, **D.** *Clavulina clavulinopsis*, **E.** *Hygrophorus chrysodon*, **F.** *Inocybe geophylla* var *lilacina*, **G.** *Merulius incarnata*, **H.** *Panellus pusillus*, **I.** *Schizophyllum commune*, **J.** *hypoxylon thouarsianum*.

Tabla 9.1 Clasificación taxonómica de algunos de los hongos de Santa María Yavesía

Nombre científico	Orden	División	Clasificación superior/
<i>Amanita caesarea</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Amanita</i>
<i>Lactarius indigo</i>	Russulales	Basidiomycota	<i>Lactarius</i>
<i>Lycoperdon perlatum</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Lycoperdon</i>
<i>Amanita fulva</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Amanita</i>
<i>Turbinellus floccosus</i>	Gomphales	Basidiomycota	<i>Turbinellus</i>
<i>Amanita flavoconia</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Amanita</i>
<i>Amanita muscaria</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Amanita</i>
<i>Amanita rubescens</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Amanita</i>
<i>Temella mesenterica</i>	Tremellales	Basidiomycota	<i>Tremella</i>
<i>Amanita gemmata</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Amanita</i>
<i>Cortinarius glaucopus</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Cortinarius</i>
<i>Lactarius chrysorrhoeus</i>	Russulales	Basidiomycota	<i>Lactarius</i>
<i>Laccaria laccata</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Laccaria</i>
<i>Amanita bisporigera</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Amanita</i>
<i>Exsudoporus frostii</i>	Boletales	Basidiomycota	Boletaceae
<i>Lentinula boryana</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Lentinula</i>
<i>Neolentinus lepideus</i>	Gloeophyllales	Basidiomycota	<i>Neolentinus</i>
<i>Boletus quercicola</i>	Boletales	Basidiomycota	Boletaceae
<i>Boletus edulis</i>	Boletales	Basidiomycota	Boletaceae
<i>Fomitopsis pinicola</i>	Polyporales	Basidiomycota	<i>Fomitopsis</i>
<i>Stereum complicatum</i>	Russulales	Basidiomycota	Stereaceae
<i>Phaeolus schweinitzii</i>	Polyporales	Basidiomycota	<i>Phaeolus</i>
<i>Trametes versicolor</i>	Polyporales	Basidiomycota	<i>Trametes</i>
<i>Tricholomopsis decora</i>	Agaricales	Basidiomycota	<i>Tricholomopsis</i>

<i>Inocybe geophylla var lilacina</i>	Cortinales	Basidiomycota	Agaricomycotina
<i>Merulius incarnatus ft</i>	Polyporales	Basidiomycota	Stereales
<i>Clavulina clavulinopsis</i>	Cantharellales	Basidiomycota	Cantharellales
<i>Auriscalpium vulgare</i>	Russulales	Basidiomycota	Auriscalpiaceae
<i>Heimioporus betula (Boletellus)</i>	Boletales	Basidiomycota	Boletaceae
<i>Clitocybe clavipes</i>	Agaricales	Basidiomycota	Clitocybe
<i>Auricularia auricula-judae</i>	Auriculariales	Auriculariales	Auricularia
<i>Trichaptum aff. abietinum</i>	Polyporales	Basidiomycota	Trichaptum
<i>Hygrophorus chrysodon</i>	Agaricales	Basidiomycota	Hygrophorus
<i>hypoxylon thouarsianum</i>	Xilariales	Ascomycota	Xilariales
<i>Geastrum saccatum</i>	Estrellas de tierra	Basidiomycota	Geastraceae
<i>Ganoderma oregonense</i>	Polyporales	Basidiomycota	Ganoderma
<i>Phallaceae</i>	Phallales	Basidiomycota	Phallaceae
<i>Ramaria sp.</i>	Gomphales	Basidiomycota	Gomphaceae
<i>Russula cyanoxantha</i>	Russulales	Basidiomycota	Russulaceae
<i>Amanita complejo vaginata</i>	Agaricales	Basidiomycota	Amanitaceae
<i>Lactarius torminosus</i>	Russulales	Basidiomycota	Lactarius
<i>Lepiota clypeolaria</i>	Agaricales	Basidiomycota	Lepiota
<i>Schizophyllum commune</i>	Agaricales	Basidiomycota	Schizophyllum
<i>Albatrellus Ellisii</i>	Russulales	Basidiomycota	Albatrellaceae

De los 52 hongos presentados anteriormente, en revisión bibliográfica se encontraron algunos de los nombres comunes (Tabla 9.2).

Tabla 9.2 Nombres científico y común de algunos hongos de Santa María Yavesía

Nombre científico	Nombres zapotecos	Referencia
<i>Amanita caesarea</i>	Baya bela (baya- hongo, bela-carne).	Jiménez-Ruiz 2013; Bonet 2010; Nellis y Nellis, 1983; León 1992
	Beshia bella (beshia-hongo, bella-carne).	
	Be'ya be lá: (yema de huevo, jicarita	
	Be'ya – hongo, be lá – carne).	
<i>Lactarius indigo</i>	Bella tzila: (bella – hongo, tzi – contracción de nitzi – leche, la).	Hernández-Ayala 2009; Aguilar-Fernández 1998; Nellis y Nellis, 1983
	Be'ya azul:(Be'ya – hongo, azul – azul. Hongo azul).	
<i>Ramaria sp.</i>	Bella yrunu:(bella – hongo, yrunu – desgarrado. Hongo de venado).	Aguilar-Fernández, 1998; Butler 2000; Long y Cruz 2000
	Bi'a xben: (Bi'a – hongo, xben – dedo. Hongo con dedos, hongo de dedos).	
<i>Lycoperdon perlatum</i>	Mey café (mey – hongo, cafe – café).	Vázquez 2012, Ramesh 2010; Aguilar-Fernández, 1998
	Mey doop (mey – hongo, doop – pedo).	
	Mey gox (mey – hongo, gox).	
	Mey guiets (mey – hongo, guiets – espinas).	
	Mey ló rid (mey – hongo, ló rid – con heridas).	
	Mey xquidie (mey – hongo, xquidie – ceniza).	
	Bella iquia becu: (bella – hongo, iquia – pedo, becu – perro. Hongo pedo de perro) -	
<i>Amanita muscaria</i>	Be'ya láati yetsu': (be'ya hongo, láati-encima, yetsu'-grano)	Nellis y Nellis,1983; Garibay-Orijel, 2006; León 1992
	Beshia bella yetsu':(beshia –hongo, bella – carne, yetsu – grano).	
	Mey guiedz: (mey – hongo, guiedz – grano de la piel).	

<i>Laccaria laccata</i>	Mey yag zhog: (mey – hongo, yag zhog – Quercus crassifolia) Baya latzi bini : (baya – hongo, latzi – pata, bini– pájaro. Hongo pata de pájaro). Bella nia bini: (bella – hongo, nia– pata, bini – pájaro). Bella nia bini): bella – hongo, nia – pata, bini – pájaro: hongo pata de pájaro)	Nellis y Nellis, 1983; León et al., 1992; Aguilar-Fernández, 1998
<i>Boletus edulis</i>	Baya retni : baya – hongo, retni	León 1992
<i>Neolentinus lepideus</i>	Be ya yeri:(be – contracción de beshia – hongo, ya – contracción de yag – árbol, yeri – pino u ocote).	Garibay-Orijel et al., 2006
<i>Amanita flavoconia</i>	xín mey yup xín – (pariente, mey yup – Amanita caesarea. Pariente de mey yup. Diferentes especies parecidas a A. caesarea consideradas no comestibles)	León 1992; Hunn 2008
<i>Amanita gemmata</i>	xín mey yup xín – (pariente, mey yup – Amanita caesarea. Pariente de mey yup. Diferentes especies parecidas a A. caesarea consideradas no comestibles)	León 1992; Hunn 2008
<i>Amanita rubenses</i>	xín mey yup xín – (pariente, mey yup – Amanita caesarea. Pariente de mey yup. Diferentes especies parecidas a A. caesarea consideradas no comestibles)	León 1992; Hunn 2008
<i>Fomitopsis pinicola</i>	mey yag (mey – hongo, yag – árbol)	León 1992; Hunn 2008
<i>Trichaptum spp.</i> <i>(Trichaptum abietinum (Dicks.)</i>	mey yag (mey – hongo, yag – árbol)	León 1992

De hongos recolectados en Santa María Yavesía nos encontramos con un alto potencial en las especies de las cuales algunas se describen a continuación (Tabla 9.3). Considerando que existen más especies

de hongos con diferentes propiedades que aún no se describen en esta tabla, debido a la inmensidad del bosque pero que seguramente se encuentran en más de un hongo localizado en el bosque de Santa María Yavesía.

Tabla 9.3 Uso potencial de algunos hongos de Santa María Yavesía

Nombre científico	UP	GT	PM	Referencia
<i>Amanita caesarea</i>	C, E, M	ECM	Antioxidante Antibacteriano Antiinflamatorio Funciones protectoras de los polisacáridos de contra la enfermedad de Alzheimer	Jiménez Ruiz , 2013 ; Ramírez-Anguiano et al., 2007; Yamac y Bilgili, 2006 ; Guzmán, 2008 a ,Cuong, T. D, 2022; Li, Zhiping, 2019; Wenji Hu#, 2021
<i>Lactarius indigo</i>	C, M	ECM	Antitumoral, Antibiótico	Hernández-Ayala M., 2009; Ochoa-Zarzosa A y et. al., 2011.
<i>Lycoperdon perlatum</i>	C, M	ECM	Cicatrizante Antioxidante Antimicrobiano Contra tiña	Vázquez-SM , 2012 ; Ramesh y Pattar, 2010; Vázquez, 2012; Martínez-Escobedo, 2021.
<i>Amanita fulva</i>	C		NR	Belloso, 2012
<i>Turbinellus floccosus</i>	C	ECM	NR	González-Morales, 2021.
<i>Amanita flavoconia</i>	T	ECM	NR	
<i>Amanita muscaria</i>	T, M	ECM	Antifúngica Antibacteriana	Dueñas, W. A., 2008; Daniele 2005.
<i>Amanita rubescens</i>	C	ECM	NR	
<i>Amanita gemmata</i>	V, T	ECM	NR	
<i>Lactarius chrysorrheus</i>	C		NR	
<i>Laccaria laccata</i>	C, M	ECM	Antitumoral	Jiménez Ruiz , 2013; Yu-

				Cheng et al., 2009, Martínez-Escobedo 2021.
<i>Amanita bisporigera</i>	V		NR	
<i>Boletus edulis</i>	P, M, C	ECM	Antioxidante Antimicrobiano Antitumoral Secuestra radicales libres.	M. Quintos, 1984; Laura A., 2014; Vamanu y Nita , 2013; Fogarasi M., 2021 ; Popa M., 2022; Guo, 2021.
<i>Merulius incarnatus ft</i>	C			Boa, 2004.
<i>Auricularia auricula-judae</i>	M		Regulación de la presión sanguínea Actividad Antitumoral Hiperglucemia, Inmunomodulador Antiinflamatorio. Curación de heridas	Wasser, 1999a; S. Ukai 1983; A.Misaki., 1981; M. Zhang, 2007; A. sagar 2007; Brizuela, 1998; Sariya Mapoung 2021.
<i>Tremella mesenterica</i>	M, C		Reduce azúcar en sangre	Vázquez, 2012: Singh U. et. Al, 2017.
<i>Trametes versicolor</i>	M		Antitumoral Regula presión sanguínea. Reducción de la proliferación de células tumorales y muerte celular. Mejora la supervivencia y la función inmune (in vivo).	Valentáo, 2015; Micobotánica-Jaén, 1886; Martins, 2016; Harhaji et al., 2008; Ramberg et al., 2010; P. Rojas-Franco, 2015.

			antioxidantes y citoprotectoras	
<i>Fomitopsis Pinicola</i>	M		Antioxidante	
<i>Ganoderma Brownii</i>	M		Antioxidante	Ranjeet Singh, 2014; Miguel Ángel 2017.
<i>Lactarius chrysorrheus</i>	C	ECM	NR	
<i>Albatrellus Ellisii</i>	C		NR	Romero-Bautista, 2015
<i>Lactarius torminosus</i>	T		NR	Benítez-Macías, 2009

C: comestible, Medicinal: M, Tóxico: T, Ecnomicorrizico: ECM, Parásito: P, venenoso: V, No reportado: NR.

Las propiedades medicinales de diferentes especies de hongos se deben a los compuestos activos que presentan como lo describe la Tabla 9.4.

Tabla 9.4 Compuestos bioactivos y árboles hospederos de algunos hongos de Santa María Yavesía

Nombre científico	Compuestos bioactivos	Árboles hospederos en México	Referencia
<i>Amanita caesarea</i>	β -glucanos Polisacáridos, triterpenoides, ácidos grasos y polifenoles	<i>Pinus patula</i> , <i>P. pringlei</i> , <i>Quercus obtusata</i> <i>Q. rugosa</i> y <i>Q. urbanii</i>	Carrera-Nieva y López-Ríos, 2004; Mendoza-Díaz et al., 2006; Nava y Valenzuela, 1997; Laura A, 2014.
<i>Amanita flavoconia</i>		<i>Quercus rysophylla</i>	Garza F. y Castillo 1985.
<i>Amanita muscaria</i>		<i>P. teocote</i> , <i>Q. affinis</i>	Garza F., 1986.
<i>Laccaria Laccata</i>		<i>P. pringlei</i> , <i>P. pseudostrobus</i> , <i>Q. urbanii</i> y <i>Abies religiosa</i> , <i>Q. ilex</i>	Carrera-Nieva y López-Ríos, 2004; Garza et al., 2002; Carrasco-Hernández et al., 2011; Nava y Valenzuela 1997.
<i>Amanita Rubenses</i>		<i>Pinus teocote</i> , <i>Quercus affinis</i> , <i>Q. rysophylla</i> .	Garza, O. F., 1986.
<i>Amanita vaginata</i>		<i>Quercus rysophylla</i> , <i>Q. affinis</i>	Garza, O. F, 1986.
<i>Lactarius indigo</i>	Triterpenoides Polifenoles	<i>Quercus rysophylla</i> <i>Quercus spp.</i>	Garza, O., F 1986; Hernández-Ayala M. 2009.
<i>Lycoperdon perlatum</i>	Alcaloides Saponinas β -glucano	<i>Pinus hartwegii</i> , <i>P. teocote</i> , <i>P. pseudostrobus</i> , <i>Quercus affinis</i> , <i>Q. rysophylla</i>	Garza, O., F., 1986 ; Medinilla, 2008; Nowakowski, P.N., 2021.

<i>Boletus edulis</i>	Compuestos fenólicos Flavonoides: miricetina β -carotenos Ácido ascórbico	<i>Quercus rysophylla</i>	Robaszkiewicz, 2010; Garza, O. F., 1986; Bellozo R., 2012; Vamanu y Nita 2013.
<i>Trametes versicolor</i>	β -glucanos Terpenoides Polisacáridos k (PSK) Polisacáridos péptido (PSP)		Brizuela, 1998. Guzmán, 2008 c.
<i>Auricularia auricula-judae</i>	Glucano Heteroglicanos ácidos colesterol- oxidasa Polisacáridos		Wasser, 1999a; S. Ukai, 1983); Misaki A., 1981; Zhang M., 2007; Sagar A., 2007; Brizuela, 1998 ; Sariya Mapoung, 2021.
<i>Ganoderma Brownii</i>	Fenoles, polisacáridos, alcaloides y flavonoides		Ranjeet Singh, 2014.
<i>Lactarius chrysorrheus</i>		<i>P. sylvestris</i>	Harley, 1983
<i>Turbinellus floccosus</i>	Flavonoides, saponinas, Taninos, Quinonas, Cumarinas		González-Morales, 2021.

De acuerdo con las salidas de campo en Santa María Yavesía hacia los lugares donde se pudieran encontrar tipologías de hongos silvestres, se hizo la recolección encontrando un gran número de especies de las cuáles en su mayoría corresponden a la división Basidiomycota. Algunos hongos poseen propiedades anticancerígenas y antitumorales, hipocolesterolémicas, antivirales, antibacterianas, o inmunomoduladores, entre otras. Lo cual significa que han mostrado tener una potente actividad biológica lo que nos ha llevado a profundizar más acerca de los metabolitos. Se realizó una visita a Santa María Yavesía el 25 de septiembre de 2020, donde se marcaron puntos donde se encontraron los hongos silvestres con ayuda de MAPinr (Figura 9.11).

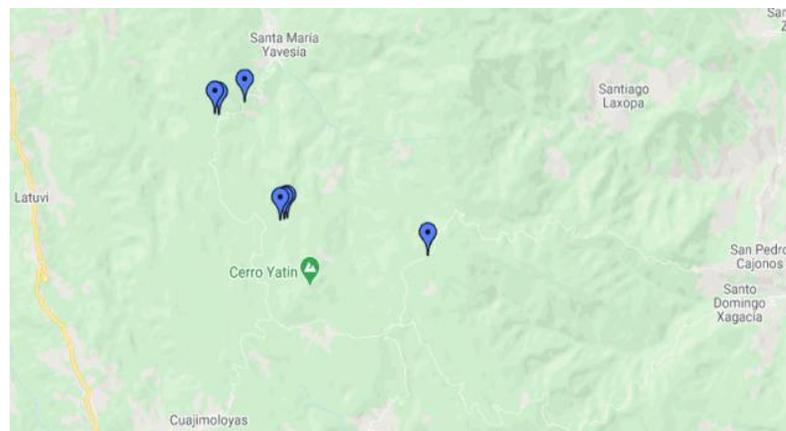


Figura 9. 11 Imagen Mapa del recorrido a Santa María Yavesía el 25 de septiembre 2020

Antes del el recorrido se realizaron tres exploraciones para búsqueda de hongos en total se marcaron 23 puntos.

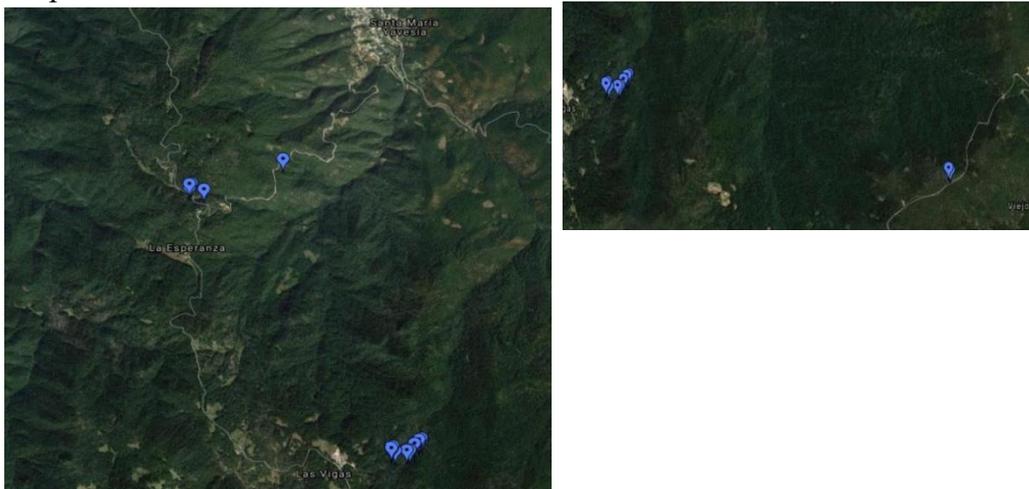


Figura 9. 12 Imagen mapa satélite del recorrido en Santa María Yavesía 25 de septiembre 2020

Cada punto marcado hace referencia a al menos un hongo encontrado en el lugar como lo marca la Figura 9.13.

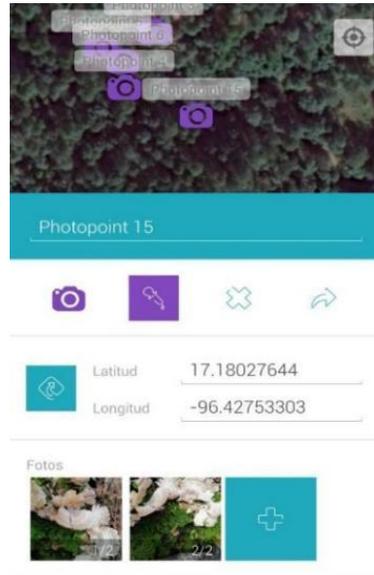


Figura 9. 13 Referencia con foto del punto 15 de Santa María Yavesía

Para cada visita a la comunidad en la recolección de hongo se trabajará con evidencia fotográfica para ubicación de los hongos silvestres. A continuación, se muestran algunas evidencias fotográficas.

Tabla 9.5 Datos de posición de los puntos marcados en el recorrido del bosque a Santa María Yavesía 25 de septiembre 2020

Latitud	Longitud	Título
1.716.970.058	-9.637.698.781	Photopoint 1
1.716.947.667	-9.637.669.981	Photopoint 2
1.718.077.421	-9.642.777.242	Photopoint 3
1.718.044.141	-9.642.793.804	Photopoint 4
171.806.746	-9.642.806.679	Photopoint 5
1.718.059.804	-964.279.481	Photopoint 6
1.718.032.609	-9.642.619.628	Photopoint 7
1.718.035.748	-9.642.589.286	Photopoint 8
1.718.116.019	-9.642.538.961	Photopoint 9

1.718.095.968	-9.642.538.492	Photopoint 10
1.718.134.822	-9.642.487.932	Photopoint 11
1.718.164.259	-9.642.488.904	Photopoint 12
1.718.178.224	-9.642.456.617	Photopoint 13
1.718.166.052	-9.642.449.174	Photopoint 14
1.718.027.644	-9.642.753.303	Photopoint 15
1.721.338.873	-964.506.121	Photopoint 16
1.721.334.709	-9.645.048.939	Photopoint 17
1.721.343.965	-9.645.023.525	Photopoint 18
1.721.307.423	-9.645.044.044	Photopoint 19
1.721.292.947	-9.645.048.603	Photopoint 20
1.721.282.731	-9.644.890.688	Photopoint 21
1.721.270.241	-9.644.887.738	Photopoint 22
1.721.649.745	-9.644.004.688	Photopoint 23



Figura 9. 14 Hongos de Santa María Yavesía marcados con puntos de referencia

9.1.2 Hongos de Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca

Se realizaron recorridos en las zonas semi áridas de Yaxe, Ocotlán Morelos una comunidad ubicada en el estado de Oaxaca ubicada a 61 kilómetros de la ciudad de Oaxaca dónde los paisajes son diferentes a la comunidad de Santa María Yavesía en su la mayoría son paisajes semi desérticos, en búsqueda des especies comestibles de interés farmacológico hongos que puedan encontrarse en las dos comunidades, garantizando la obtención y acceso al material fúngico, la recolección se realizo en los parajes Lachigocha, Mogote, la tortuga, regadillo, pan blanco (Figura 9.15).



Figura 9. 15 Imagen mapa satélite del recorrido en Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca

Se identificaron 33 especies de hongos silvestres algunas no conocidas por la comunidad en la Tabla 9.6 se mencionan algunas propiedades de estos hongos, *Favolus tenuiculus*, *Clathrus ruber*, *Arachnion album*, *Pycnoporus sanguineus*, hongos del género *Geastrum*, *Astraeus hygrometricus*, *Schizophyllum commune*, *Pisolithus tinctorius*, *Stereum ostrea*, *Phellinus calkinsii*, hongos del género *Scleroderma*, *Coprinus comatus*, *Coprinus sp*, *Agaricus campestris*, *Marasmius oreades*, *Psathyrella sp.*, *Hygrocybe sp*, *Amanita* del grupo *rubescens*, *Trametes hirsuta*, *Gymnopus dryophilus*, *Tulostoma sp.*, *Macrocybe sp.*, *Tricholomataceae sp.*, *Boletinellus rompelii*, *Phlebopus mexicanus*, *Boletus frostii*, *Agaricus silvaticus*, hongos del género *Lepiotaceae*, *Laccaria bicolor*, *Russula sp*, *Polyporus tricholoma*, Hongo del género *xerocomus* y *Amanita verna*.

En el municipio de Ocotlán de Morelos, no se tiene un registro de los hongos que albergan los distintos paisajes en las comunidades, cabe recalcar que son zonas dónde el consumo de hongo no es muy común pues la base de su alimentación esta en el consumo y producción de las diferentes hortalizas que se cultivan en la región y alimentos de origen animal, pues son comunidades de productores agricolas y

ganaderos, el consumo de hongos silvestres se limita a temporadas y solo se consumen dos especies silvestres que con *Agaricus campestris* y *Marasmius oreades*, conocidos bajo los nombres comunes de nanacate y hongo de corral o corralito respectivamente en la Figura 9.19 se muestran algunos hongos comestibles registrados.

Tabla 9.6 Uso potencial de algunos hongos de Yaxe

Nombre científico	UP	PM	Referencia
<i>Favolus tenuiculus</i>	C, M	Antioxidante	EsquivelL, J. P. P., de la Fuente, J., & COLLI, M. O. U. ,2021; Wong y Chye, 2009; Omarini et al., 2012.
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	C. M	Coagular la sangre, Eliminar verrugas Eliminar parásitos intestinales Producción de enzimas Biorremediación. Antitumoral Antimicrobiano Blanqueo de pulpa para papel Pigmentación	Prance G., 1984; Acosta-Urdapilleta et al., 2016. ; Pineda-Insuasti, J. A., 2017.
<i>Astraeus hygrometricus</i>	Mi		Terríquez- Villanueva, 2017
<i>Schizophyllum commune</i>	C, M	Tratamiento del cáncer cervical Producción de Enzimas Antitumoral Antimicrobiano	Esquivel, J. P. P., de la Fuente, J., & Colli, M. O. U. ,2021; Longvah y Deosthale, 1998; Ooi y Liu, 2000; Chang y Miles, 2004; Bran-González et al., 2009; Komatsu N., et al., 1968.

<i>Pisolithus tinctorius</i>	C	Pigmentación Antibacteriano Antifungico	Cámara, 2019; Carmo, 2019.
<i>Stereum ostrea</i>	M	Antimicrobiano	Ferreira-Silva et al., 2017
<i>Coprinus comatus</i>	C		
<i>Agaricus campestris</i>	C		
<i>Marasmius oreades</i>	C, M	Anticancerígeno Antioxidante Antibacteriano	Marques et al., 2012; Gómez- Herrador, 2014; Shomali, 2019.
<i>Trametes hirsuta</i>		Biorremediación	Romero-Bautista, 2015
<i>Phlebopus mexicanus</i>	C		
<i>Boletus frostii</i>	C, Mi		Terrández- Villanueva, 2017;
<i>Laccaria bicolor</i>	C		

*C: comestible, Medicinal: M, Tóxico: T, Ecnotmicorrizico: ECM, Parásito: P, venenoso: V, Mi: potencialmente micorrizógeno

Tabla 9.7 Compuestos bioactivos y árboles hospederos de algunos hongos de Yaxe

Nombre científico	Compuestos bioactivos	Referencia
<i>Favolus tenuiculus</i>	Polisacárido inmunoestimulante ((1-3) – β -D-glucano con ramificaciones (1-6)- β -glucosil)	Morales O. & R. Flores et al., 2008;
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Lacasas, DDMP , Poliporina, Cinabarina (3-fenoxacina), O-acetyl-cinabarina, Ácido cinabarínico, Tramesanguina, 3-1 fenoxacina, 2-amino-fenoxazin-3-ona, pycnosanguin éter fenoxazina , Ergosterol, 5-6-dihidroergosterol, Ergosterol peróxido.	Pineda-Insuasti, J. A., 2017.
<i>Pisolithus tinctoriu</i>	Triterpenos, (pisolactona (P180) y lanostano, 7,22-dien-3-ol, 24-metilo (P65)).	Carmo, 2019.

La comunidad de Yaxe, a pesar de ser una zona de zonas áridas, la localización de estas especies en su mayoría gasteroides, como se muestra en la Figura 9.16, estos hongos tienen un uso potencial medicinal ya que son utilizados como cicatrizantes.



Figura 9.16 Hongos gasteroides encontrados en Yaxe, Ocotlán de Morelos. **A.** *Arachnion album*, **B.** hongos del género *Geastrum*, **C.** *Astraeus hygrometricus*, **D.** *Pisolithus tinctorius*, **E.** hongos del género *Scleroderma*, **F.** *Myriostoma* y **G.** *Tulostoma* sp. **H.** *Lycoperdon* sp.

Los hongos *Polyporales* los cuáles en su mayoría poseen propiedades medicinales Tabla 9.6 y potencial biotecnológico por la tinción que producen como es el caso de *Pycnoporus sanguineus* y que a continuación se muestran en la Figura 9.17.



Figura 9.17 Hongos *Polyporales* encontrados en Yaxe, Ocotlán de Morelos. **A.** *Favolus tenuiculus*, **B.** *Pycnoporus sanguineus*, **C.** *Stereum ostrea*, **D.** *Phellinus calkinsii*, **E.** *Schizophyllum commune*, **F.** *Trametes hirsuta*, **G.** *Polyporus tricholoma*.

Los hongos silvestres además de ser utilizados en ceremonias, medicina tradicional y parte de la investigación por sus propiedades medicinales, poseen un potencial biotecnológico dirigido a la obtención de colorantes de origen natural esta pigmentación puede darse con el cuerpo fructífero o bien en el cultivo *in vitro* de estas especies fúngicas como es el caso de *Pycnoporus sanguineus* y *Pisolithus tinctorius* los cuáles han sido cultivados en condiciones de esterilidad, algunas de estas especies son comestibles en su etapa joven (*Pisolithus tinctorius*, *Coprinus comatus*), considerandolos como especies de gran importancia no solo por su uso potencial si no como hongos nutraceuticos.



Figura 9.18 Hongos con potencial biotecnológico (tinción) encontrados en Yaxe, Ocotlán de Morelos. **A.** *Pycnoporus sanguineus*, **B.** *Pisolithus tinctorius*, **C.** *Coprinus comatus*.

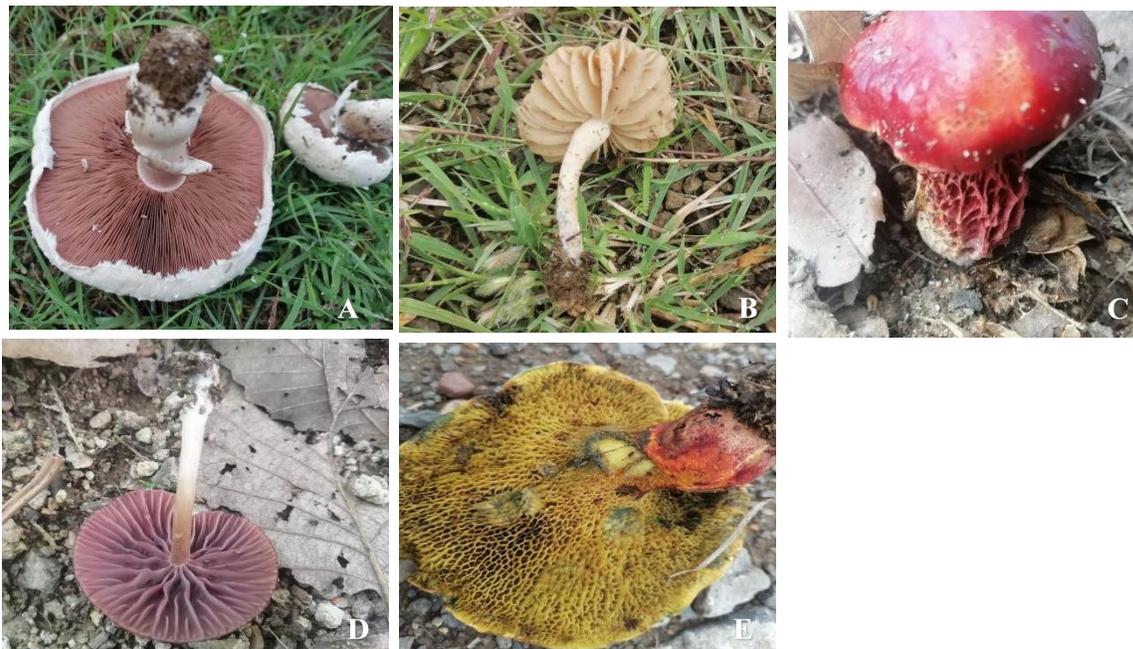
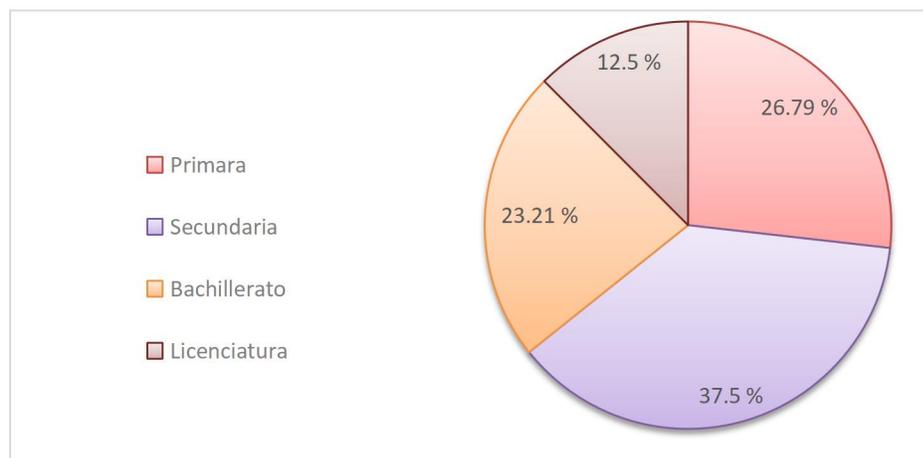


Figura 9.19 Hongos Comestibles encontrados en Yaxe, Ocotlán de Morelos. **A.** *Agaricus campestris*, **B.** *Marasmius oreades*, **C.** *Boletus frostii*, **D.** *Laccaria bicolor*, **E.** *Boletinellus rompelii*.

9.2 Estudio Etnomicológico

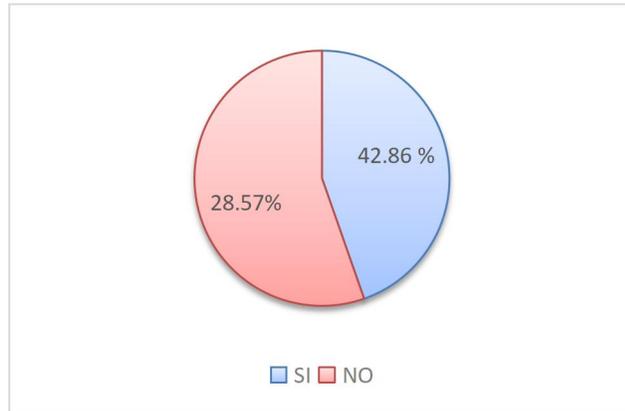
9.2.1 Características de la población

Se realizaron encuestas en la población a 56 personas mayores de 18 años con fin de recopilar información importante sobre el conocimiento general que se tiene de los hongos de la comunidad de Santa María Yavesía. Considerando que la población cuenta con una escolaridad de Primaria a Licenciatura. Los datos obtenidos fueron: escolaridad de primaria un 26.79%, escolaridad secundaria con el 37.5%, nivel medio superior que se registro un 23.21 % y nivel superior con 12.5% (Gráfica 9.1).

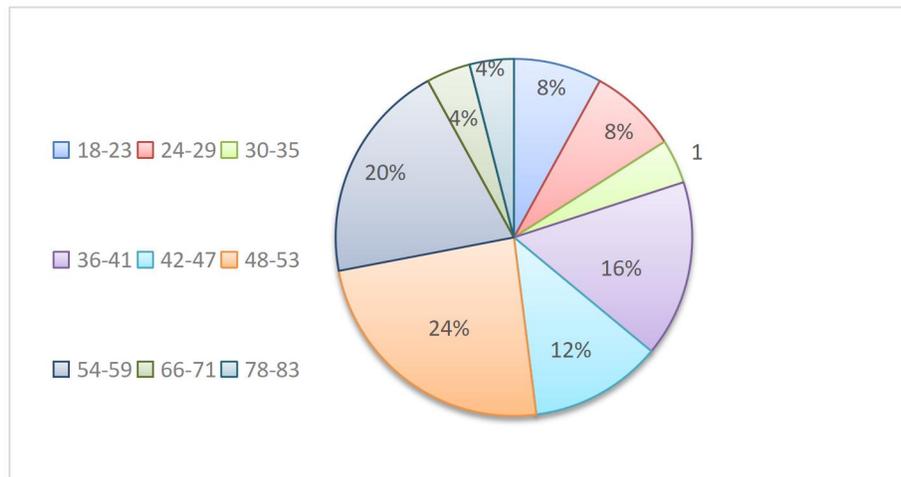


Gráfica 9. 1 Nivel de escolaridad de habitantes de Santa María Yavesía

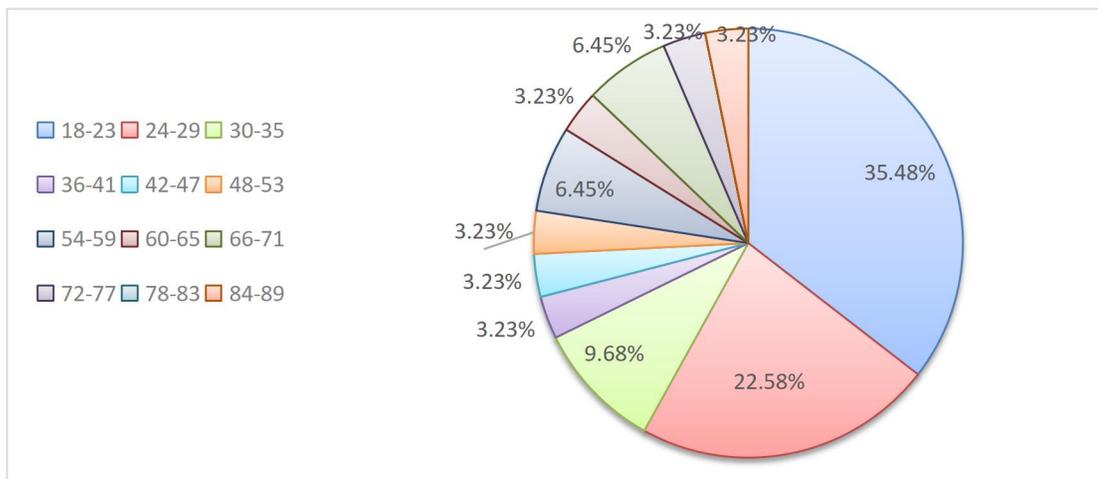
Considerando que Oaxaca es uno de los estados con una gran diversidad cultural distribuida en sus 570 municipios y de las cuales las lenguas indígenas que predominan en el estado son mixe, chocholteco, mixteco, triqui, chatino, amuzgo, cuicateco, ixcateco, chontal, mazateco, zapoteco, náhuatl, zoque, huave, y chinanteco, las cuales suman 176 variantes. Siendo esto parte de la cultura de la comunidad y considerando que en la sierra norte predomina la lengua indígena zapoteca, se preguntó a la población sobre el dominio de una lengua indígena (Gráfica 9.2). De los 56 personas encuestados solo el 28.57 % hablan una lengua indígena (Zapoteco), con respecto a los rangos de edad de las personas que dominan esta lengua, existe un mayor porcentaje entre 48-53 años y de 54-59 años con un porcentaje de 24 % y 20 % respectivamente (Gráfica 9.3), por lo que es necesario inculcar esta lengua a las nuevas generaciones y así no perderla, ya que solo el 45.8 % de las personas que no hablan ninguna lengua indígena son jóvenes entre los 18-23 años de edad (Gráfica 9.4).



Gráfica 9.2 Porcentaje de las personas que hablan una lengua indígena

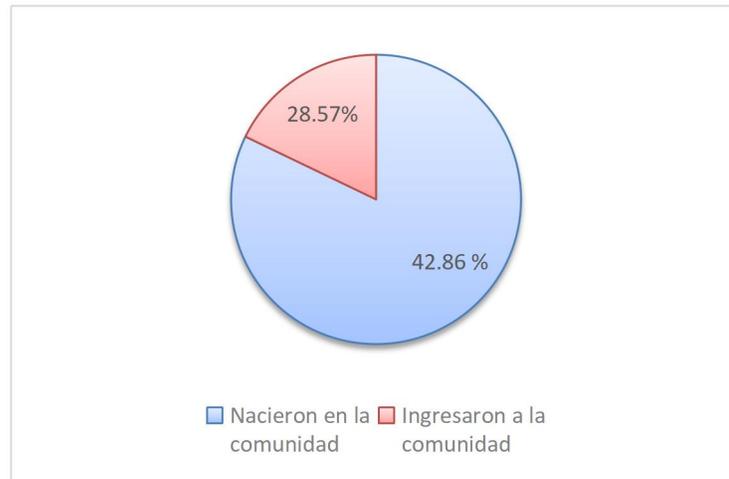


Gráfica 9.3 Rango de edad de personas que hablan una lengua indígena

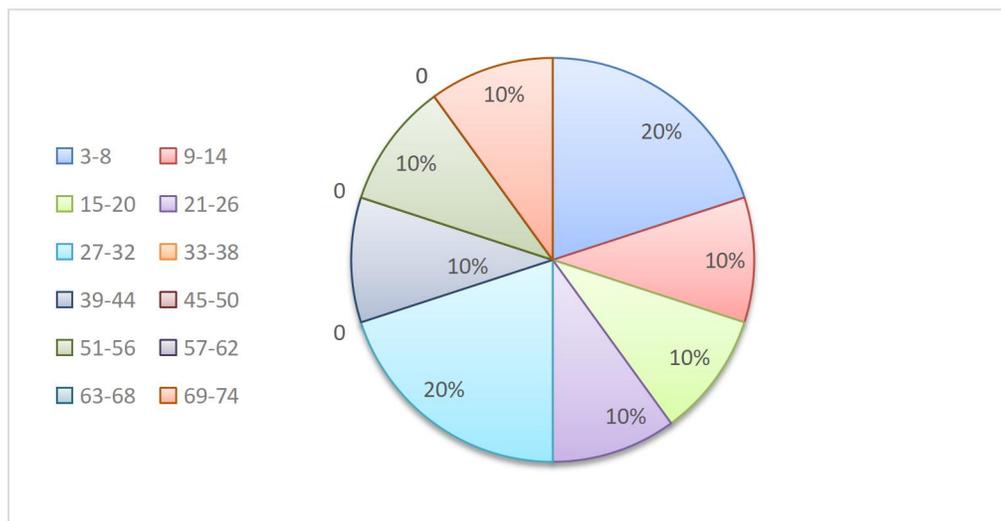


Gráfica 9.4 Rango de edad de personas que no hablan una lengua indígena

La mayoría de la población encuestada afirma tener un tiempo de estancia igual a su edad, por lo que el 42.86 % registrado corresponde a las personas que han vivido desde su nacimiento en la comunidad y el 28.57 % corresponde a la población que ingreso a la comunidad (Gráfica 9.5), la cual ingreso cuando tenia entre los 3-8 años y 27-32 años, lo cuál representa el 20% en cada caso (Gráfica 6).



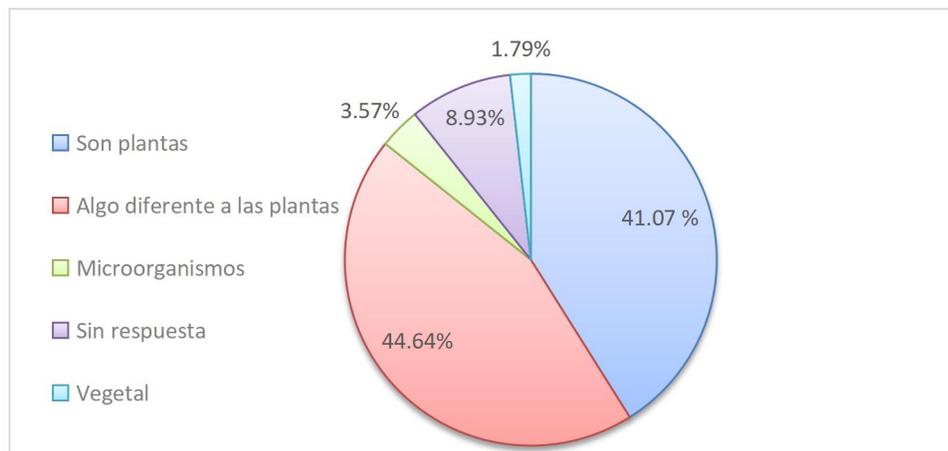
Gráfica 9.5 Porcentaje del tiempo de estancia en la comunidad



Gráfica 9.6 Rango de edad con respecto al tiempo de estancia en la comunidad

9.2.2 Conocimiento general de los Hongos

Las respuestas registradas con respecto al conocimiento de los hongos, de donde el 44.64% de la población encuestada sugiere que los hongos son algo diferente a las plantas, sin embargo el 41.07 % sugiere que son plantas orgánicas y medicinales, considerando el 8.93 % de habitantes de la comunidad no tienen una respuesta concreta para definir que son los hongos y que solo el 3.57 % lo define como un grupo de organismos o microorganismos podemos concluir que la mayoría de la comunidad no tiene una visión clara de lo que son estas especies fúngicas (Gráfica 9.7). Al mencionar sobre la importancia de los hongos y su entorno con el ecosistema el 83.93% sugiere que tiene una relación con los árboles, asimismo con la la descomposición dela materia orgánica y el 16.07 % menciona que la función de los hongos en el ecosistema se debe a que son alimento para los animales (Gráfica 9.8).

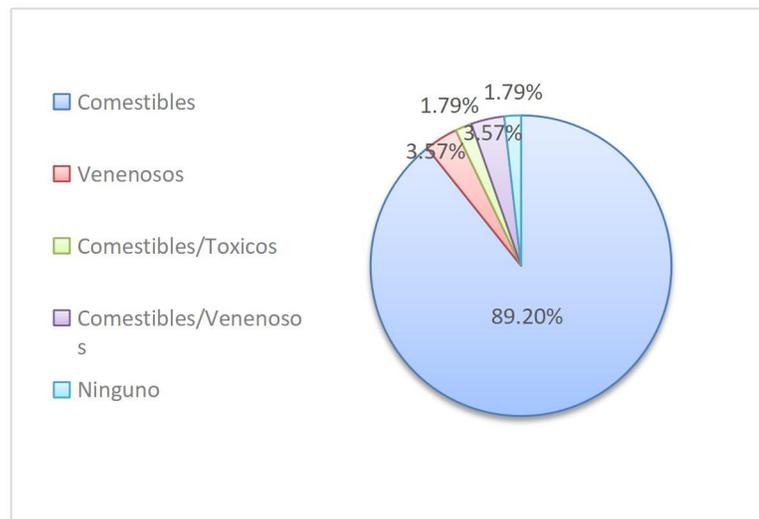


Gráfica 9.7 Definición que tienen los habitantes de la comunidad con respecto a los hongos



Gráfica 9.8 Importancia de los hongos en el ecosistema

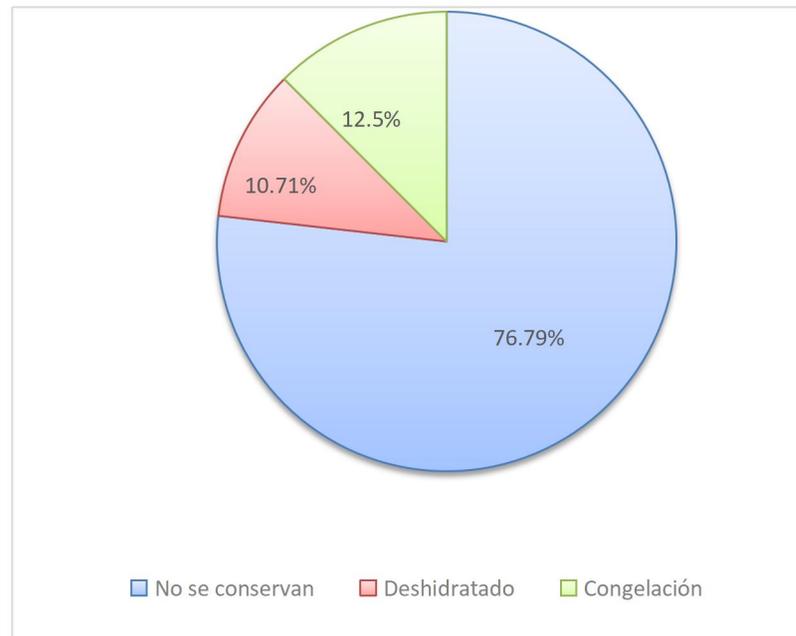
Considerando la gran biodiversidad de Hongos silvestres y de acuerdo a su clasificación: Medicinal, Tóxico, Venenoso, se registro que el 89.20% de la población conoce más hongos comestibles de los cuáles hacen mención del nanacate, nanacatillo, hongo amarillo, cuernito de venado (Gráfica 9.9). El 100 % de la población encuestada no conoce de ningún hongo con alguna propiedad medicinal. La forma más común en la que consumen los hongos es en diferentes platillos como lo son en tamales, coloradito, amarillo, asado, quesadillas, al vapor, empanizado, mole, con verdura, hervidos y fritos, sin embargo el 94.55% de la población lo consumen solo en la temporada (Gráfica 10), siendo el 76.79% de las personas encuestadas no conserva los hongos pues los consumen al momento de cortarlos (Gráfica 9.11).



Gráfica 9.9 Conocimiento general de Hongos



Gráfica 9.10 Periodo de consumo de hongos silvestres



Gráfica 9.11 Método de conservación de hongos silvestres

Solo el 17.86% de la población conocen venenosos, haciendo mención de un hongo rojo, oreja de cuche y dedo del diablo, considerando el micetismo con una de la causa de muerte por el consumo de hongos silvestres de tipo tóxico/venenosos el 8.93% afirma haber estado o conocido a alguien algún tipo de intoxicación por ingesta de estos hongos.

9.3 Análisis químico proximal

Se realizaron pruebas a 3 hongos silvestres para obtener un análisis completo de las especies seleccionadas, en la Tabla 9.8 se puede observar los valores del contenido nutricional de los hongos, los resultados se expresan en base seca, donde se obtuvo una concentración mayor en cenizas en *Ganoderma brownii* con 2.8454 g/100g muestra y menor en *Fomitopsis pinicola* con 0.4204 g/ 100 g de muestra, una mayor concentración en proteínas en *Ganoderma brownii* con 16.1804 y menor en *Trichaptum abietinum* 11.3986 g/100g muestra, con respecto al extracto etéreo se obtuvo una mayor concentración en *Fomitopsis pinicola* con 7.3884 g/100g muestra y menor en *Trichaptum abietinum* con 0.0378 g/100g muestra, en los resultados del contenido de fibra se obtiene una mayor concentración en *Trichaptum abietinum* con 50.4331 g/100g muestra y menor en *Ganoderma brownii* con 28.1937 g/100g muestra, la concentración de carbohidratos fue mayor en *Ganoderma brownii* con 51.5836 g/100g muestra y menor en *Trichaptum abietinum* con 37.0269 g/100g muestra. Esta evaluación brinda información de la cantidad de nutrientes presentes, estos hongos, los cuáles están sujetos a diferentes factores al tratarse de hongos silvestres, como lo es tiempo de maduración del hongo, periodo de recolección, estado en el que se encontraron los hongos.

Tabla 9. 8 Resultados del análisis químico proximal

Especie de Hongo	Determinación (g/100g muestra)				
	Cenizas	Proteína	Extracto etéreo	Fibra	Carbohidratos
<i>Fomitopsis pinicola</i>	0.4204	14.5643	7.3884	47.4734	30.1535
<i>Ganoderma brownii</i>	2.8454	16.1804	1.1972	28.1937	51.5836
<i>Trichaptum abietinum</i>	1.1412	11.3986	0.0378	50.4331	37.0269

9.4 Actividad Antioxidante

En la Tabla 9.9 se observa que el poder reductor es mayor en *Ganoderma Brownii* con 9.7042 mgEAA/g y menor en *Trichaptum abietinum* con 0.0376 mgEAA/g, la actividad antioxidante total es mayor en *Trametes versicolor* con 10.4567 mgEAA/g y menor en *Fomitopsis pinicola* con 2.3716 mgEAA/g , Fenoles totales es mayor en *Ganoderma brownii* con 4.3191 mgEAG/g y menor en *Trichaptum abietinum* con 2.0980 mgEAG/g, Flavonoides es mayor en *Trichaptum abietinum* con 1.0074 mgEQ/g y menor en *Ganoderma brownii* con 0.9797 mgEQ/g, la inhibición con DPPH es mayor en *Fomitopsis pinicola* 90.945 % y menor en *Trametes versicolor* 7.6796 %.

Tabla 9.9 Resultados de la evaluación antioxidante

Especie	Determinación (g/100g muestra)				
	Poder reductor (mgEAA/g)	Actividad Antioxidante total (mgEAA/g)	Fenoles totales (mgEAG/g)	Flavonoides (mgEQ/g)	DPPH % Inhibición
<i>Fomitopsis pinicola</i>	3.324	2.3716	3.2658	1.0074	90.945
<i>Ganoderma brownii</i>	9.7042	7.0855	4.3191	0.9797	88.7307
<i>Trichaptum</i>	0.0376	2.1325	2.0980	1.1087	19.9288
<i>Albatrellus ellisii</i>	7.7498	2.7062	4.0454	0.9222	73.7841
<i>Trametes versicolor</i>	4.4083	10.4567	2.5100	5.917	7.6796

De acuerdo a los datos obtenidos el Poder reductor arrojo porcentajes entre 3.324 - 9.7042 mgEAA/g, y DPPH 19.9288 - 90.945 %.

Flavonoides: los hongos de la comunidad de Santa María Yavesía registraron datos entre 0.9797 - 1.1087 mgEAA/g , los cuales son menores que *Lactarius deliciosus* con 8.14 mgEAA/g, los datos se asimilan a los hongos de *Russula delica* 0.16 mgEAA/g, *Ramaria flava* 0.50 mgEAA/g

Fenoles totales: en relación a las concentraciones de hongos registrados como *Amanita rubescens* registro 11.82 ± 1.00 mgEAG/g con solvente agua, 10.54 ± 0.77 1.00 mgEAG/g en Metanol, 4.32 ± 0.55 mgEAG/g Acetato de etilo y 4.36 ± 0.55 mgEAG/g en Hexano, el rango registrado para este hongo con los diferentes solventes es de 4.32 - 11.82 mgEAG/g, los hongos analizados de los hongos de Santa María Yavesía registraron valores comprendidos entre el rango 2.0980 - 4.3191 mgEAA/g,

los resultados obtenidos se encuentra entre el rango de esta especie. Se tiene registro de fenoles totales de *G. brownii* 100.33 mg EAG/g reportados.

Actividad antioxidante: Actividad Antioxidante 2.1325 - 10.4567 mgEAA/g se registran datos menos a *Amanita rubescens* 63.7± 0.00 mgEAA/g en Agua, 66.8± 0.00 mgEAA/g Metanol, 24.7± 0.00 mgEAA/g Acetato de Etilo y 30.7± 0.00 mgEAA/g Hexano, se tiene registro de actividad antioxidante reportada de *Ganoderma brownii* con 68.54 y 67.82 mg Trolox/g respectivamente

9.5 Caracterización microscópica, aislamiento y cultivo *in vitro*

9.5.1 *Myriostoma sp*

Cuerpo fructífero con una capa externa que se abre formando estrella de color marrón parduzco, endoperidio, con numerosos estomas o bocas circulares por donde expulsa las esporas ((Figura 9.20: D), Esporas globosas, marcadamente verrugosas (Figura 9.20 : A, B) de diámetro $11.03\mu\text{m}$ (Figura 9.20 C), este hongo fue encontrado en Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca. En el paraje conocido como “Lachigocha”

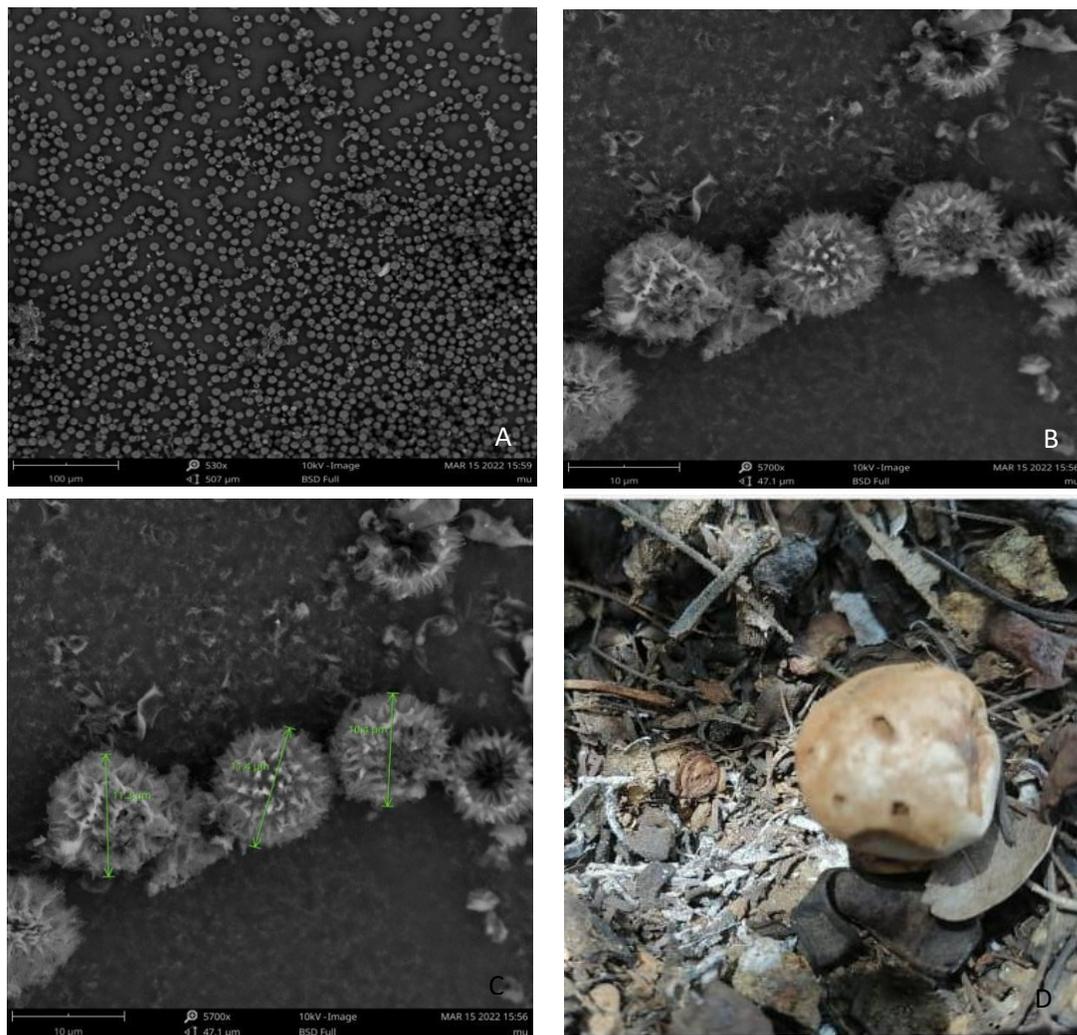


Figura 9.20 *Myriostoma sp.* : A (530 x) ,B (5700 x) ; espora al microscopio electrónico de barrido, B (5700x): *Myriostoma*, C. Basidioma

Este hongo fue cultivado *in vitro* en medios de cultivo en placa, Agar papa dextrosa (PDA), Agar suero de Naranja (ASN), Agar extracto de malta (AEM) y Agar dextrosa sabouraud (ADS) tal y como se muestra en la Figura 9.21, el cultivo fue realizado con un disco de agar de 5 mm, este hongo presenta un crecimiento considerable en los cuatro medios de cultivo sin embargo en el medio de cultivo ASN, su crecimiento es mas uniforme y de crecimiento rápido.



Figura 9.21 *Myriostoma* en medios de cultivo en agar: **A.** (ADP), **B.** (ASN), **C.** (AEM), **D.** (ADS).

El crecimiento en estas placas corresponde a un periodo 2 semanas, una vez retirado micelio para realizar la actividad de actividad hemaglutinante, con una relación 1:2 (1 g micelio : 2 ml de PBS) con eritrocitos tipo O+, se observó que en el medio de Agar suero de naranja la mostró una mayor presencia de actividad hemaglutinante reflejada con de 5 pozos (Figura 9.22).



Figura 9.22 *Myriostoma* sp. Actividad de lectina

9.5.2 *Pisolithus arhizus*

Hongo del grupo de los basidiomicetos (Figura 9.23;B, C) Esporas globosas, de 9.07 μm de diámetro, globosas y ornamentadas con espinas (Figura 9.23 A), Tienen forma redondeada de jóvenes pero luego se hacen claviformes, de color pardo negruzco y liso, con la superficie seca y lisa, a veces con abultamientos. Al madurar se abre por la parte superior, ya que el peridio, simple, se rompe en placas poligonales para dejar libres las esporas, formadas en la gleba, la parte fértil interior. Este hongo fue encontrado en Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca, en el paraje conocido como “El mogote”. Este hongo como *Pisolithus tinctorius* mantiene un color café oscuro a negro en los extractos realizados.



Figura 9. 23 Basidiosporas de *Pisolithus arhizus* **A**; esporas microscopio electrónico de barrido (4500 x), **B y C**: *Pisolithus arhizus*

9.5.3 *Boletus exsudopurus*

Se cultivo el cuerpo fructífero en medio de cultivo Agar extracto de Malta, presentando un desarrollo abundante, con una elevación plana y de color blanco, con aspecto húmedo y superficie lisa (Figura 9.24)



Figura 9. 24 *Exsudoporus frostii*

9.6 Identificación de metabolitos

9.6.1 Identificación de metabolitos por métodos colorimetricos

Los hongos analizados poseen al menos 1 metabolito de interés, siendo *Trichaptum abietinum* el hongo que presenta 4 metabolitos de los 6 analizados, algunos pruebas en hongos no se llegaron a determinar marcados como nd, debido a la coloración o reacción del hongo, *Fomitopsis pinicola* no se logro la identificación de saponinas debido al reacción que presenta con el agua, tornando una apariencia blanzuca y espumosa al instante sin previa agitación, misma reacción que presenta al agregar HCl en la prueba de alcaloides, sin embargo esta reacción desaparece al llegar a ebullición la solución (Tabla 9.10). *Pisolithus arhizus* la identificación de Taninos no se identifico debido a la coloración que presenta el extracto (tonalidad café oscuro a negro) mismo caso para el hongo de genero polyporaceae (tonalidad rojo ladrillo) se sugiere la extracción de pigmentos de estos dos últimos hongos debido a la intensidad de color (Figura 9.25)

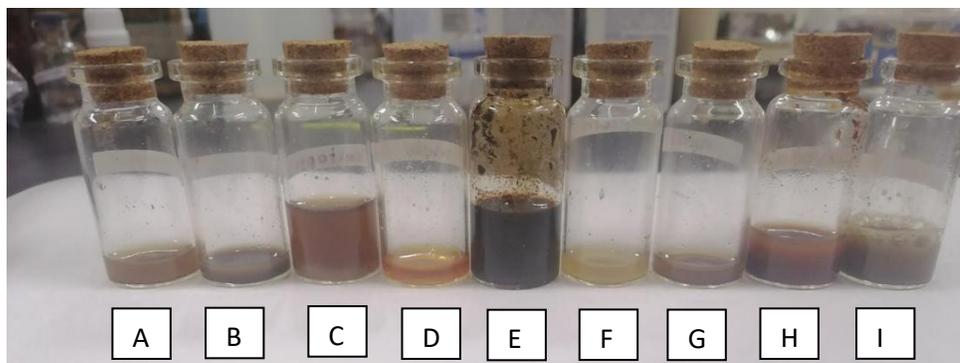


Figura 9.25 Extractos de hongos PBS: **A.** (*Stereum ostrea*), **B.** (*Trametes versicolor*), **C.** (*Fomitopsis pinicola*), **D.** (*Flavolus*), **E.** (*Pisolithus arhizus*), **F.** (*Trichaptum abietinum*), **G.** (*Ganoderma brownii*), **H.** (*genero polyporaceae*), **I.** (*Clathrus ruber*).

La mayoría de los pigmentos producidos por los hongos son melaninas, betalainas, quinonas, xantinas, flavonoides, carotenoides y curcuminoides, los cuáles pueden ser extraídos a través de solventes, una extracción sólido-líquido (EXTRACCIÓN SOXHLET), los cuáles se utilizan para extraer pigmentos del cuerpo fructífero o bien de cepas previamente aisladas de hongos.

Tabla 9.10 Análisis Fitoquímico de extractos de especies de hongos silvestres

Especie de hongo	Extracto		Grupo Químico						
			Alcaloides	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Cumarinas	Quinonas	Glucósidos
<i>Ganoderma Brownii</i> (SMY)	Cuerpo fructífero deshidratado	Etanol 80 %	-	++	-	+++	-	-	-
<i>Trichaptum abietinum</i> (SMY)	Cuerpo fructífero deshidratado	Etanol 80%	++	-	+++	+++	-	-	+
<i>Fomitopsis pinicola</i> (SMY)	Cuerpo fructífero deshidratado	Etanol 80%	++	-	nd	++	-	-	-
<i>Myriostoma sp.</i> (Yaxe)	Medio de cultivo ASN (1 mes de crecimiento)	Solución salina PBS	+++	-	-	-	-	-	-
<i>Boletus exsudoporus</i> (SMY)	Medio de cultivo PDA (1 mes de crecimiento)	Solución salina PBS	++	-	-	-	-	-	-
<i>Fomitopsis pinicola</i> (SMY)	Medio de cultivo PDA (1 mes de crecimiento)	Solución salina PBS	+++	-	++	-	-	-	-
<i>Trichaptum abietinum</i>	Medio de cultivo AEM (1 mes de	Extracto acuoso, Solución	+	-	+	+++	-	-	+

	crecimiento)	salina PBS							
<i>Pisolithus arhizus</i> (Yaxe)	Cuerpo fructífero	Extracto acuoso, Solución salina PBS	-	-	-	nd	-	-	-
<i>Stereum Ostrea</i> (Yaxe)	Cuerpo fructífero deshidratado	Etanol 80%	+++	++	-	+++	-	-	-
<i>Polyporales</i> (Yaxe)	Cuerpo fructífero	Extracto acuoso, Solución salina PBS	-		-	nd	-	-	-

(-)ausencia; (+) presencia débil; (++) presencia moderada, (+++) presencia significativa, ASN: Agar suero de naranja, PDA; Agar papa dextrosa, AEM: Agar Extracto de Malta, nd; no detectado.

De los extractos relación 10 gramos de hongo en 50 ml de solvente, permaneciendo en agitación constante por dos semanas, se realizaron las pruebas fitoquímicas correspondientes (Tabla 9.12), siendo taninos el más estable en la mayoría de los hongos.

Alcaloides se encuentra presente en los doce hongos analizados, taninos se encuentra presente en *Ganoderma Brownii* (los extractos Acuoso, etanólico y PBS presentaron una coloración azul-negro lo que indica la presencia de derivados catecol, *Fomitopsis pinicola* coloración verde en el extracto PBS y coloración azul en los extractos acuoso y etanólico. *Trichaptum abietum* coloración verde en extractos PBS y acuoso y azul en extracto etanólico. *Albatrellus ellisii* presentó coloración azul en los tres extractos con los solventes PBS, Acuoso y Etanólico. *Trametes versicolor* con resultado positivo con coloración azul en extracto acuoso y etanólico, verde en extracto con el solvente PBS.

Tabla 9.11 Análisis Fitoquímico de extractos de especies de hongos silvestres en tres diferentes solventes

Especie de Hongo silvestre	Solvente	Alcaloides	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Cumarinas	Quinonas	Glucósidos cardiotónicos
<i>Ganoderma</i>	PBS	+	++	++	+	-	-	-
<i>brownii</i>	AC	+++	++	+	+++	-	-	-
(SMY)	Etanol	++	++	-	+++	-	-	+++
<i>Fomitopsis</i>	PBS	+++	+	-	+++	-	-	-
<i>pinicola</i>	AC	+++	+	+	+++	-	-	-
(SMY)	Etanol	+++	+	-	+++	-	-	-
<i>Trametes</i>	PBS	++	+	-	+++	-	-	-
<i>versicolor</i>	AC	++	+	-	+++	-	-	-
(SMY)	Etanol	++	+	-	+++	-	-	-
<i>Trichaptum</i>	PBS	++	-	++	+++	-	-	-
<i>abietum</i>	AC	++	-	++	+++	-	-	-
(SMY)	Etanol	++	-	++	+++	-	-	-

Identificación de metabolitos, marcados como (-)ausencia; (+) presencia débil; (++) presencia moderada, (+++) presencia significativa, nd no detectado, SYM (Santa María Yavesía), Yaxe

Especie de Hongo silvestre	Solvente	Alcaloides	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Cumarinas	Quinonas	Glucósidos	cardiotonicos
<i>Albatrellus</i>	PBS	+++	++	+	+++	-	-	-	
<i>ellisii</i> (SMY)	AC	+++	++	+	+++	-	-	-	
	Etanol	+++	++	+	+++	-	-	-	
<i>Stereum ostrea</i> (Yaxe)	PBS	++	+	-	+++	-	-	-	
	AC	++	+	-	+++	-	-	-	
	Etanol	++	+	-	+++	-	-	-	
<i>Boletus frostii</i> (Yaxe)	PBS	+	-	-	+++	-	-	-	
	AC	+	-	-	+++	-	-	-	
	Etanol	+	-	-	+++	-	-	-	
<i>Marasmius oreades</i> (Yaxe)	PBS	+++	-	++	++	-	-	-	
	AC	+++	-	++	+++	-	-	-	
	Etanol	+++	-	-	+++	-	-	-	

Identificación de metabolitos, marcados como (-)ausencia; (+) presencia débil; (++) presencia moderada, (+++) presencia significativa, nd no detectado, SYM (Santa María Yavesía), Yaxe

Espece de Hongo silvestre	Solvente	Alcaloides	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Cumarinas	Quinonas	Glucósidos	cardiotónicos
<i>Boletus</i>	PBS	+++	-	-	+++	-	-	-	
<i>exsudoporus</i> (SMY)	AC	+++	-	-	+++	-	-	-	
	Etanol	+++	-	-	+++	-	-	-	
<i>Lactarius</i>	PBS	+	-	-	++	-	-	-	
<i>chrysorrhheus</i> (SMY)	AC	+	-	-	++	-	-	-	
	Etanol	+	-	++		-	-	-	
<i>Amanita</i>	PBS	++	-	-	+++	-	-	-	
<i>caesarea</i> (SMY)	AC	++	-	-	+++	-	-	-	
	Etanol	++	-	-	+++	-	-	-	
<i>Fuscoporia</i>	PBS	++	++	-	+++	-	-	-	
<i>aff.</i>	AC	++	++	-	+++	-	-	-	
<i>coronadensis</i> (SMY)	Etanol	++	+++	-	++	-	-	-	

Identificación de metabolitos, marcados como (-)ausencia; (+) presencia débil; (++) presencia moderada, (+++) presencia significativa, nd no detectado, SYM (Santa María Yavesía), Yaxe.

9.6.2 Actividad de Lectina

Se realizó actividad hemaglutinante con eritrocitos tipo O + (Tabla 9.12), donde la actividad *Fomitopsis pinicola* obtuvo el mayor número de pozos de actividad hemaglutinante (6 pozos) seguido de *Pisolithus arhizus* (5 pozos), *Clathrus ruber* (4 pozos), se considera que la mayoría de estos hongos al presentar actividad hemaglutinante pueden poseer al menos una lectina, las pruebas se realizaron con una relación 2:1 (2 muestra y 1 ml PBS).

Tabla 9.12 Actividad Hemaglutinante de especies de hongos silvestres

Especie de hongo	Lugar de origen	Pozos de HA
<i>Trametes versicolor</i>	Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca	2
<i>Fomitopsis pinicola</i>	Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca	6
<i>Trichaptum abietinum</i>	Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca	1
<i>Ganoderma Brownii</i>	Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca	2
<i>Flavolus</i>	Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca	1
<i>Pisolithus arhizus</i>	Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca	5
<i>Stereum ostrea</i>	Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca	0
Género <i>polyporaceae</i>	Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca	3
<i>Clathrus ruber</i>	Yaxe, Ocotlán de Morelos, Oaxaca	4

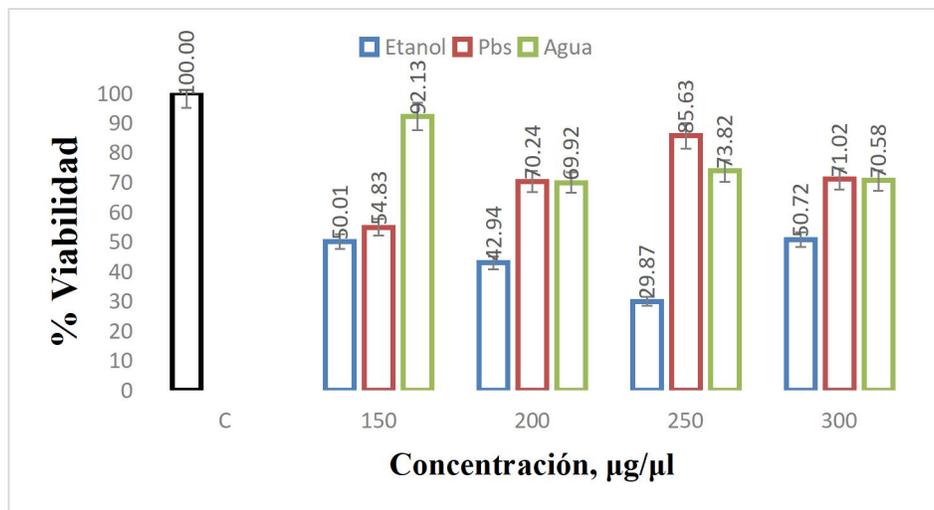
9.7 Actividad citotóxica Células MCF-7

9.7.1 Prueba Cristal Violeta

Se evaluó la actividad antiproliferativa del crecimiento de líneas celulares MCF-7, líneas celulares correspondientes al cáncer de mama, determinando la viabilidad celular, con el método cristal violeta, de esta forma observar el número de células vivas respecto al control donde mostró que en la mayoría de los casos con solvente en etanol se presenta más del 50% de mortalidad en los cultivos celulares. Para considerar a los compuestos bioactivos se tomó en cuenta aquellos extractos que produjeron un porcentaje de mortalidad mayor al 50% en los cultivos celulares. *Albatrellus Ellisii* es un hongo que presentó < 50 % en etanol (Gráfica 9.18), *Trichaptum abietum* presentó < 50 % en los tres solventes utilizados (Gráfica 9.21), *Ganoderma brownii* presentó < 50 % en etanol (Gráfica 9.20), *Trametes versicolor* presentó mayor a 50% (Gráfica 9.20), *Fomitopsis pinicola* presentó <50 % en etanol (Gráfica 9.22), los datos que a continuación se muestran corresponden a las concentraciones con respecto a las concentraciones 150, 200, 250 y 300 respectivamente.

9.7.1.1 *Albatrellus ellisii*

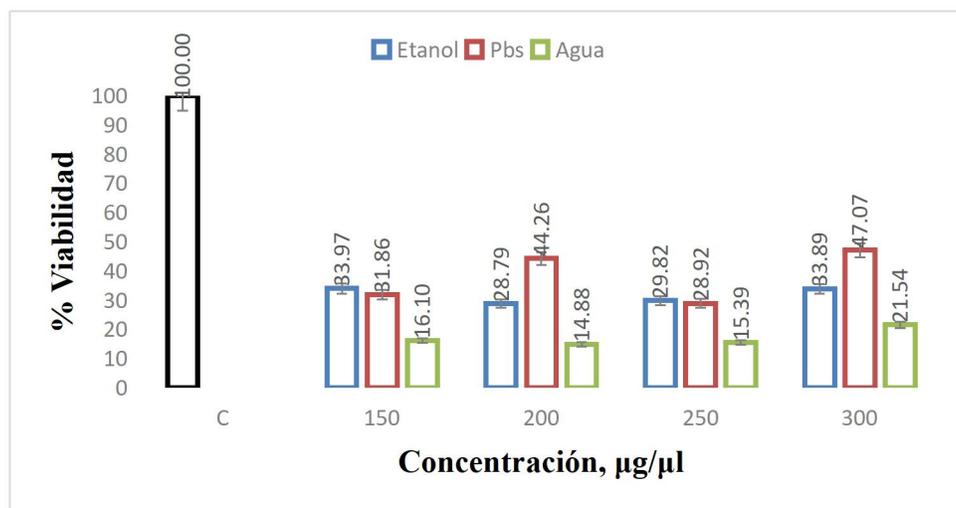
Los extractos de *Albatrellus ellisii* en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.12), sobre la línea celular MCF-7 reduciendo la viabilidad celular a 50.01 %, 42.93 %, 29.87 % y 50.7 % de acuerdo a las concentraciones correspondientes, siendo estos los que presentan un mayor efecto citotóxico. Los extractos en PBS mostraron viabilidad celular de 54.8 %, 70.23 %, 85.62 %, 71.01 %, en el caso de los extractos con agua los porcentajes de viabilidad fueron 92%, 69.92%, 73.82 % y 70.58 %.



Gráfica 9.12 Viabilidad celular, prueba cristal violeta *Albatrellus ellisii*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS y Agua..

9.7.1.2 *Trichaptum abietum*

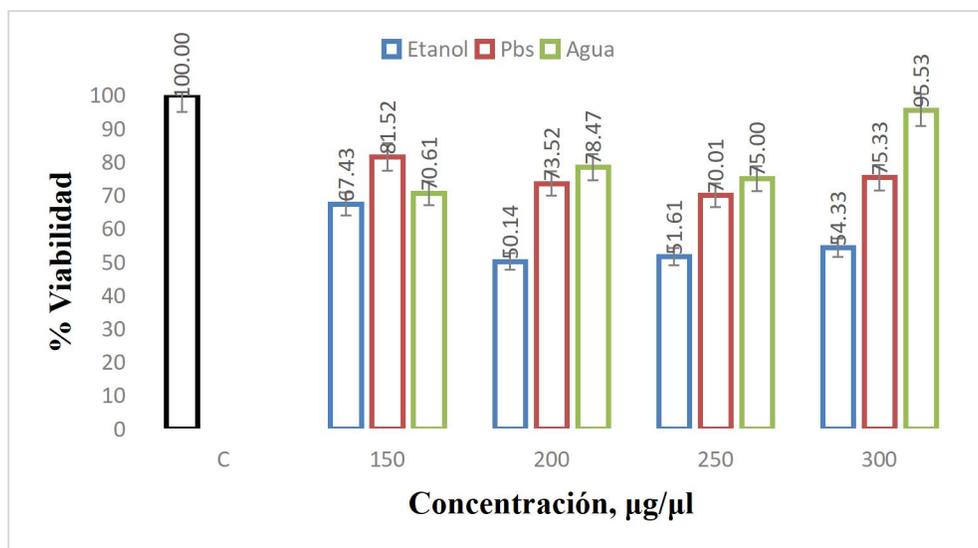
Los extractos de *Trichaptum abietum* en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.13), sobre la línea celular MCF-7. reduciendo la viabilidad celular a 33.97 %, 28.79 %, 29.82 % y 33.88 %, de acuerdo a las concentraciones correspondientes. Los extractos en PBS mostraron viabilidad celular de 31.86 %, 44.26 %, 28.92 % y 47.07 %; en el caso de los extractos en agua los porcentajes de viabilidad fueron 16.10 %, 14.87 %, 15.39 % y 21.54 %, siendo estos los que presentaron un mayor efecto citotóxico sobre la línea celular MCF-7.



Gráfica 9.13 Viabilidad celular, prueba cristal violeta *Trichaptum abietum*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS, Agua.

9.7.1.3 *Trametes versicolor*

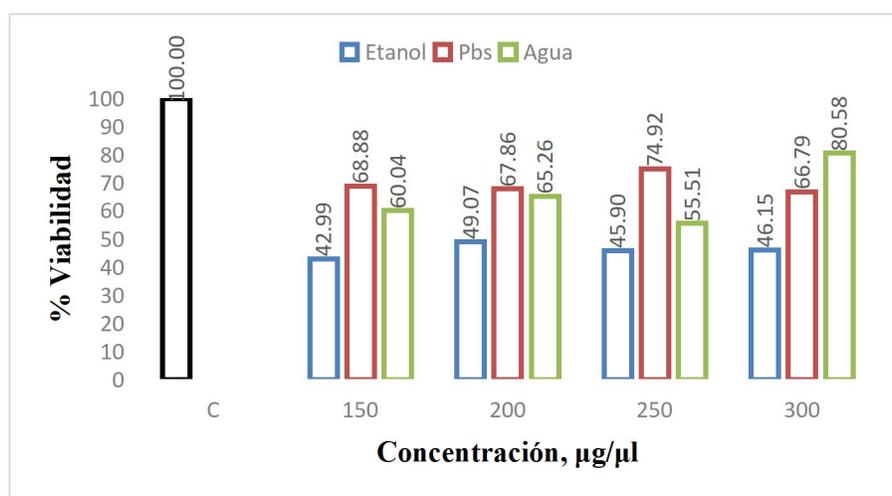
Los extractos de *Trametes versicolor* en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.14), sobre la línea celular MCF-7 reduciendo la viabilidad celular a 67.43 %, 50.14 %, 51.6 % y 54.32 % de acuerdo a las concentraciones correspondientes. Los extractos en PBS mostraron viabilidad celular de 81.52 %, 73.51 %, 70.00 %, 75.32 %, en de Agua los porcentajes de viabilidad fueron 70.61 %, 78.47 %, 75.00 % y 95.53 %. Si bien las referencias indican que el genero *Trametes* tiene como una propiedad medicinal ser anticancerígeno y se ha probado en otras líneas celulares, su respuesta ante la prueba se puede estar influenciada a diferente factores como lo es la madurez del hongo y el tiempo de recolección.



Gráfica 9.14 Viabilidad celular, prueba cristal violeta *Trametes versicolor*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS y Agua.

9.7.1.4 *Ganoderma brownii*

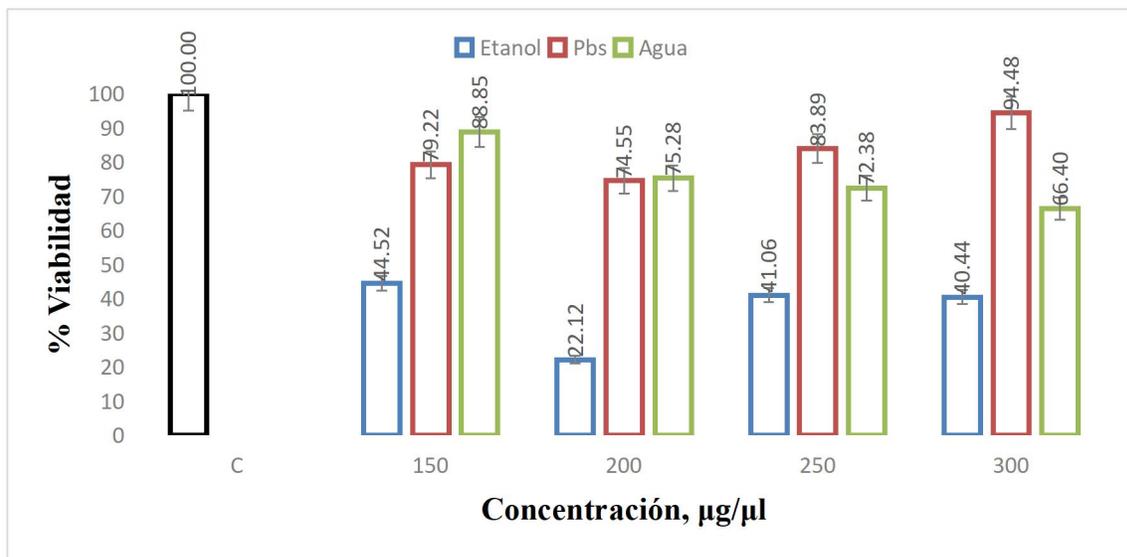
Los extractos de *Ganoderma brownii* en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.15), sobre la línea celular MCF-7 reduciendo la viabilidad celular a 42.99 %, 49.065 %, 45.90 % y 46.14 %, de acuerdo a las concentraciones correspondientes, siendo estos los que presentan un mayor efecto citotóxico. Los extractos en PBS mostraron viabilidad celular de 68.88 %, 67.74 %, 74.91 % 66.79 % , en el caso de los extractos con agua los porcentajes de viabilidad fueron 60.03 %, 65.26 %, 55.51 % y 80.58 %.



Gráfica 9.15 Viabilidad celular, prueba cristal violeta *Ganoderma brownii*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS y Agua.

9.7.1.5 *Fomitopsis pinicola*

Los extractos de *Fomitopsis pinicola* en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.16), sobre la línea celular MCF-7 reduciendo la viabilidad celular a 44.51 %, 22.12 %, 41.05 % y 40.44 %, de acuerdo a las concentraciones correspondientes, siendo estos los que presentan un mayor efecto citotóxico. Los extractos en PBS mostraron viabilidad celular de 79.22 %, 74.55 %, 83.89 % y 94.48 %, en el caso de los extractos con agua los porcentajes de viabilidad fueron 88.85 %, 75.27 %, 72.38 % y 66.39 %.



Gráfica 9.16 Viabilidad celular, prueba cristal violeta *Fomitopsis pinicola*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS y Agua.

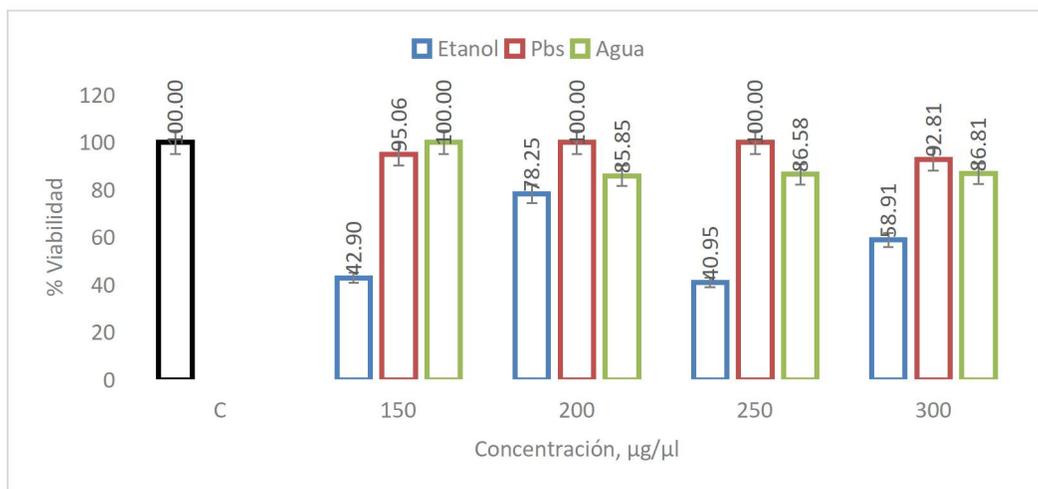
9.7.2 Prueba MTT

Se evaluó la viabilidad de células del crecimiento de líneas celulares MCF-7, líneas celulares correspondientes al cáncer de mama, determinando la viabilidad celular, con el método MTT, los datos que a continuación se muestran corresponde a las concentraciones con respecto a las concentraciones 150, 200, 250 y 300 respectivamente.

9.7.2.1 *Albatrellus ellisii*

Los extractos de *Albatrellus ellisii*, en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.17), sobre la línea celular MCF-7 reduciendo la viabilidad celular a 42.9 %, 78.25 %, 40.95 % y 58.90 %, de acuerdo a las concentraciones correspondientes, siendo estos los que presentan un mayor efecto citotóxico. Los extractos en PBS mostraron viabilidad celular de 95.06 %, 100 %, 100%, 92.81 % ,

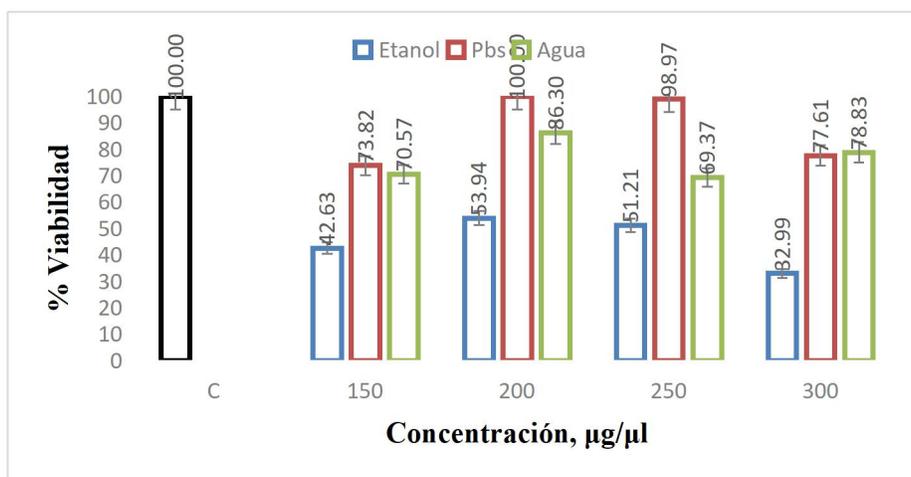
en el caso de los extractos con agua los porcentajes de viabilidad fueron 100 %, 85.85 %, 86.58 % y 86.81 %,



Gráfica 9.17 Viabilidad celular, prueba MTT *Albatrellus ellisii*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS, Agua.

9.7.2.2 *Trichaptum abietum*

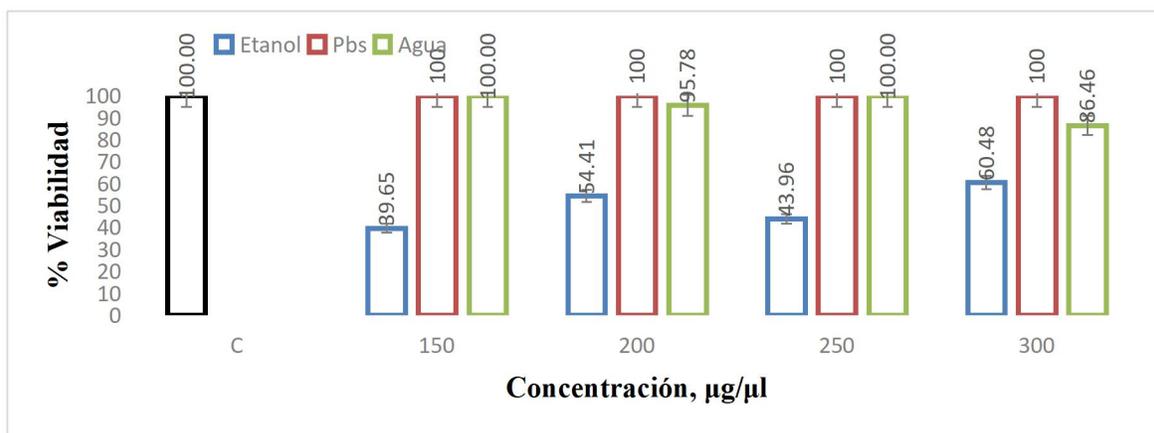
Los extractos de *Trichaptum abietum* en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.18), sobre la línea celular MCF-7 reduciendo la viabilidad celular a 42.62 %, 53.94 %, 51.21 % y 32.99 %, de acuerdo a las concentraciones correspondientes, siendo estos los que presentan un mayor efecto citotóxico. Los extractos en PBS mostraron viabilidad celular de con el solvente Pbs 73.81 %, 100 %, 98.97 % y 77.61 %, en el caso de los extractos con agua los porcentajes de viabilidad fueron 70.56 %, 86.30 %, 69.37 % y 78.83 %.



Gráfica 9.18 Viabilidad celular, prueba MTT *Trichaptum abietum*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS y Agua

9.7.2.3 *Trametes versicolor*

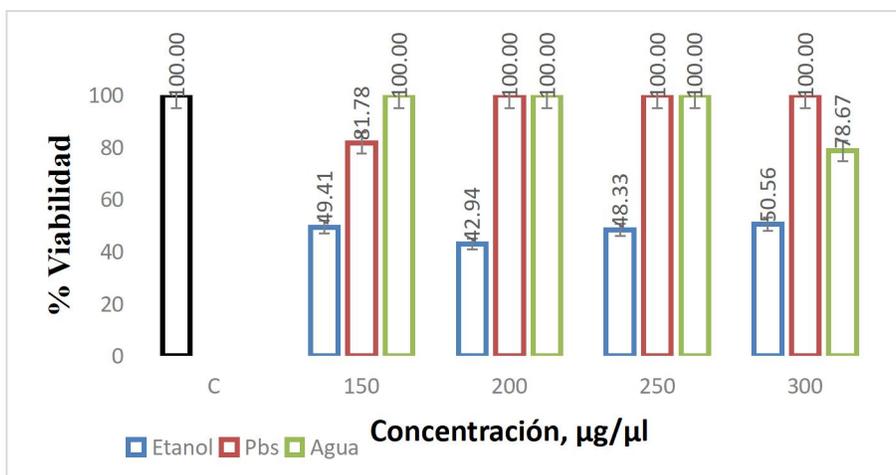
Los extractos de *Trametes versicolor* en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.19), sobre la línea celular MCF-7 reduciendo la viabilidad celular a 39.65 %, 54.41 %, 43.95 %, 60.47 %, de acuerdo a las concentraciones correspondientes siendo estos los que presentan un mayor efecto citotóxico. Los extractos en PBS mostraron una viabilidad celular del 100% ,no se reflejo un efecto , en el caso de los extractos con agua los porcentajes de viabilidad fueron 100 %, 95.78 %, 100 % y 86.46 %.



Gráfica 9.19 Viabilidad celular, prueba MTT *Trametes versicolor*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS y Agua.

9.7.2.4 *Ganoderma brownii*

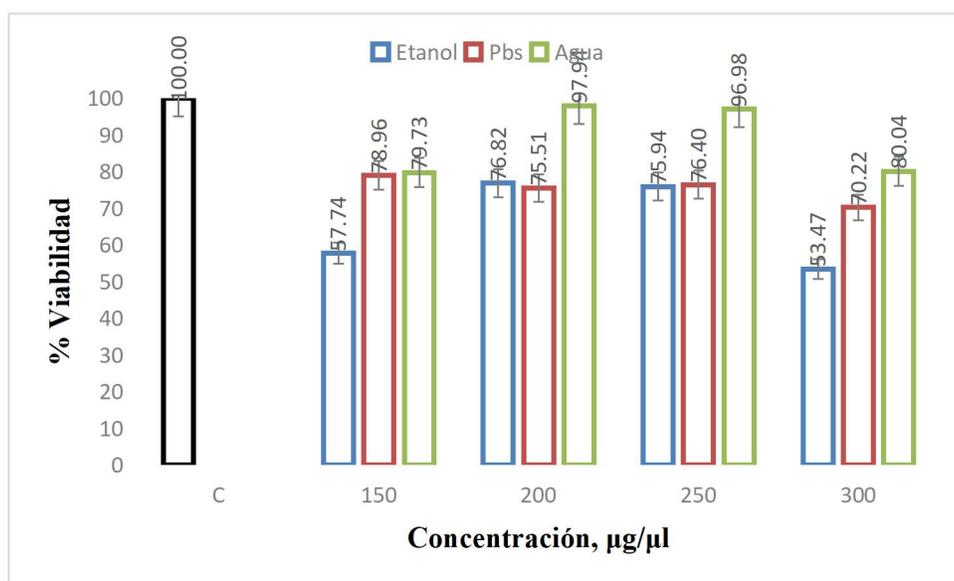
Los extractos de *Ganoderma brownii* en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.20), sobre la línea celular MCF-7 reduciendo la viabilidad celular a 49.4 %, 42.94 %, 48.33 % y 50.55 %, de acuerdo a las concentraciones correspondientes siendo estos los que presentan un mayor efecto citotóxico. Los extractos en PBS mostraron una viabilidad celular con efecto solo en la concentración 150 µg/µ con 81.77 %, en el caso de los extractos con Agua los porcentajes de viabilidad fueron de 100% con excepción de la concentración 300 µg/µl con 78.67 %.



Gráfica 9.20 Viabilidad celular, prueba MTT *Ganoderma brownii*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS y Agua.

9.7.2.5 *Fomitopsis pinicola*

Los extracto de *Fomitopsis pinicola* en Etanol mostraron efecto citotóxico (Gráfica 9.21) sobre la línea celular MCF-7 reduciendo la viabilidad celular a 57.74 %, 76.82 %, 75.93 % y 53.46 %, de acuerdo a las concentraciones correspondientes, siendo estos los que presentan un mayor efecto citotóxico. Los extractos en PBS mostraron viabilidad celular de 78.95 %, 75.5 %, 76.4 % y 70.21 %, en el caso de los extractos con agua los porcentajes de viabilidad fueron celular 79.73 %, 97.944 %, 96.978 % y 80.03 %.



Gráfica 9.21 Viabilidad celular, prueba MTT *Fomitopsis pinicola*: Tratamientos de los extractos de Etanol, PBS y Agua.

10. CONCLUSIÓN

Se Identificaron 52 especies fúngicas y 33 especies en la zona de Yaxe, Ocotlán de Morelos, siendo un total de 85 hongos silvestres, cabe mencionar que el clima de las zonas no es muy parecido pero albergan especies similares como lo es *Coprinus comatus* y *Boletus frostii*.

Una vez realizado el cuestionario etnomicológico, se concluyó que la comunidad no cuenta con información suficiente de sus hongos, este proyecto de investigación brindo información sobre la clasificación y el uso potencial registrado de los hongos encontrados e identificados.

Los hongos silvestres poseen propiedades medicinales y nutricionales que aumentan el consumo de cada especie por ser rico en proteínas, además de poseer principios activos, convirtiéndolos en alimentos multifuncionales de alto valor nutricional. Los conocimientos son transmitidos a través de experiencia de hombres y mujeres sobre los hongos silvestres del bosque de la comunidad, siendo una práctica familiar de autoconsumo y comercialización.

Una vez realizado el análisis químico proximal se determino una mayor cantidad de cenizas, proteína y carbohidratos en *Ganoderma brownii* con 2.8454 , 16.1804 y 51.5836 g/100g muestra respectivamente, una mayor cantidad de grasa en *Fomitopsis pinicola* con 7.3884 g/100 g muestra, finalmente mayor cantidad fibra en *Trichaptum abietinum* con 50.4331 g/100g muestra.

Se analizaron 12 hongos, 9 hongos de Santa María Yavesía y 3 hongos de Yaxe todos presentaron alcaloides y taninos, solo 6 hongos presentaron flavonoides (5 Hongos de Santa María Yavesía : *Ganoderma Brownii*, *Fomitopsis Pinicola*, *Trametes versicolor*, *Fuscoporia aff. Coronadensis* , *Albatrellus ellisii* y *Stereum ostrea* de Yaxe), 5 hongos con presencia de saponinas (Hongos Santa María Yavesía: *Ganoderma Brownii* en Extracto en Agua y PBS, *Trichaptum abietum*, *Lactarius chrysorrheus* en extracto en Etanol, *Albatrellus ellisii*, Yaxe: *Marasmius oreades* extracto en Agua y PBS, solo *Ganoderma brownii* presentó Glucósidos cardiotónicos con extracto en etanol.

Se presentó un efecto citotóxico, con porcentajes de viabilidad celular por debajo del 50% en concentraciones con solvente etanol en la mayoría de los extractos de cuerpos fructíferos, en las pruebas realizadas en la línea celular MCF-7, siendo *Trichaptum abietum* el hongo que presentó menores porcentajes de viabilidad 33.97 %, 28.79 %, 29.82 % y 33.88 % con el extracto en Etanol.

11. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Acosta-Urdapilleta, L., Oscura N. y Rossano, R., 2016. Uso del hongo *Pycnoporus sanguineus* para la elaboración de bebidas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1:1, 675-679.

ATCC (American Type Culture Collection). 2014. ATCC Animal Culture Guide. Assay. [https://www.atcc.org/~media/PDFs/Culture %20Guides/AnimCellCulture_Guide.ashx](https://www.atcc.org/~media/PDFs/Culture%20Guides/AnimCellCulture_Guide.ashx), Consulta: 17 de Abril de 2018.

Barros, L., Cruz T., Baptista, P., Estevinho, L. M. and Ferreira I. C. F. R., 2008. Wild and comercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. *Food and chemical Toxicology* 46:2742-2747.

Benítez-Macías, JF, et al., 2009. Intoxicaciones agudas por setas. *Revista clínica española* , vol. 209, nº 11, pág. 542-549. [https://doi.org/10.1016/S0014-2565\(09\)73061-9](https://doi.org/10.1016/S0014-2565(09)73061-9)

Bernas E. Jaworska G. Lisiewska Z., 2006. Edible mushroom as a resource of valuable nutritive constituents. *Acta Sci, Pol, Technol Aliment.* 5:5-20.

Boa, E., 2004. Los hongos silvestres comestibles. *Perspectiva global de su uso e importancia para la población*, No. 17. FAO, Roma. p. 161.

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

Casamtjana N. 2018. Glucósidos cardiotónicos. Centro de información del medicamento. Colegio oficial de farmacéuticos de Barcelona.

Castro C. F. J., Moreo V. A. 2014. *Recolección de hongos silvestres*, Ediciones Paraninfo, S.A, España, ISBN: 978-84-283-9890-9.

Castro-Cachinero, F. J., Moreno-Vega A. 2014. *Recolección de setas silvestres*. Ediciones Mundi-Prensa pp 15-19.

Cámara, AGDN., 2019. Análisis comparativo de pigmentos del hongo *Pisolithus tinctorius* de diferentes fuentes.

- Carmo, GD., 2019. Aislamiento, determinación estructural y actividades biológicas de metabolitos de los hongos *Phellinotus piptadeniae* y *Pisolithus tinctorius* (Tesis doctoral, Universidad Federal de Santa María).
- Chang, S. T. y Miles, G. P., 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. Inglaterra: CRS Press.
- Chavarro, C. F. G., Gutiérrez, M. C., Blanco, V. C. P., & Ruiz, X. M. C. (2020). *Amaryllidaceae*: fuente potencial de alcaloides. Actividades biológicas y farmacológicas. Ciencia y Agricultura, 17(3), 78-94.
- Daniele, G., Becerra, A., & Crespo, E., 2005. *Amanita muscaria* (Basidiomycota) y su asociación micorrízica con *Cedrus Deodara* (*Pinaceae*) en las Sierras de Córdoba, Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 40(1-2), 45-49.
- Defaye, J., Kohlmunzer, S., Sodzawiczny, K. and Wong, E., 1988. Structure of an antitumor, water-soluble D-glucan from the carpophores of *Tylopilusfelleus*. Carbohydrate Research 173:316-323.
- Ebina, T., Kubota, T., Ogamo, N. and Matsunaga, K., 2002. Antitumor effect of a peptide-glucan preparation extracted from a mycelium of *Tricholoma matsutake* (S. Ito and Imai) Sing. Biotherapy 16:255-259.
- Elmastas, M., Isildak, O., Turkekul, I. Temur, N., 2007. Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. J. FoodCompos. Anal. 20:337-345.
- Esquivel, J. P. P., de la Fuente, J., & Colli, M. O. U., 2021. Los hongos silvestres comestibles de la península de Yucatán. Desde El Herbario CICY, 13, 102–109, 2021.
- FAO .1998 a. Principales productos forestales no madereros en Chile, por J. Campos. Santiago.
- FAO. 2005. Hongos silvestres comestible. 2, Obtenido en: <http://www.fao.org/3/a-y5489s.pdf>.
- Ferreira- Silva, V., Gusmão, N. B., & Gibertoni, T. B. 2017. Antibacterial activity of Ethyl Acetate Extract of Agaricomycetes collected in Northeast Brazil. Current Research in Environmental & Applied Mycology, 7(4), 267-274.

Fundación CANNA. (2022). Que son flavonoides y para que sirven | Investigación y análisis de Cannabis. Retrieved from <https://www.fundacion-canna.es/flavonoides>

Freyre, L. B, Gonzáles, A. M., Basílico J. C., Sarsotti- Falcon, P.V., Gómez, R. G., Lurán de Calafell, M. C. 1997. Introducción al estudio de la Micología, Universidad Nac. del Litoral, Montevideo, Uruguay, pp 37-45.

Gómez Herrador, S., 2014. Medida de los fenoles totales y de la capacidad antioxidante y antirradicalaria de los hongos comestibles *Marasmius oreades*, *Lactarius deliciosus* y *Macrolepiota procera* y su degradación a diferentes tiempos y temperaturas.

González-Morales, A., Ribas-Aparicio, R. M., & Burrola-Aguilar, C., 2021. Actividad antioxidante de hongos silvestres consumidos tradicionalmente en el centro de México. *Scientia fungorum*, 52.

Gutiérrez, S., Casqueiro, K., Martín J. 2000. Los hongos como factorías celulares; biodiversidad de metabolitos secundarios. *Revista Iberoamericana de Micología* Vol 17, España, pp. S54-S60. <http://www.reviberoammicol.com/2000-17/S54S60.pdf>.

Guzmán, G., 2008. Diversity and use of traditional Mexican medicinal fungi. A review. *International J. Medicinal Mushrooms* 10:209-217.

Instituto Politécnico Nacional (IPN)., 2002. Catálogo de hongos comestibles de Santiago Papatzi. Sistema de Administración de Programas y Proyectos de Investigación, IPN ed., p 1-2.

Habtemariam, S., 2019. The chemistry, pharmacology and therapeutic potential of the edible mushroom *Dictyophora indusiata* (Vent ex. Pers.) Fischer (Synn. *Phallus indusiatus*). *Biomedicines*, 7(4), 98.

Iglesias-Neira, J. 2009. Diseño de ingredientes antioxidantes de origen natural y su aplicación en la estabilización de productos derivados de la pesca. Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Instituto de Investigaciones Marinas, pp. 64.

Ikekawa, T., Uehara, N. and Maeda, Y., 1969. Antitumor activity of aqueous extracts of edible mushrooms. *Cáncer Res.* 29:734-735.

Jeremy, M. Berg, John L. Tymoczko, Lubert Stryer. 2007. *Bioquímica*, 6ta edición, editorial reverte. Barcelona – España. pp . 320

Jiménez-Ruiz, M., Pérez-Moreno, J., Almaraz-Suárez, J. J., & Torres-Aquino, M., 2013. Hongos silvestres con potencial nutricional, medicinal y biotecnológico comercializados en Valles Centrales, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(2), 199-213. Recuperado en 15 de junio de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000200002&lng=es&tlng=es.

Kis Z., Closse A., Sigg H.P., Hruban L., Snatzke G. Die, 1970. Structure von Panepoxydon und verwandten Pilzmetaboliten. *Helv. Chim. Acta.* 1970;53:1577–1597. doi: 10.1002/hlca.19700530704.

Komatsu N., Okubo S., Kikumoto S., Kimura K., Saito G., & Sakai S., 1969. “Host-mediated antitumor action of *schizophyllan*, a glucan produced by *Schizophyllum commune*.” *Gann*, pp. 137-144.

Koneman, W.M. y et. al., 2004. *Diagnóstico Microbiológico*. Editorial Panamericana, Buenos Aires, pp. 565-620.

Liu, F.; Sun, G.-Q.; Gao, H.-Y.; Li, R.-S.; Soromou, L.-W.; Chen, N.; Deng, Y.-H.; Feng, H.-H. J. *Surg. Res.* 2013, 185, 300–309.

Longvah, T. y Deosthale., Y. G., 1998. Compositional and nutritional studies on edible wild mushrooms from northeast India. *Food Chemistry*, 63:3, 331-334.

Lura de Calafell M. C., González A. M. Basílico J. C., Sarsotti F. P. V., Gómez R. G, Freyre L. B., 1997. *Introducción al estudio de la micología*, editorial Universidad Nac. del Litoral, Santa Fe, Argentina, ISBN 9509840807, 9789509840805.

Mario Jiménez R. y et. al., 2013. Hongos silvestres con potencial nutricional, medicinal y biotecnológico comercializados en Valles Centrales, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 4 Núm.2. pags. 199-213.

Marques, A., Vieira, V., Barros, L., Barreira, J., & Ferreira, I. C., 2012. Efeitos sinérgicos da atividade antioxidante de cogumelos comestíveis: mistura de extratos fenólicos e polissacarídicos de *Boletus edulis* e *Marasmius oreades*. 11º Encontro Nacional de Química dos Alimentos, 16 a 19 de Setembro de 2012.

Malgor, L.A., y Valsecia, M.E. (2000). Farmacología médica. Segunda edición. 5 volúmenes. Recuperado 3 de septiembre: <http://med.unne.edu.ar/farmaco.html>

Makkar, H. P. S., Becker, K. 2007. Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. *Animal*, 1:9. pp 1371–1391.

Murcia, M. A.; Martínez-Tomé, M.; Jiménez, A. M.; Vera, A. M.; Honrubia, M. and Parras, P., 2002. Antioxidant activity of edible fungi (truffles and mushrooms): losses during industrial processing. *J. Food. Prot.* 65:1614-1622.

Nature Communications. 2019. Qué son los flavonoides, por qué son buenos y en qué alimentos los puedes encontrar. *BBC News Mundo*, 1–14. Retrieved from.

Nikitina, V. E., Loshchinina, E. A., & Vetchinkina, E. P. (2017). Lectins from mycelia of basidiomycetes. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7), 1334.

Novaes, M.R.C.G., Novaes L.C.G., Taveira, V.C., 2007. Natural products from Agaricales medicinal mushrooms: Biology, nutritional properties, and pharmacological effects on cáncer. *Revista Brasileira de Cancerología* 53: 411-420

Novaes, M.R.C.G., F. Valadares, M.C. Reis, D.R. Goncalves, M.C. Menezes, 2011. The effects of dietary supplementation with Agaricales mushrooms and other medicinal fungus on breast cáncer: Evidence based medicine. *Clinics* 66: 2133-2139

Oliveros A. y et. al., 2001. Extracción y cuantificación de cumarinas mediante HPLC-UV en extractos hidroetanólico de semillas de *Dipteryx odorata*. *Revista Latinoamericana de Química*, 39, 17-39. 09 de Julio de 2018.

Omarini, A. Lechner, B. y Alberto, E., 2012. *Polyporus tenuiculus*: a new naturally occurring mushroom that can be industrially cultivated on agricultural waste. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 36: 635–642.

Osterhage, C., 2001. Isolation, structure determination and biological activity assessment of secondary metabolites from marine-derived fungi. Tesis Doctoral. Universidad Carolo-Wilhelmina. Braunschweig. Alemania.

Padilla-Velare, E. E., Zarco-Velazco, G., Guzmán-Dávalos, L., & Cuevas-Guzmán, R., 2016. Primera contribución al conocimiento de macromicetes de la vertiente norte del cerro El Cívil, en la costa sur de Jalisco. *Acta botánica mexicana*, (114), 137-167.

Patra, A., Saxena, J. 2010. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, 71:1198–1222.

Pineda-Insuasti, J. A., Gómez-Andrade, W. E., Duarte-Trujillo, A. S., Soto-Arroyave, C. P., Pineda-Soto, C. A., Fierro-Ramos, F. J., & Álvarez-Ramos, S. E. , 2017. Producción de *Pycnoporus spp.* y sus metabolitos secundarios: Una revisión. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2), 60-69.

Prance G. 1984. The use of edible fungi by Amazonian Indians. *Advances in Economic Botany* 1: 127–139.

Primo Yufera, E. 1995. *Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria*. Tomo 1. Editorial Reverte, Universidad politécnica de valencia, ISBN 978-84-294-9347-3, pp. 385

Peret-Riera, J. (1971). Los cardiotónicos: su uso y abuso en la práctica médica diaria. *Jano*. I (I):15-16.

Queiros, B.; Barreira, J. C. M.; Sarmiento, A. C. and Ferreira, I. C. F. R. 2009. In search of synergistic effects in antioxidant capacity of combined edible mushrooms. *Int. J. Food. Sci. Nutr.* 60:160-172.

Ramírez-Anguiano, A. C.; Santoyo, S.; Reglero, G. and Soler-Rivas, C. 2007. Radical scavenging activities, endogenous oxidative enzymes and total phenols in edible mushrooms commonly consumed in Europe. *J. Sci. Food. Agric.* 87:2272-2278.

Romero-Bautista, L., Islas-Santillán, M. Á., López-Herrera, M., Ayala-Sánchez, N., Soria-Mercado, I. E., Portillo-López, A., ... & Valenzuela-Garza, R. , 2015. Los hongos poliporoides de la subcuenca del río Metztitlán, Hidalgo, México.

Riss, T. L., R. A. Moravec , A. L. Niles, S. Duellman, H. A. Benink, J. Worzella, L. Minor. 2016. Cell Viability Assays. En: *Assay Guidance Manual* (Eds. Sittampalam G. S., N. P. Coussens, Brimacombe K., et al.). Eli Lilly & Company and the National Center for Advancing Translational Sciences Bethesda, pp. 357388.

- Rugolo, M., Sprea, R. M., Caleja, C., Dias, M. I., Pinela, J., Barroetaveña, C., & Barros, L., 2022. Evaluación nutricional y de la capacidad antioxidante de los hongos silvestres comestibles de Patagonia. VI Jornadas Forestales Patagónicas: El rol de los bosques en un mundo diferente, 1-1.
- Singh U., Bhatt R.P., Stephenson S.K., Uniyal P. y Mehmood T. 2017. Wild edible mushrooms from high elevations in the Garhwal Himalaya—II. Current Research in Environmental & Applied Mycology 7: 208–226.
- Shomali, N., Onar, O., Karaca, B., Demirtas, N., Cihan, A. C., Akata, I., & Yildirim, O., 2019. Antioxidant, anticancer, antimicrobial, and antibiofilm properties of the culinary-medicinal fairy ring mushroom, *Marasmius oreades* (*Agaricomycetes*). International Journal of Medicinal Mushrooms, 21(6).
- Strober, W. 2001. Trypan blue exclusion test of cell viability. Current Protocols in Immunology 21: A.3B.1-A.3B.2
- Takahashi, A.; Endo, T. and Nozoe, S. 1992. Repandiol, a new cytotoxicdiepoxide from the mushrooms *Hydnumrepandum* and *H. repandum* var. *album*. Chem. Pharm. Bull. 40:3181-3184.
- Terríquez Villanueva, A. K., Herrera Fonseca, M. D. J., & Rodríguez Alcántar, O., 2017. Contribución al conocimiento de la micobiota del cerro Punta Grande, Mezcala, municipio de Poncitlán, Jalisco, México. Revista mexicana de micología, 45, 53-66.
- Thakur, M., Melzig, M.F., Fuchs, H., Weng, A. 2011. Chemistry and pharmacology of saponins: special focus on cytotoxic properties. Botanicus: Targets and Therapy 1 : 19–29.
- Tripathi, P., Dubey, N. 2004 Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology 32, pp. 235-245.
- Turner, George. 2000. Exploitation of Fungal secondary metabolites old and new. Microbiology Today Vol 27, pp. 118.120. http://www.socgenmicrobiol.org.uk/pubs/micro_today/pdf/080004.pdf
- Villarruel, O. J. L. y Cifuentes, B. J. 2007. Macromicetos de la cuenca del rio de Magdalena y zonas adyacentes, delegación Magdalena contreras, México, D. F. Revista Mexicana de Micología 25:59-68.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Wani B.A. Bonha R.H. Wani A.H., 2010. Nutritional and medicinal importance of mushrooms. J Med Plants Res, 4(24):2598-604.

Yu-Cheng, D.; Zhu-Liang, Y.; Bao-Kai, C.; Chang-Jun, Y. and Li-Wei, Z. 2009. Species diversity and utilization of medicinal mushrooms and fungi in China (Review). International Journal of Medicinal Mushrooms 11:287-302

Zavaleta C. 2017. Propiedades nutraceuticas y farmacológicas de *Ganoderma lucidum* (Hongo Reishi), Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de ciencias agropecuarias, Escuela académico profesional de ingeniería agroindustrial, Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO I Cuestionario etnomicológico

Cuestionario Etnomicológico 2022

Cuestionario Etnomicológico Santa María Yavesía, Ixtlán, Oaxaca

1. Correo:

El cuestionario que a continuación se presenta será utilizado como uso didáctico para un proyecto de investigación, tiene por objeto recolectar información importante sobre conocimiento general de los hongos y la relación con su comunidad. Sus respuestas, son confidenciales y anónimas, le pedimos que responda las preguntas de este cuestionario de manera individual.

2. Edad

3. Escolaridad

- Primaria
- Secundaria
- Secundaria
- Bachillerato
- Licenciatura
- Posgrado
- Otro: _____

4. Nacionalidad

- Mexicana
- Otro: _____

5. Tiempo en la comunidad

6. Domicilio

7. ¿Habla alguna lengua indígena?

- Si
- No

8. Si su respuesta fue si especifique que tipo de lengua es la que habla

- Mixteco
- Zapoteco
- Otro: _____

9. ¿Que son los hongos?

10.Cuál es la importancia de los hongos y su entorno con el ecosistema?

- Tiene una relación con los arboles
- No tiene importancia
- Es alimento para los animales
- Otro: _____

11. ¿Qué tipo de hongos conoce más?

- Medicinales
- Comestibles
- Tóxico
- Venenosos
- Otro: _____

12. ¿Cuántos hongos comestibles conoce y cuáles son?

13. ¿Cuántos hongos medicinales conoce y cuáles son?

14. ¿Cuántos hongos tóxicos o venenosos conoce?
15. ¿Cuántos y cuáles (bajo su nombre común) hongos comestibles consume?
16. ¿Cuál es la forma común en la que se consumen los hongos?
17. ¿Cuál es la frecuencia con la que consume hongos?
- Todos los días
 - Una vez a la semana
 - Una vez al mes
 - Una vez cada año
 - Otro: _____
18. ¿Cómo conservan los hongos que consumen?
- Deshidratados
 - Congelación
 - No conservan sus hongos
 - Otro: _____
19. ¿Ha hecho uso de los hongos como medicina tradicional?
- Si
 - No
20. ¿Qué organismos o seres vivos del bosque o su entorno ha utilizado en la medicina tradicional?
21. Si ha usado los hongos como medicina tradicional, especifique si alivia algún tipo de malestar.
22. ¿Cuántos hongos venenosos o tóxicos conoce y cuáles son?
23. ¿Ha tenido contacto usted, o alguna persona cercana con hongos de tipo venenoso o tóxico?
- Si

- No

24. Como ha estado en contacto con hongos venenosos o tóxico:

- Envenenamiento
- Intoxicación
- Muerte
- Otro: _____

25. ¿Cuál es su opinión acerca de su bosque y sus recursos?

26. ¿En los últimos años ha presentado algún crecimiento o desmejoramiento?

- Crecimiento
- Desmejoramiento
- Sigue igual
- Otro: _____

27. ¿En los últimos años se ha percatado que siguen existiendo las mismas especies de árboles, hongos, animales?

- Si
- No

28. ¿Qué tipo de arboles han desaparecido?

- Pino
- Encino
- Otro: _____

29. ¿Qué tipo Hongos han desaparecido?

30. ¿Qué tipo de animales han desaparecido?

31. En su opinión: ¿Cuál cree que sea la razón de la preservación de sus recursos o la extinción de sus especies de hongos?

- Manejo de los recursos
- Desinformación
- No consideran necesario la preservación de sus recursos
- Otro: _____

32. Historia sobre su contacto y conocimiento sobre hongos

33. ¿En general cuantas especies de hongos conoce? En liste sus nombres bajo su nombre común

34. Con fin de recolección de información, aprueba que se contacte nuevamente.

- Si
- No

35. Si su respuesta fue si, añade algún medio de contacto: correo, numero de teléfono .

Hongos Santa María Yavesía

Nota: De los siguientes fotografías de hongos podría decir si los conoce, como le llaman y si tiene algún uso en la comunidad (comestible, tóxico, medicinal o ningún uso).



Hongo Núm. 1



Hongo Núm.
2



Hongo Núm. 3



Hongo Núm. 4



Hongo Núm. 5



Hongo Núm. 6



Hongo Núm. 7



Hongo Núm. 8



Hongo Núm. 9



Hongo Núm. 10



Hongo Núm. 11



Hongo Núm. 12



Hongo Núm. 13



Hongo Núm. 14



Hongo Núm. 15



Hongo Núm. 16



Hongo Núm. 17



Hongo Núm. 18



Hongo Núm. 19



Hongo Núm. 20



Hongo Núm. 21



Hongo Núm. 22



Hongo Núm. 23



Hongo Núm. 24



Hongo Núm. 25



Hongo Núm. 26



Hongo Núm. 27



Hongo Núm. 28



Hongo Núm. 29



Hongo Núm. 30



Hongo Núm. 31



Hongo Núm. 32



Hongo Núm. 33



Hongo Núm. 34



Hongo Núm. 35



Hongo Núm. 36



Hongo Núm. 37



Hongo Núm. 38



Hongo Núm. 39



Hongo Núm. 40



Hongo Núm. 41



Hongo Núm. 42



Hongo Núm. 43



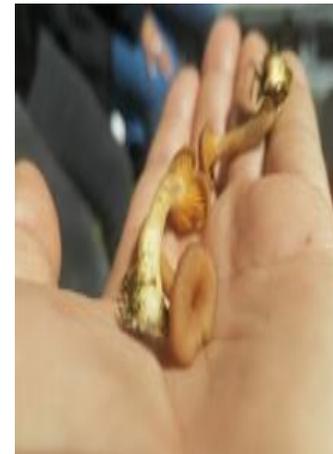
Hongo Núm. 44



Hongo Núm. 45



Hongo Núm. 46



Hongo Núm. 47



Hongo Núm. 48



Hongo Núm. 49



Hongo Núm. 50



Hongo Núm. 51

ANEXO II Análisis bromatológico

I. Determinación de proteínas

Consiste en pesar 0.8 g de muestra húmeda sobre papel libre de nitrógeno, la muestra se añade en el fondo del matraz Kjeldahl, adicionando 1.5 g de la mezcla de catalizadores y 5 ml de H₂SO₄ concentrado. Colocándolo en el matraz digestor y calentando suavemente hasta su completa oxidación, se deja enfriar y añade una pequeña cantidad conocida de ácido para seguir calentando. Terminada la digestión, el matraz se enfría y añade 5 ml de agua para disolver completamente la muestra, se agita y enfría nuevamente. Se monta el equipo de destilación, a la salida del refrigerante, se adapta un matraz Erlenmeyer de 250 ml el cual debe contener 6 ml de H₃BO₃ 4% y diez gotas de indicador de Wesselow. Posteriormente se añade al matraz Kjeldahl, estratificando lentamente, NaOH 50% hasta que se obtiene una coloración café oscuro. Para confirmar que se ha destilado todo el NH₃ y se colocan unas gotas del destilado sobre papel pH, si este indica un pH neutro o ácido la destilación ha concluido, de lo contrario se debe continuar destilando. Finalmente se titula el destilado con solución de HCl de normalidad conocida, los cálculos se realizan con respecto a la siguiente ecuación, dónde: V; mL de ácido clorhídrico gastados en la titulación del destilado, N; Normalidad de la solución valorada de clorhídrico, pEq; Peso equivalente del nitrógeno (14 mg/meq) y m; Peso de la muestra, en miligramos.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(V \times N \times pEq \times 100)}{m}$$

II. Determinación de extracto etéreo

El material a utilizar se lleva a peso constante colocándolo en una estufa a 100-110 °C. Posteriormente se pesan 2 g de muestra seca, en el cartucho de celulosa y se tapa con algodón. Se adapta el cartucho al equipo Soxhlet, se adiciona 80 ml de éter de petróleo anhidro en el matraz receptor y se conecta la fuente de calor. Se mantiene a reflujo hasta completar la extracción de la grasa. Enseguida se suspende el calentamiento y se retira el cartucho sin grasa, el recipiente metálico se deja secar hasta eliminar el olor a éter. Se lleva a la estufa hasta peso constante a 100 - 110 ° C. Finalmente se enfría en el desecador 15 minutos y se pesa el cartucho, los cálculos se

realizan con respecto a la siguiente ecuación, dónde: P; Masa en gramos del matraz con grasa, p; Masa en gramos del matraz sin grasa y M; masa en gramos de la muestra.

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{P - p}{M} \times 100$$

III. Determinación de Cenizas

se pesan 2 g de muestra en un crisol, carbonizando la muestra con el mechero, lentamente para evitar pérdidas por arrastre de humo y proyecciones de la muestra fuera del crisol. Después desprendimiento de humo, es llevado a la mufla a una temperatura entre 500-600°C, para que las cenizas estén libres de carbón (5 horas), posteriormente el crisol se enfría y lleva al desecador (10 min). Los cálculos se realizan con respecto a la siguiente dónde: m₂; Masa en gramos de la cápsula con las cenizas, m₁; Masa en gramos de la cápsula con la muestra y m₀; Masa en gramos de la cápsula vacía.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

IV. Determinación de humedad

Se colocan cápsulas vacías a peso constante y posteriormente en el deshumidificador (10 min), se pesan con una exactitud ± 1 mg. Se toma 10 g de muestra y son colocadas en la estufa (80°C). Finalmente se pesa la cápsula con muestra para determinar la pérdida durante el secado. Se retiran las cápsulas de la estufa y se colocan en el desecador. Posteriormente se registra el peso final. Los cálculos se registran de acuerdo a la siguiente ecuación, donde: P1; peso en gramos del recipiente con la muestra húmeda, P2: peso en gramos del recipiente con la muestra seca y m; peso en gramos de la muestra.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P1 - P2}{m} \times 100$$

V. Determinación de fibra

Se pesa entre 1 y 1.5 g de muestra (W1) en los crisoles correspondientes. Después se insertan los crisoles en la columna verificando los ganchos de seguridad. Se cierran todas las válvulas y se añade en las columnas hasta la marca indicadora de ácido sulfúrico 0.255 N desde la parte superior

utilizando un embudo. Posteriormente se abre la llave de agua fría del sistema de reflujo y se enciende el equipo. Se mantiene en ebullición durante 30 minutos. Pasado el tiempo, se filtra y lava 3 veces con agua destilada caliente utilizando aproximadamente 50 ml. Se agrega hidróxido de sodio 0.313 N a las columnas de la misma forma que el ácido más 2 o 3 gotas de antiespumante y se llevó a ebullición durante 30 min. Se filtra y se realizan 3 lavados con agua destilada. Los crisoles son llevados a la estufa a 130 °C durante una hora, se pasan al desecador 15 minutos y se pesan (W2). Finalmente los crisoles son transferidos a la mufla a 500°C una hora nuevamente son colocados en el desecador 15 minutos y se pesa (W3). Se utiliza la siguiente ecuación para realizar los cálculos correspondientes.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{W2 - W3}{W1} \times 100$$

ANEXO III Preparación de PBS

Se coloca en 100 mililitros de agua, 8 g Cloruro de sodio, 0.2 g de Cloruro de potasio 0.2 g, 2.14456 g de Fosfato de sodio dibasico (0.008M) y 0.2 g de Fosfato de potasio monobasico 0.2 g, se colocan en agitación hasta disolver las sales, posteriormente se coloca en un matraz volumétrico de 1 L y se afora, una vez mezclado filtra y guarda en refrigeración.

ANEXO IV Reactivo bradford

Disolver Comassie brillante G-250 en (100 mg) en etanol 95% (50 ml), adicionar ácido fosfórico concentrado (100 ml) y aforar con agua destilada hasta un volumen final de 200 ml (Mantener a 4 °C, tiempo de anaquel 6 meses).