



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
COLEGIO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



**ANÁLISIS NUTRICIONAL DEL HONGO SILVESTRE
COMESTIBLE “BRINDIS” *Hygrophoropsis aurantiaca*
(Wulfen: Fries) Maire RECOLECTADO EN EL PARQUE
NACIONAL LA MALINCHE**

TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

GRISEL MORAN RIOS

ASESORES DE TESIS:

DRA. MARIA ELENA RAMOS CASSELLIS

DR. DIEGO IBARRA CANTÚN

PUEBLA, PUEBLA.

OCTUBRE 2023



BUAP

"HUP, 50 años de enseñanza y salud"

Oficio No. FIQ/AC/035/2023
Asunto: Registro de Tema de Tesis

C. GRISEL MORAN RÍOS
PASANTE DE LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA EN ALIMENTOS
P R E S E N T E:

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos cuyo título es el siguiente:

**"ANÁLISIS NUTRICIONAL DEL HONGO SILVESTRE COMESTIBLE "BRINDIS"
Hygrophoropsis aurantiaca (Wulfen: Fries) Maire RECOLECTADO N EL PARQUE NACIONAL
LA MALINCHE"**

Con el siguiente contenido:

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1	ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

Directora de Tesis: Dra. María Elena Ramos Cassellis.
Co-Director: Dr. Diego Ibarra Cantún.

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **UNICAMENTE POR UN AÑO**.

Atentamente
"Pensar Bien, Para Vivir Mejor"
H. Puebla de Z., a 8 de febrero de 2023

Dra. Valeria Jordana González Coronel
Secretaria Académica

C.c.p. Directora de Tesis: Dra. María Elena Ramos Cassellis.
C.c.p. Co-Director: Dr. Diego Ibarra Cantún
C.c.p. Archivo.

Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C. P. 72590
01 (222) 229 55 00
Exts. 7250 y 7251



Autorización de Impresión de Tesis

Ingeniería Química ()

Ingeniería Ambiental ()

Ingeniería en Alimentos (X)

Ingeniería en Materiales ()

Matrícula: 201636232

Al C. Sustentante GRISEL MORAN RIOS

De acuerdo a la **presentación y revisión** de la tesis:

ANÁLISIS NUTRICIONAL DEL HONGO SILVESTRE COMESTIBLE "BRINDIS" *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen: Fries) Maire RECOLECTADO EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE

se aprueba la impresión y empastado de la misma.

Jurado de examen profesional:

PRESIDENTE: Dr. Marco Marín Castro

SECRETARIO: M.C. Madai Gizeh Sanchez Arzubide

VOCAL 1: Dra. Ma. Elena Ramos Cassellis

VOCAL 2: Dr. Diego Ibarra Cantún

Firma

Fecha de examen: 5 de octubre de 2023

H. Puebla de Zaragoza a 31 de agosto de 2023.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios por brindarme salud y vida, muchas gracias a mis padres por el apoyo incondicional que me han brindado, gracias a su esfuerzo y amor he podido llegar hasta este momento, gracias a mis hermanos por el apoyo que siempre me dan.

Gracias a mis asesores de tesis, Dra. Ma. Elena Ramos Cassellis y Dr. Diego Ibarra Cantún por su apoyo, comprensión, paciencia y consejos que a lo largo de este proyecto me ayudaron a concluir con éxito.

Gracias a la M.E.S Madai Gizeh Sánchez Arzubide por ayudarme a formar parte de este maravilloso proyecto.

Gracias al Dr. Marco Marín Castro por su ayuda y consejos.

Gracias a mis amigos, que me animaron cuando lo necesitaba.

Dedico este trabajo de tesis a mis padres, mis hermanos, sobrinos y mi cuñado, mi familia que siempre estuvo conmigo, infinitas gracias por todo.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
III. JUSTIFICACIÓN	6
V. OBJETIVOS	7
5.1. Objetivo general	7
5.2. Objetivos específicos	7
VI. HIPOTESIS	7
VII. MARCO TEÓRICO	8
7.1. Hongos	8
7.2. Hongos en la alimentación	9
7.3. <i>Hygrophoropsis aurantiaca</i>	10
7.4. Investigaciones similares de otros autores	12
7.5. Fibra en los hongos	12
7.6. Metabolitos secundarios y capacidad antioxidante	13
8. METODOLOGÍA	15
8.1. Diagrama general de proceso de análisis de hongo “brindis”	15
8.2. Encuesta por conveniencia	16
8.3. Obtención de la muestra	16
8.4. Descripción del hongo	16
8.5. Acondicionamiento de la muestra	17
8.5.1. Limpieza	17
8.5.2. Secado	17
8.5.3. Molienda	17
8.6. Análisis químico proximal	17

8.6.1. Determinación de humedad	17
8.6.2. Determinación de extracto etéreo	17
8.6.3. Determinación de fibra dietética.	18
8.6.4. Determinación de proteínas	19
8.6.5. Determinación de cenizas	20
8.6.7 Perfil de ácidos grasos	20
8.7. Obtención de extractos para análisis de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante	21
8.7.1. Maceración:	21
8.7.2. Ultrasonido:	21
8.8. Compuestos fenólicos totales	21
8.9. Capacidad antioxidante	22
IX. RESULTADOS	23
9.1. Encuesta sobre el conocimiento de hongos silvestres comestibles	23
9.2. Obtención de la muestra	31
9.3. Información proporcionada por los colectores de la región	33
9.4. Identificación y descripción del hongo	34
9.5. Acondicionamiento de la muestra	36
9.5.1. Limpieza	36
9.5.2. Secado	36
9.5.3. Molienda	37
9.5.4. Tamizado	37
9.6. Caracterización fisicoquímica	38
9.6.1. Extracto de hongo	38
9.6.2. pH	39
9.6.3. Actividad de agua	39
9.8. Caracterización cualitativa	39
9.8.1. Medición de proteínas (reacción de Biuret)	39
9.8.2. Medición de carbohidratos (reacción de Fehling)	40
9.9. Análisis químico proximal.	41

9.9.1. Determinación de extracto etéreo _____	41
9.9.2. Determinación de fibra _____	42
9.9.3. Determinación de proteínas _____	43
9.9.5. Perfil de ácidos grasos _____	44
9.10. Determinación de compuestos fenólicos totales _____	47
9.11. Determinación de capacidad antioxidante _____	49
9.12. Divulgación de la información obtenida _____	50
X. CONCLUSIÓN _____	52
XI. REFERENCIAS _____	54
XII. ANEXO 1 _____	58
XIII. ANEXO 2 _____	60
XIV. ANEXO 3 _____	62

I. INTRODUCCIÓN

Los hongos son un grupo de organismos muy diversos que incluyen a los mohos, levaduras, líquenes, royas y carbones, entre otros (Kong et al., 2004). Dentro de los hongos macroscópicos existe un sinnúmero de familias, géneros y especies; en este trabajo de tesis se estuvo investigando específicamente el hongo conocido por los pobladores de la junta auxiliar de San Miguel Canoa, colindante con la parte poblana del Parque Nacional La Malinche como “Brindis” el cual fue identificado taxonómicamente como *Hygrophoropsis aurantiaca* que pertenece al género *Hygrophoropsis* que a su vez se integra entre la familia *Hygrophoropsidaceae* (Kibby, 2012), dicha especie es cosmopolita por lo que puede ser encontrada en distintas zonas de México; de acuerdo con distintos trabajos revisados tiene presencia desde los Altos de Chiapas y la selva Lacandona (Ruan-Soto et al., 2021), así como en el estado de Oaxaca (Garibay-Orijel et al., 2007) y también se puede encontrar en el estado de México (Burrola-Aguilar, et al., 2012) y en los estados de Tlaxcala y Puebla (Kong et al., 2004).

De acuerdo con datos recolectados por Lemin et al. (2010) en el Estado de Puebla existen prácticas de comercialización de los hongos silvestres comestibles para su uso en la gastronomía mexicana, tal es el caso de nuestro hongo de estudio que es también comúnmente conocido como “Enchilado” y se utiliza en preparaciones como el Chilpozonte y Mole en los mercados de Tlatlauquitepec, Zacapoaxtla y Zaragoza (Lemin et al., 2010).

Las muestras obtenidas para estudio de esta investigación fueron recolectadas en el Parque Nacional La Malinche, también conocido como Malintzi o Matlalucueyatl que se ubica en los territorios de los estados de Tlaxcala y Puebla, en la zona centro-oriente de México formando parte de la cordillera neovolcánica considerada la montaña aislada más significativa de México, contando con una superficie de 46,093 hectáreas, de las cuales 33,161 hectáreas corresponden al Estado de Tlaxcala y 12,932 hectáreas al Estado de Puebla (López-Domínguez y Acosta, 2004).

La mayoría de las especies comestibles de los hongos macroscópicos silvestres están pobremente caracterizados respecto a su composición mineral y nutricional, considerando que la variabilidad en su composición depende de sus condiciones

naturales de crecimiento como el tipo de suelo, hábitat, factores ambientales, entre otros (Falandysz y Borovička, 2013).

Borovička J. y Řanda Z. (2007) realizaron un estudio sobre distintos hongos macroscópicos recolectados en la República Checa y la República Eslovaca, en el cual analizaron el contenido de minerales tales como Hierro (Fe), Cobalto (Co), Zinc (Zn) y Selenio (Se).

En dichos estudios la especie *Hygrophoropsis aurantiaca* recolectada por Borovicka (2007) tuvieron como resultados para Fe 4,757 ppm, mientras que para Co tuvo 0.14 ppm y para Zn 66.1 ppm, por último, el resultado para Se fue de 0.39 ppm; las muestras recolectadas por Řanda (2007) dieron como resultado 2,762 ppm para Fe, mientras que para Co fue una cantidad de 0.64 ppm, teniendo 51.5 ppm de Zn y finalmente 0.57 ppm de Se. La especie *Hygrophoropsis aurantiaca* fue la especie con mayor cantidad de Fe entre todas las especies analizadas (Borovička y Řanda, 2007).

Ferreira et al. (2017) realizaron una revisión de la composición química, valor nutricional y propiedades bioactivas de distintas especies de hongos (*Agaricus albertii* Bon, *Boletus edulis* Bull Fr., *Cantharellus cibarius* Fr., *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst, *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen) Maire, entre muchas otras especies).

La especie *Hygrophoropsis aurantiaca* analizada por Heleno et al. (2009) tuvo como resultado algunos parámetros interesantes como una humedad de 84.59 g/100 g, una cantidad proteica de 36.47 g/100 g y se encontraron también 55.48 g/100 g de carbohidratos.

Los trabajos anteriormente mencionados fueron realizados en países europeos, por lo que, aun existe poca información sobre los hongos silvestres comestibles encontrados en México, es por ello por lo que en el presente trabajo se investigó el hongo macroscópico *Hygrophoropsis aurantiaca* ubicado en el Parque Nacional La Malinche al cual se realizó una caracterización nutricional mediante análisis de estudio de contenido de fibra, proteína, grasas, antioxidantes, entre otros.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México existe un total aproximado de 200,000 especies de hongos, de los cuales, en el año 1998, de acuerdo con Guzmán (1998), se tenía conocimiento de un aproximado de 6500 especies de hongos, esto representando un 3.3 % del total (Kong et al., 2004).

De acuerdo con una revisión de trabajos sobre el conocimiento de la diversidad de hongos en México realizada por Aguirre-Acosta et al. (2014) el conocimiento aproximado de los hongos del país es del 5%, siendo los estados de Veracruz, Jalisco y Estado de México con mayor número de registro, mostrando a continuación la distribución de las especies registradas en los diferentes estados de la república mexicana.

Veracruz, con un total de 1517 especies registradas (Guzmán et al., 2003, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), siguiéndole Jalisco con 1040 (Sánchez-Jácome y Guzmán-Dávalos, 2011, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Estado de México con 726 (Frutis-Molina y Valenzuela, 2009, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Sonora con 658 (Esqueda et al., 2010, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Michoacán con 652 (Gómez-Peralta y Gómez-Reyes, 2005, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Querétaro con 633 (Valenzuela et al., como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Durango con 614, Chihuahua con 580 (ambos de Valenzuela et al., como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Tamaulipas con 563 (García-Jiménez Guevara-Guerrero, 2005, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Morelos con 480 (Contreras-MacBeath et al., 2006, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Quintana Roo con 447 (Yuridia-López et al., 2011, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Aguascalientes con 372 (Pardavé-Díaz et al., 2007), Puebla con 181 (Vázquez-Mendoza y Valenzuela, 2010, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014), Campeche con 154 (Ancona-Méndez et al., 2010, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014) y Yucatán con 153 (Yuridia-López et al., 2011, como se citó en Aguirre-Acosta et al., 2014).

Estos datos muestran la falta de investigación sobre las especies fúngicas de nuestro país, teniendo como consecuencia la pérdida de información para su uso.

Marín-Castro et al. (2015) mencionó que los hongos ectomicorrízicos son de gran importancia para practicas forestales como es la recuperación de bosques,

mantenimiento de equilibrio de ciertos ecosistemas, disminución de contaminación provocada por el uso de fertilizantes químicos e incluso aporta beneficios a la agricultura. Esto es, debido a que forma una simbiosis que es una relación íntima entre los hongos y las raíces de algunas plantas, teniendo así una estructura funcional altamente evolucionada, en donde la planta recibe nutrimentos minerales y agua proporcionados por el hongo, mientras que éste recibe sus nutrimentos de los productos de la fotosíntesis de las plantas a las cuales está asociado.

Entre las especies con la que realizan simbiosis los hongos ectomicorrízicos se encuentran el pino, abedul, roble y eucalipto; dado que la asociación de los hongos con las raíces de estas plantas garantiza el desarrollo, crecimiento y supervivencia de las especies (Marín-Castro et al., 2015), podemos observar la gran importancia que tienen este tipo de hongos para la preservación de los bosques en México, sin embargo, la falta de divulgación de la información sobre sus beneficios tiene como consecuente la falta de interés sobre dichas especies.

En México existe un extenso conocimiento micológico proveniente desde la época prehispánica; sin embargo, en la actualidad esta información se encuentra como conocimiento de las comunidades de medios rurales. (Ruan et al., 2004; Ruan et al., 2009; como se citó en Domínguez et al., 2015).

Los bosques producen anualmente una gran variedad de hongos silvestres que son usados principalmente como alimentos, medicina, entre otros usos (Cervantes et al., 2018).

Cervantes et al. (2018) realizaron un estudio sobre la importancia cultural de los hongos silvestres útiles en una comunidad aledaña al Parque Nacional La Malinche, en dicho trabajo mencionan los hongos comestibles y sus modos de preparación que a continuación citaremos.

Las especies de hongos *A. basii*, *Hebeloma aff. Mesophaeum*, *Lyophyllum spp.* *Agaricus spp.* *Hygrophorus chrysodon*, *Infundibulicybe gibba*, se conoce que su forma de preparación es en caldo o sopa con pollo, epazote o hierba buena y sal; mientras que las especies *Lactarius indigo*, *Chroogomphus jamaicensis*, *Cantharellus aff. Cibarius*,

Pleorotus opuntiae se guisan asados y al horno; las especies *Boletus aff edullis*, y *Rhizopogon michoacanicus* se preparan fritos con manteca y sal; la especie *Mochella spp.* se cocina rellena con puré de papa, queso, carne molida y capeado (Cervantes, et al., 2018), estas son solo algunas de las pocas especies conocidas de las cuales se tiene registro sobre su uso.

En México existen alrededor de 300 especies de hongos silvestres comestibles (Estrada-Martínez et al., 2009 como se mencionó en Lara-Vázquez et al., 2013), el conocimiento que se tiene sobre estas especies es en su mayoría debido a la transferencia generacional dentro de las comunidades étnicas.

El hongo Brindis es uno de los tantos hongos silvestres comestibles que se pueden encontrar en el Parque Nacional La Malinche, su producción se ha observado a partir de la presencia de las primeras lluvias que comienzan en el mes de mayo, por lo que podemos encontrarlos entre los meses de junio y septiembre.

En la actualidad se ha observado una disminución de interés en el consumo por parte de la población en México pues la información conocida es poca, incluso se ha observado una disminución de interés por parte de los colectores pues no existen investigaciones sobre los hongos presentes tanto en La Malinche como en otros lugares, teniendo como consecuente la reducción de uso de hongos comestibles en los hogares mexicanos.

Los estudios nutrimentales sobre las especies de hongos comestibles son escasos, por lo que, durante esta investigación se estudiaron los componentes nutrimentales del hongo seleccionado.

III. JUSTIFICACIÓN

La falta de investigación sobre los hongos silvestres comestibles en México provoca una brecha de información que a su vez tiene como consecuencia la pérdida del interés en las personas para uso.

El obtener información sobre hongos silvestres tiene importancia tanto ambiental como cultural, debido a que este tipo de hongos ectomicorrízicos son fundamentales para la preservación de bosques como los que se encuentran en el Parque Nacional La Malinche y los hongos comestibles son parte de la cultura heredada por nuestros ancestros la cual se ha ido perdiendo.

Es por ello, que se considera de mayor importancia el caracterizar a los hongos silvestres comestibles para proporcionar información exacta sobre sus características nutrimentales y tener un perfil más completo para que se pueda utilizar como información para posteriores trabajos.

La presente investigación se enfocó en el análisis nutricional del hongo cuyo nombre científico es *Hygrophoropsis aurantiaca*, comúnmente conocido como Brindis, debido a la falta de información específica sobre los nutrientes que contiene esta especie.

Mediante este trabajo se buscó proporcionar la información necesaria para complementar el conocimiento que se tiene y así se pueda dar un uso correcto para consumo humano en un futuro.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Determinar la importancia biocultural de hongo *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen: Fries) Maire a través de su composición química para la revalorización de su incorporación en la dieta de la población.

5.2. Objetivos específicos

Determinar la importancia cultural y ambiental del hongo *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen: Fries) Maire en la zona del Parque Nacional La Malinche.

Analizar la composición química y funcional del hongo *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen: Fries) Maire.

Divulgar la información obtenida del hongo: origen, usos como alimento y su composición nutrimental.

VI. HIPOTESIS

La composición química del hongo *Hygrophoropsis aurantiaca* permite su incorporación en la dieta de la población, revalorando su uso cultural y gastronómico.

VII. MARCO TEÓRICO

7.1. Hongos

Los hongos son especies que pertenecen al Reino Fungi, estas especies tienen estructuras vegetativas filamentosas llamadas hifas, el conjunto de hifas es conocido como micelio (Garcés et al., 2003), algunas de ellos tienen cuerpos fructíferos que son conocidos como hongos macroscópicos, éstos son encargados de producir las esporas cuya función es la reproducción sexual (Kuhar et al., 2013) Dentro del grupo Basidiomycetes se encuentran los hongos con cuerpos fructíferos tipo sombrero, éstos suelen durar pocos días y están formados por el píleo (sombrero) y el estípite (pie). Existen diversos tipos de píleo: cónicos, convexos, planos o campanulados. Los colores son muy variables y van desde el blanco hasta el negro, pasando por el rojo, violeta y azul, incluso pueden tener restos de una estructura llamada velo, pueden tener o no tener anillo o volva, en la cara inferior del píleo se encuentra el himenóforo, que puede estar formado por poros, laminillas, dientes, o formando un reticulado, en el himenio se encuentran los basidios que son las estructuras microscópicas encargadas de producir las basidiósporas (Kuhar et al., 2013).

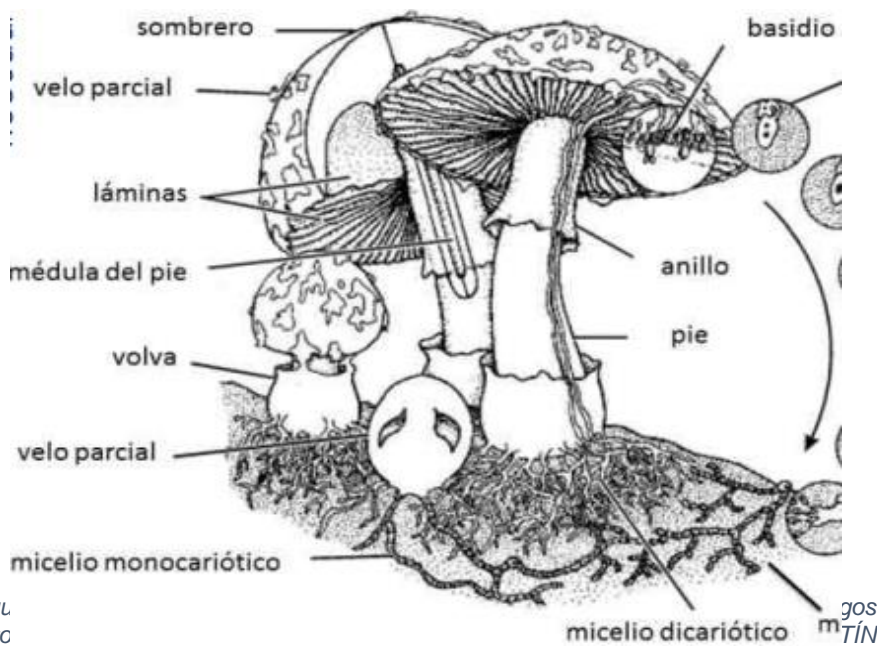


Fig. etc
BIOLÓGICA, 2013, <https://core.ac.uk/download/pdf/52479411.pdf>

El término micorriza cuyo significado es hongo de la raíz se utiliza para describir la asociación entre el micelio del hongo y las raíces de las plantas, creando una simbiosis mutualista donde los organismos que coexisten son mutuamente dependientes (Garcés et al., 2003)

Dentro de las micorrizas se encuentra la clasificación de los ectomicorrízicos que son los hongos que están asociados a árboles y arbustos de bosques, en este tipo de especies existen diversos tipos de hongos que son considerados comestibles, éstos constituyen un recurso forestal no maderable de gran importancia a nivel internacional para la conservación forestal, ya que son una fuente alimenticia una alternativa de ingreso económico para las comunidades locales. (Garcés et al., 2003).

7.2. Hongos en la alimentación

Los macromicetos más conocidos son aquellos comestibles y cultivables como el champiñón (*Agaricus bisporus*) y la seta (*Pleurotus spp*) que se pueden encontrar en los supermercados (Cana-Estrada y Romero-Bautista, 2016).

La producción mundial de hongos cultivados supera los 6.2 millones de toneladas, aproximándose a los 30 billones de dólares (Boa.E, 2005; Cano-Estrada y Romero-Bautista, 2016), el volumen de producción de hongos frescos en México se estima en 38,708 toneladas anuales (Martínez-Carrera et al., 2004; Cano-Estrada y Romero-Bautista, 2016).

Los hongos comestibles presentan una composición química general donde el 90% es agua y 10% es materia seca, de los cuales 27 - 48% son proteínas, 60% carbohidratos, 2 - 8% lípidos (Cano-Estrada y Romero-Bautista, 2016).

Los hongos silvestres comestibles debido a sus propiedades e impacto en la salud humana han sido considerados como alimentos funcionales (Cano-Estrada, Romero-Bautista, 2016).

Pérez-Moreno et al. (2012) menciona que el comercio internacional de los hongos silvestres comestibles está cotizado anualmente en billones de dólares, siendo

Tricholoma spp, *Tuber* spp y *Cantharellus cibarius* Fr., las especies más cotizadas. En México se conocen más de 200 especies de hongos silvestres comestibles, de los cuales cerca de 50% establecen ectomicorrizas con árboles de importancia forestal. *Amanita caesarea* s.l., *Boletus edulis* s.l., *Cantharellus cibarius* y *Tricholoma magnivalare* son algunos ejemplos de hongos silvestres comestibles de importancia en mercados internacionales. (Pérez-Moreno, 2012).

Algunos platillos reportados en los que utilizan hongos silvestres comestibles como ingredientes son moles, caldos con chipotle y epazote, tamales, entre otros platillos, una de las maneras más comunes de preparación de los hongos es utilizando la técnica de fritura (Lemin et al., 2010)

De acuerdo con estudios realizados en comunidades cercanas al Parque Nacional La Malinche en Tlaxcala el uso comestible que se les da a los hongos recolectados en la zona consiste en la preparación de caldo o sopa, con pollo, epazote o hierba buena y sal. Para las especies *A. basii*, *Hebeloma* aff. *Mesophaeum*, *Agaricus* spp, entre otras, para las especies como *Boletus* aff. *Edullis*, *Rhizopogon michoacanicus* sus modos de preparación son fritos con manteca y sal, la especie *Ramaria* spp. la mezclan con huevo y a la especie *Mochella* spp. la rellenan con puré de papa, queso, carne molida y capeado (Bello et al., 2018), estos son ejemplos de preparaciones de algunos de los hongos silvestres comestibles en la zona del Parque Nacional La Malinche.

7.3. *Hygrophoropsis aurantiaca*

El hongo silvestre cuyo nombre científico es *Hygrophoropsis aurantiaca* y es comúnmente conocido como Brindis en regiones cercanas al Parque Nacional La Malinche, tiene un píleo de 18 – 43 mm de diámetro, de convexo a infundibuliforme, con el margen ondulado, incurvado, cutícula lisa, finamente tormentosa o rugosa, de color amarillo a amarillo anaranjado a marrón anaranjado, con el margen más claro, laminas decurrentes, concoloras con el píleo, bifurcadas, estípites de 25 - 35 mm x 4 - 6 mm, a veces excéntricos, cilíndricos, ensanchados en la base, rugosos a estriados, huecos, concoloros con el píleo. (Merino, 2018)

Su clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del hongo *Hygrophoropsis aurantiaca*.

Reino:	<i>Fungi</i>
División:	<i>Basidiomycota</i>
Clase:	<i>agaricomycetos</i>
Ordenar:	<i>boletos</i>
Familia:	<i>Hygrophoropsidaceae</i>
Género:	<i>higrophoropsis</i>
Especies:	<i>H. aurantiaca</i>
Nombre binomial	<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulfen) Maire (1921)

Fuente: (Kibby,.2012)

La especie *Hygrophoropsis aurantiaca* es un hongo ectomicorrízico (asociado a árboles y arbustos) cuyo crecimiento se puede observar durante la temporada de lluvia que corresponde a los meses de julio, agosto y septiembre.



Figura 2. Hongo Brindis (*Hygrophoropsis aurantiaca*).

Nota. Adaptado de Hongos Brindis [Fotografía] por Dra. Ma. Elena Ramos Cassellis.

7.4. Investigaciones similares de otros autores

En diversos estudios realizados en otros países como Portugal se encontró que el contenido de agua es uno de los parámetros con más variabilidad, esto es debido a las condiciones diferentes de crecimiento y climáticas, el contenido de humedad varía entre 65 - 90 g/ 100 g en peso fresco, el contenido de materia seca varía entre 10 - 30 g/100 g, sin embargo, como se mencionó anteriormente estos resultados van a variar dependiendo de distintos factores como lo son el clima, el sustrato, la zona en la que crecen, entre otros (Ferreira et al., 2017).

Se ha reportado que algunos de los hongos silvestres comestibles como *Boletus edulis*, *Macrolepiota procera*, *Pleurotus ostreatus*, *Hygrophoropsis aurantiaca*, entre otros, contienen ciertos minerales esenciales para los humanos, entre ellos se encuentra el Cobre (Cu), Zinc (Zn), Potasio (K) y Fósforo (P), Magnesio (Mg), Selenio (Se), entre otros. (Falandysz y Borovička, 2013)

7.5. Fibra en los hongos

La fibra dietaria es la parte comestible de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso (ACC International, 2001; Flores, 2019).

Existe una categoría brindada por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA por sus siglas en inglés) que es fibras intrínsecas e intactas, en la cual se consideran de dicha manera pues no se han eliminado de los alimentos, y se refieren a los componentes intactos de plantas, estos se encuentran en alimentos como vegetales, granos integrales, frutas, salvado de cereales, cereales en hojuelas y harinas (Flores, 2019).

Existen estudios que mencionan la presencia de fibra dietaria en los hongos comestibles, en los cuales mencionan que la fibra proveniente de dichas especies está constituida por polisacáridos de cadenas largas como quitina, hemicelulosa, mananos y β -glucanos (Nieto-Ramírez, et al., 2012).

Nieto-Ramírez (2012) menciona que el 90% de la fibra dietaria del *Shiitake* corresponde a β -glucanos, los cuales cuentan con actividades biológicas comprobadas (Rop O, 2009;

Nieto-Ramírez, 2012), así mismo menciona que los β -glucanos provenientes de macrohongos son más activos debido a que son ramificados, lo que permite la formación de estructuras terciarias, responsables de la acción inmunoestimuladora y anticancerígena la cual no es exhibida por los cereales (Nieto-Ramírez, 2012).

Los hongos comestibles son una fuente novedosa rica en fibra dietética que tiene beneficios a la salud humana (Cheung, 2013; Di Anibal, et al., 2007), comparada con otras fuentes convencionales como cereales, frutas, leguminosas y vegetales, los hongos están infrautilizados (Di Anibal, et al. 2007), pues especies como *Agaricus bisporus* cuentan con un valor en fibra total del 22.2%, *Girgolas* cuenta con una cantidad de 27.2% y especies como *Shiitakes* con un contenido de 37.4% (Di Anibal, et al., 2007).

7.6. Metabolitos secundarios y capacidad antioxidante

Los fitoquímicos o fitonutrientes son sustancias bioactivas o también conocidos como metabolitos secundarios que suelen ser de origen vegetal, existiendo 4 grupos las sustancias nitrogenadas, azufradas, terpénicas y las fenólicas (Martínez-Navarrete, et al., 2008).

Los compuestos fenólicos están formados de uno o más grupos hidroxilos directamente conectados a uno o más anillos aromáticos, estos son sintetizados por las plantas (Zeb, A, 2021). Estos están presentes en algunos tipos de frutas, se pueden clasificar en flavonoides, fenilpropanoides, estilbenoides y derivados de ácidos benzoico (ácido gálico y elágico) (Martínez-Navarrete, et al., 2008).

Martínez-Navarrete, et al. (2008), menciona el impacto de los fitoquímicos en la salud de las personas pues tiene lugar en la prevención de enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, así mismo, tiene un papel importante debido a su actividad anti carcinógena debido a sus propiedades antioxidantes y neutralizadoras de radicales libres entre otras acciones, también existen estudios que relaciona a los fitonutrientes con la prevención de enfermedades neurodegenerativas (Martínez-Navarrete, et al., 2008).

Los compuestos fenólicos son considerados los principales compuestos antioxidantes en hongos comestibles silvestres (Choi y Sapers 1994; Athanasakis et al. 2013; Wang y Xu

2014; Gonzales-Morales, et al., 2021). En estudios realizados por Gonzáles-Morales et al., (2021) encontraron que especies como *Amanita rubescens*, *Flammulina mexicana*, *Floccularia aff. luteovirens* contienen 11.82 ± 1.00 , 16.64 ± 0.45 , 17.84 ± 0.40 mg AGE/100g hs, en extracto de agua.

Un antioxidante es un compuesto químico que inhibe, detiene o controla la oxidación de un sustrato, pueden ser compuestos orgánicos o inorgánicos, también es definido como cualquier sustancia presente en bajas concentraciones comparadas con los de un sustrato oxidable que retrasa significativamente o evita la oxidación de dicho sustrato (Halliwell 1995, 1990; Zeb, 2021).

Los antioxidantes son compuestos capaces de inhibir la iniciación y/o propagación de las reacciones en cadena de los radicales libres, causantes del daño oxidativo relacionados con el proceso de envejecimiento y enfermedades como el cáncer (Valko et al. 2007; Athanasakis et al. 2013; Islam et al. 2019; Gonzáles-Moralres, et al., 2021)

Los compuestos fenólicos actúan como antioxidantes naturales (Zeb, 2021) estos son el grupo más largo de fitoquímicos los cuales son conocidos por sus interesantes actividades farmacológicas (Egbuna y Dable-Tupas, 2022), las fuentes ricas en estos componentes generalmente son vegetales, frutas, hierbas, semillas, jugos, etc., sin embargo, existen estudios que hongos los cuales han sido reportados con actividad biológica de compuestos fenólicos, así mismo, existen estudios sobre hongos silvestres los cuales los sugieren como una rica fuente de compuestos fenólicos y flavonoides (Buruleanu, et al., 2018; Egbuna y Dable-Tupas, 2022). Las actividades farmacológicas reportadas de los compuestos fenólicos en hongos son actividades anticancerígenas, antidiabéticas, antiinflamatorias, antimicrobianas, entre otras (Öztürk, et al., 2015; Egbuna y Dable-Tupas, 2022).

De entre toda la gama de compuestos bioactivos que producen los hongos, se destacan los fenoles, reconocidos por su remarcada capacidad antioxidante (Barros et al. 2007; Yahia et al. 2017; Novaković et al. 2020; Gonzáles-Morales, et al., 2021) importante para combatir enfermedades producidas por el estrés oxidativos (Valencia-Avilés et al. 2017; Gonzáles-Morales, et al., 2021)

8. METODOLOGÍA

8.1. Diagrama general de proceso de análisis de hongo “brindis”

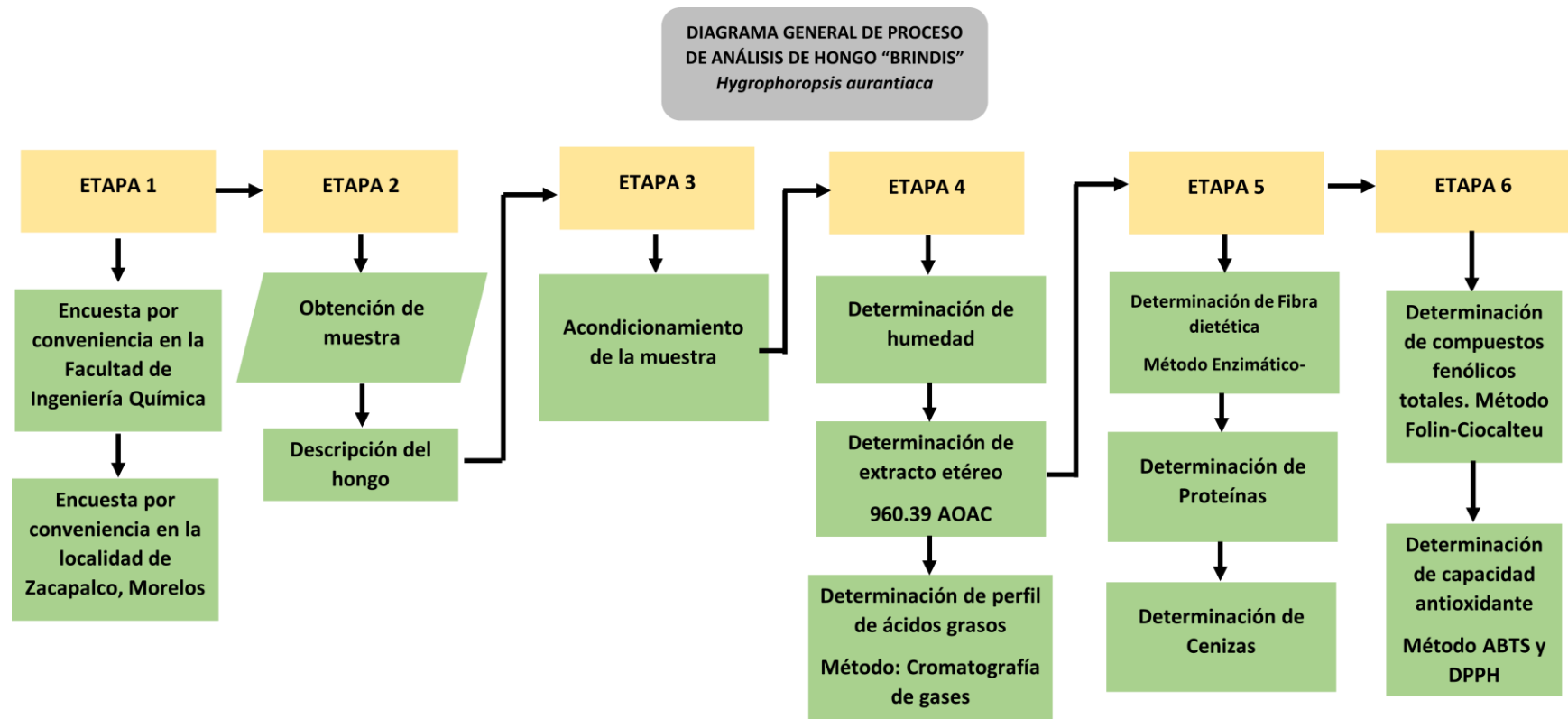


Figura 3. Diagrama general de proceso de análisis de hongos Brindis (*Hygrophoropsis aurantiaca*).

8.2. Encuesta por conveniencia

Se realizó una encuesta por conveniencia mediante la herramienta digital Google Forms para tener conocimiento sobre el consumo de hongos silvestres comestibles en la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería Química en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Así mismo se realizó una encuesta por conveniencia mediante la herramienta digital Google Forms y de manera presencial en la comunidad de Zacapalco, Morelos, para poder observar si existe consumo de hongos silvestres comestibles más allá de la zona del Parque Nacional La Malinche.

8.3. Obtención de la muestra

Las muestras del hongo *H. aurantiaca* se recolectaron durante un recorrido realizado en el Parque Nacional La Malinche.

Dicho recorrido se realizó en la zona perteneciente a la junta auxiliar San Miguel Canoa, perteneciente al municipio de Puebla; el trayecto para la colecta estará guiado por el grupo Yolaltepetl y se llevó a cabo el día 31 de Julio de 2022

El grupo Yolaltepetl estuvo integrado por las siguientes personas:

 Biólogo identificador de especies: Edgar Cabrera Acatitla

 Chef: Miguel Ángel Reyes López

 Colectores con más de 20 años de experiencia: Félix García Pérez y Pedro Pérez Zepeda

8.4. Descripción del hongo

El hongo se identificó a través de la aplicación Picture Mushroom (Next Vision Limited, 2023) y la información se comprobó al identificar sus características morfológicas como son el píleo o sombrero, las láminas, el pie, sus formas y su color, esto fue con ayuda de la bibliografía reportada y del biólogo Edgar Cabrera Acatitla.

8.5. Acondicionamiento de la muestra

8.5.1. Limpieza

El acondicionamiento de la muestra se realizó mediante el procedimiento de limpieza, en el cual se eliminaron los objetos extraños diferentes a su composición como son restos de hojas de otras plantas, tierra, insectos, entre otros.

8.5.2. Secado

Se secó en un horno convectivo a una temperatura de 50°C, una velocidad de flujo 2.4 m/s, durante 3 horas.

8.5.3. Molienda

La muestra se trituró con ayuda de un molino de marca Hamilton Beach, posteriormente se guardaron en recipientes herméticos para su uso en los análisis.

8.6. Análisis químico proximal

8.6.1. Determinación de humedad

Se determinó el contenido de humedad de acuerdo con el método 964.22 de acuerdo con la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC, 1990)

Se pesaron 10 gramos de muestra en una balanza analítica de precisión, se colocaron dentro de una caja Petri y se sometieron a una temperatura de 110°C en una estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante.

8.6.2. Determinación de extracto etéreo

La determinación del extracto etéreo se llevó a cabo mediante el método 960.39 de la AOAC.

Se tomaron 0.5 g de muestra y se colocaron en un papel filtro se utilizaron 140 mL de hexano y se realizó la extracción a una temperatura de 265°C. El solvente se llevó a punto de ebullición en contacto con la muestra durante 40 minutos, posteriormente se eliminó la materia soluble se recuperó el hexano mediante evaporación a 105°C durante 30 minutos, una vez terminado el proceso se procederá colocar las muestras en

deseCADORES hasta alcanzar la temperatura ambiente y se procederá a registrar el peso de los vasos más la grasa extraída.

El porcentaje de grasa será calculado con la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Porcentaje de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P1 - P2}{P} * 100$$

Donde:

P1 = Peso del vaso con el extracto etéreo o residuo de la grasa de la muestra

P2 = Peso del vaso vacío

P = Peso de la muestra empleada

8.6.3. Determinación de fibra dietética.

La determinación de fibra dietética se realizó mediante el método enzimático-gravimétrico, en el cual se emplearon las enzimas α -amilasa termoestable, proteasa y amiloglucosidasa (Manual Megazyme, 2011).

En la etapa 1 se pesó 1 g de muestra por duplicado, y al mismo tiempo 2 muestras de blancos, posteriormente se realizó una agitación con solución amortiguadora, se agregó la α -amilasa termoestable y se agitó levemente colocando en un baño de agua a 95°C por 35 min, después se ajustó la temperatura a 60°C y se añadió la proteasa, después se incubó a 60°C por 30 min, y se ajustó el pH a un rango de 4.1 - 4.8, posteriormente se agregó la amiloglucosidasa y se incubó a 60°C por 30 min, finalmente se precipitaron las muestras, se filtró el precipitado y se pesó el resultado obtenido.

En la segunda se filtraron las mezclas de enzimas y los residuos se lavaron con agua destilada 70°C, los residuos se lavaron con etanol y posteriormente acetona, después se sometieron a un secado en el horno a 103°C durante toda la noche, una vez seco se colocará en el desecador y se pesará el residuo obtenido.

Se calculará el porcentaje de fibra dietética en el alimento a través de la siguiente fórmula:

Ecuación 2: Porcentaje de fibra dietética

$$\% \text{ Fibra dietaria} = \left(\frac{W_R - W_C - W_P - W_B}{W_M} \right) * 100$$

Donde:

- W_R = *Peso del residuo*
- W_C = *Peso cenizas*
- W_P = *Peso proteínas*
- W_B = *Peso del blanco*
- W_M = *Peso de la muestra*

8.6.4. Determinación de proteínas

La determinación de proteínas se llevó a cabo mediante el método micro Kjeldahl, siendo el método 955.04 de acuerdo con la AOAC (1990).

El método estará dividido en 3 etapas, la digestión, la destilación y finalmente la valoración.

Se comenzó pesando una cantidad de muestra entre 0.1 y 0.2 gramos, posteriormente se transfirió a un balón Kjeldahl para añadirle reactivos como son el sulfato de potasio, sulfato de cobre y ácido sulfúrico, se procedió a agitar y tapar el balón. Después se sometió a calentamiento para proceder con la digestión y se llevó a ebullición, una vez que tuvieron las condiciones esperadas (vire a color azul verdoso) se dejó en ebullición por media hora, una vez terminada la digestión se dejó enfriar y se transfirió a un matraz aforado.

Posteriormente se preparó un matraz Erlenmeyer colocándole ácido bórico y gotas de indicador para después colocarlo en la salida del destilador, una vez realizado este paso se tomarán 10 mL de muestra y se añadirán 10 mL de hidróxido de sodio, comenzando así la etapa 2 que es la destilación, cuando el volumen recolectado fue aproximadamente

50 mL se detuvo la destilación y comenzó la etapa 3 que es la valoración, en esta etapa se procederá a realizar una valoración con borato de amonio formado con ácido clorhídrico 0.02 N, se finalizó cuando se observó un vire de verde claro a rojo.

Porcentaje de Nitrógeno

Ecuación 3. Porcentaje de Nitrógeno

$$\% \text{ de N} = \text{Normalidad del HCl} * \frac{\text{Vol. corregido del ácido (mL)}}{\text{mg de muestra}} * \frac{14 \text{ g de N}}{\text{mol}} * 100$$

Donde:

- **% de N** = % de Nitrógeno
- **Vol. Corregido del ácido** = (mL de ácido valorado para la muestra – mL de ácido valorado para el blanco)

Porcentaje de Proteína

Ecuación 4: Porcentaje de Proteína

$$\% \text{ de Proteína} = \% \text{ de N} * \text{Factor de proteína}$$

8.6.5. Determinación de cenizas

Se utilizó el procedimiento 923.03 de la AOAC (1990).

Se pesó 1 gramo de muestra en un crisol de porcelana, después se colocará en una placa calefactora. Una vez reducido el volumen se introdujo en el interior de una mufla a 525°C hasta la obtención de cenizas completamente blancas, sin restos de materia orgánica.

8.6.7 Perfil de ácidos grasos

Las muestras fueron sometidas a derivatización mediante la adición de Hexano (n-C₆H₁₄) y 5 mL de solución de ácido clorhídrico en metanol al 5%, posteriormente se sometió a

un baño termostataado 55°C durante 14 h, una vez transcurrido ese tiempo se dejó enfriar a temperatura ambiente, para después agregar 0.50 mL de agua destilada, 0.50 mL de NaCl al 10 % y 1 mL de n-C₆H₁₄.

Después de que ocurra la separación de fases, se recuperó la fase orgánica para el análisis de los ácidos grasos mediante cromatografía de gases. (Benavides et al., 2015).

8.7. Obtención de extractos para análisis de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante

Se realizó la obtención de extractos para realizar las pruebas de los análisis de compuestos fenoles totales y actividad antioxidante mediante dos métodos.

8.7.1. Maceración:

El primer método fue por maceración, en el cual se pesaron 0.5 g de muestra y se maceraron con un solvente hidroalcohólico que fue etanol al 80%, obteniendo finalmente una concentración de 0.1 g/ml, se maceró mediante agitación durante 30 minutos a 60 rpm, se filtró para obtener el extracto y se centrifugó a 350 rpm durante 12 minutos, colocando finalmente el extracto en Eppendorf y se guardó a una temperatura de -20°C.

8.7.2. Ultrasonido:

El segundo método de extracción fue mediante ultrasonido, en el cual se pesaron 0.5 g de muestra las cuales se maceraron con el mismo solvente, etanol al 80%, se sometieron a ultrasonido durante 20 minutos a una temperatura inicial de 20°C, una frecuencia de 40 kHz y una potencia de 180 W.

8.8. Compuestos fenólicos totales

La presencia de compuestos fenólicos totales se midió mediante el método de Folin-Ciocalteu en el que se utilizaron 50 µL de extracto de hongo en un tubo de ensayo a los cuales se añadieron 450 µL de agua destilada y 250 µL de reactivo de Folin al 50%, se dejó reposar 8 minutos a completa oscuridad para posteriormente agregar 1250 µL de Carbonato de Sodio al 5%, se agitó y se incubó durante 30 minutos en oscuridad, una vez transcurrido el tiempo se procedió a leer en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 725 nm

8.9. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se midió con el método ABTS desarrollada por Re et al. (1999) donde la muestra reaccionará con persulfato potásico incubado a temperatura ambiente, en la oscuridad durante 16 h, una vez obtenido el radical ABTS*+ se diluye con etanol hasta obtener un valor de absorbancia comprendido entre 0.7 a 754 nm. Posteriormente, las muestras filtradas se diluyeron con etanol hasta que se produce una inhibición del 20 al 80% en comparación con la absorbancia del blanco, tras añadir 20 μ L de la muestra. A 980 μ L de dilución del radical ABTS*+ se le determina A_{754} a 30°C, se añade 20 μ L de la muestra y se mide la A_{754} pasado un minuto, la absorbancia se medirá de forma continua transcurridos 7 minutos.

El método DPPH desarrollada por Brand-Willams, et al. (1995) se basa en la medida del radical DPPH*. La muestra (0.1 mL) se añade con el radical DPPH* 100 μ M, se homogeniza y se mantiene en la oscuridad durante 30 minutos, posteriormente se realizarán las medidas de absorbancia a 517 nm antes de añadir la muestra A_0 y una vez pasados los 30 y 60 minutos se leer con la muestra A_i .

IX. RESULTADOS

9.1. Encuesta sobre el conocimiento de hongos silvestres comestibles

Facultad de Ingeniería Química

Se realizó una encuesta por conveniencia a la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería Química, en el cual se llevó a cabo la formulación de las preguntas mostradas en la figura 33 (ANEXO 1), mediante la herramienta digital de Google Forms, el total de entrevistados fueron 24 estudiantes.

Los encuestados se encontraron en un rango de edad de entre 18 y 30 años, teniendo un 25% del total una edad de 24 años, un 16.7% cuenta con una edad de 23 años, 16.7% una edad de 25 años, el 12.5% cuenta con una edad de 21, el resto del porcentaje se divide entre las otras edades sobrantes.

Edad:

24 respuestas

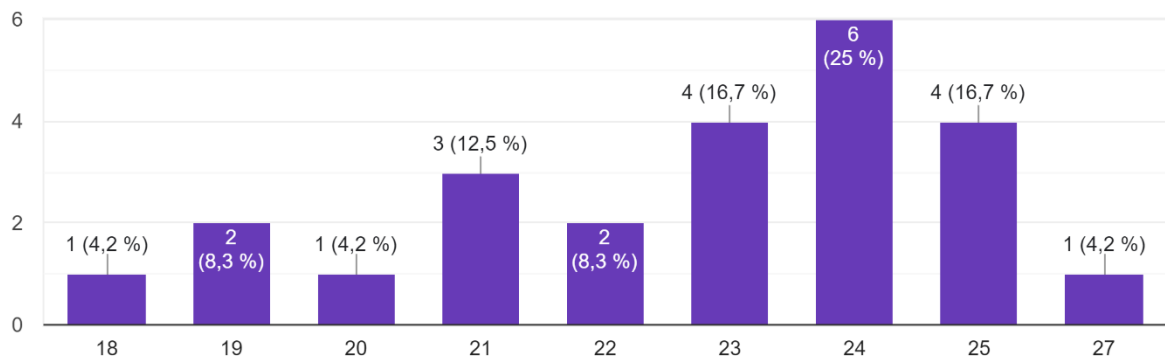


Figura 4. Gráfico de porcentajes de edades de encuestados en la Facultad de Ingeniería Química, BUAP.

El 70.9 % de los entrevistados son originarios del estado de Puebla, siendo el resto de los estados de Oaxaca, Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz.

1. ¿Conoces algún hongo comestible?

24 respuestas

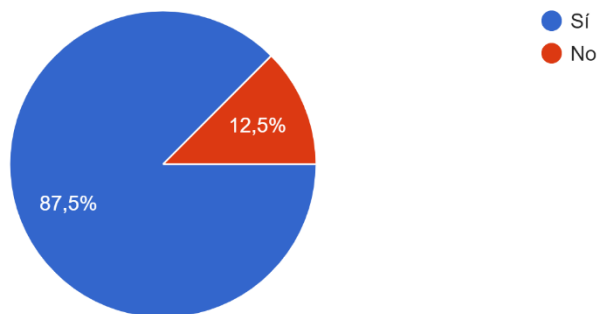


Figura 5. Gráfico con porcentajes de las personas entrevistadas que conocen (azul) algún hongo comestible.

Un 87.5 % del total de los encuestados menciona que ha conocido algún hongo comestible, los hongos que mencionaron conocer fueron en su mayoría el hongo comúnmente conocido como Champiñón, seguido por el Huitlacoche, Portobello, Zetas y otros hongos.

3. ¿Conoces los hongos silvestres comestibles o también conocidos como hongos de temporal?

24 respuestas

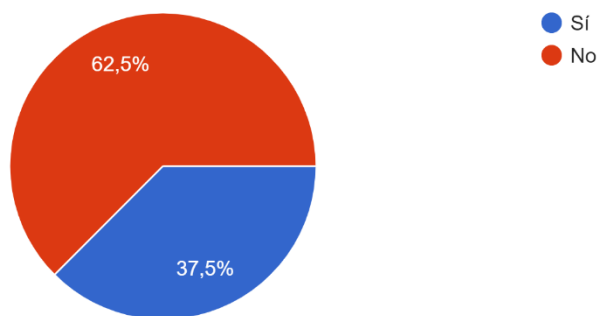


Figura 6. Gráfico sobre las personas en la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería Química, BUAP, que conocen o no los hongos silvestres comestibles.

Un 62.5 % mencionó no conocer los hongos silvestres comestibles, un 60% cree que es debido a una falta de conocimiento general sobre los hongos, un 26.67% considera que es debido a la falta de acceso a este tipo de hongos y un 13.33% a la falta de información nutricional sobre los hongos silvestres comestibles.

El 37.5 % que mencionó si conocer los hongos silvestres comestibles mencionaron nombres de hongos como el shitake, hongos azules, corazones de toro, oreja de ratón, escobetas, ustra, corneta, pante, pancita, xolotes, hongos de encino, hongos de pulpa café, hongo de chachaza.

6. ¿Has consumido hongos silvestres comestibles?

24 respuestas

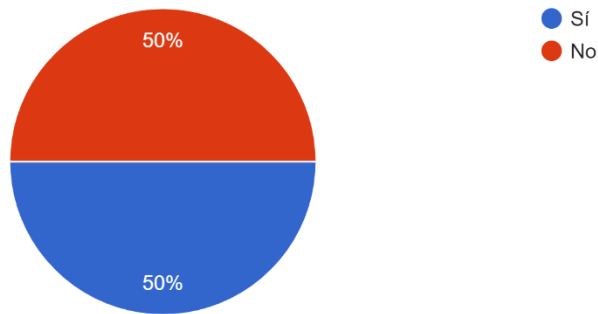


Figura 7. Gráfico ilustrativo de los porcentajes de las personas que han consumido algún hongo silvestre comestible.

Un 50% mencionó haber consumido hongos silvestres comestibles y las maneras que los llegaron a consumir fue en quesadillas, salsas, guisados, caldo, asados, moles, comidas caseras, fritos, entre otros.

Los estudiantes encuestados consideran que los hongos silvestres comestibles se encuentran en la sierra, en las faldas de la montaña, en el bosque, áreas húmedas, entre otras respuestas.

9. ¿Has consumido algún hongo proveniente del Parque Nacional La Malinche?

24 respuestas

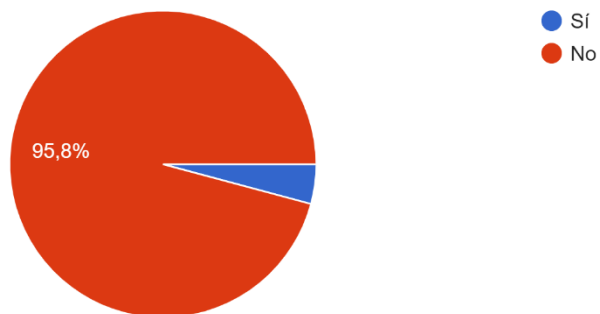


Figura 8. Gráfico mostrando el porcentaje de las personas que no han consumido algún hongo proveniente del Parque Nacional La Malinche.

Del total de los encuestados un 95.8 % no ha consumido algún hongo proveniente del Parque Nacional La Malinche.

La mayoría de los estudiantes consideró que deberían de ser fundamentales en la dieta del mexicano porque creen que podría tener un aporte nutrimental importante, algunos consideran que si debido a su historia cultural y gastronómica, mientras que otros consideran que no deberían ser fundamentales porque la población mexicana ha subsistido sin su necesidad.

11. ¿Te gustaría tener mayor acceso a información sobre los hongos silvestres comestibles?

24 respuestas

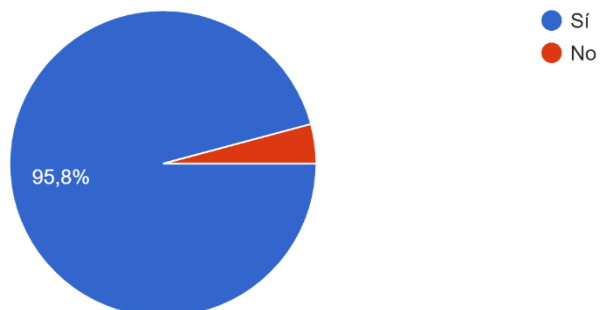


Figura 9. Gráfico mostrando el porcentaje de las personas que estarían interesadas en tener mayor acceso a información sobre los hongos.

El 95.8 % le gustaría obtener información sobre los hongos y entre las respuestas comunes se encontró que la mayoría desea saber sus aportes nutrimentales, beneficios a la salud, como identificarlos y diferencias entre los hongos venenosos, así como formas de consumo y lugares para poder encontrarlos o comprarlos.

Comunidad de Zacapalco, Morelos

Se realizó una encuesta sobre el consumo de hongos silvestres comestibles en la comunidad de Zacapalco, municipio de Tepalcingo, estado de Morelos como se muestra en la figura 34 (ANEXO 1), el total de personas entrevistadas fueron 34.

El rango de edad fue muy extenso pues abarcó de 18 años hasta los 80 años.

¿Conoces algún hongo comestible?

34 respuestas

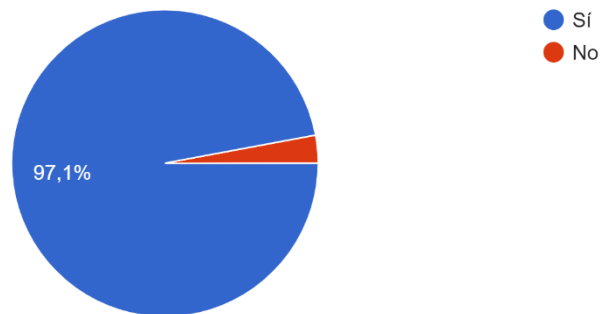


Figura 10. Gráfico de las personas de Zacapalco, Morelos que conocen algún hongo comestible.

Del total de entrevistados el 97.1 % mencionó si conocer algún hongo comestible, el más común mencionado fue el champiñón, seguido de los hongos de la región conocidos como hongo de cazahuate y oreja de cazahuate.

¿Conoces los hongos silvestres comestibles o también conocidos como hongos de temporal?

34 respuestas

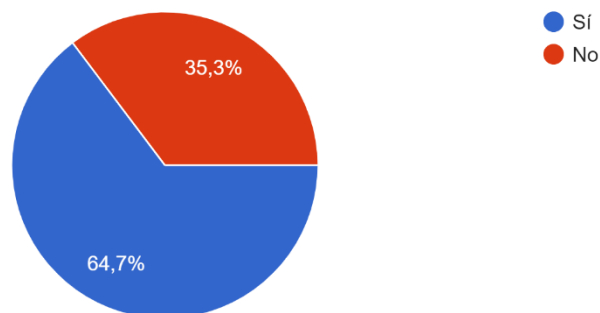


Figura 11. Gráfico de las personas que conocen o no los hongos silvestres comestibles u hongos de temporal.

El 64.7 % dijo que, si conocen los hongos silvestres comestibles u hongos de temporal y los hongos que mencionaron conocer fueron los hongos de cazahuate, orejas de cazahuate, oreja de judas y hongo de guayacán.

Del 35.3 % que mencionó no conocer los hongos silvestres comestibles, un 50% mencionó que su desconocimiento sobre ellos se debe a la falta de conocimientos generales sobre los hongos, el 25% dijo que es debido a la falta de acceso a este tipo de hongos y el resto mencionó que es por la falta de información nutricional sobre los hongos silvestres comestibles.

Cabe destacar que los que mencionaron no conocer los hongos silvestres comestibles se encontraban en un rango de 18 a 35 años, a excepción de dos adultos de 58 y 68 años que mencionaron que su desconocimiento se debe a la falta de acceso a este tipo de hongos.

¿Has consumido hongos silvestres comestibles?
34 respuestas

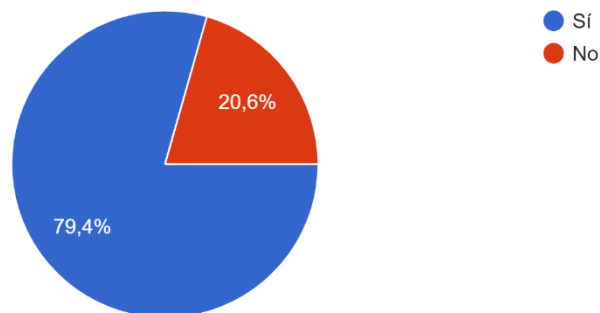


Figura 12. Gráfico con el porcentaje de las personas que han consumido algún hongo silvestre comestible.

El 79.4 % mencionó haber consumido hongos silvestres comestibles y las maneras de consumirlos fue en salsa verde, clemole, fritos con cebolla, epazote y chiles, en tamal, quesadillas.

Los habitantes de la localidad de Zacapalco tienen como conocimiento que los hongos comestibles se dan en el campo y en los cerros, específicamente en los troncos secos de cazahuate, esto es debido a que es uno de los hongos que se sabe que son

comestibles, algunos mencionaron troncos secos en general porque tienen conocimiento de un hongo que le conocen como hongo de guayacán, pero son pocos los que tienen noción de él.

La mayoría de los encuestados consideran que deberían ser fundamentales en las dietas del mexicano pues creen que contiene vitaminas y altos nutrientes, algunos mencionaron que debido a la historia de la gastronomía y tradiciones deberían de ser fundamentales.

¿Te gustaría tener mayor acceso a información sobre los hongos silvestres comestibles?
34 respuestas

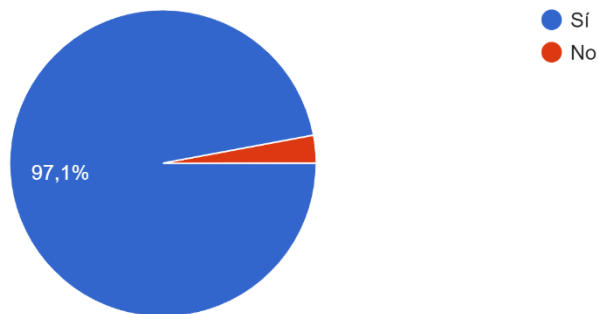


Figura 13. Gráfico que muestra el porcentaje de la población entrevistada de Zacapalco que le gustaría tener mayor acceso a información sobre los hongos.

Al 97.1% de los encuestados les gustaría tener mayor acceso a información sobre los hongos silvestres comestibles y les gustaría saber acerca de la información nutrimental de estos, sus beneficios, la manera en que puedan producirlos e información acerca de cómo diferenciar las especies venenosas de las comestibles.

9.2. Obtención de la muestra

Los hongos silvestres comestibles de la especie *H. aurantiaca* se obtuvieron de una zona del Parque Nacional La Malinche perteneciente a la junta auxiliar San Miguel Canoa, esto fue mediante un recorrido con el grupo de investigación miembro del proyecto “Manejo sustentable y rescate del conocimiento tradicional de los hongos comestibles del Parque Nacional Malinche, Puebla, México., como contribución a lograr la seguridad alimentaria y combate a la pobreza”, guiado por el grupo Yolaltepetl, realizado el 31 de julio de 2022 y el 30 de agosto de 2023.



Figura 14. Corte de especie de hongo Brindis (*Hygrophoropsis aurantiaca*).



Figura 15. Hongo brindis creciendo en una piña de pino.



Figura 16. Izquierda: Hongo brindis en su entorno natural. Derecha: árboles a los que se les ve relacionados con el hongo.



Figura 17. Grupo de recorrido y guías de Yolaltepetl

9.3. Información proporcionada por los colectores de la región

De acuerdo con los colectores que dirigieron el recorrido, el hongo comúnmente conocido como “Brindis” es uno de los más abundantes, llegando a conseguir al menos 10 kg de ellos, sin embargo, no es de los preferidos, pues la mayoría prefiere hongos como *Boletus edulis*, comenzando a consumir las especies de *H. aurantiaca* una vez se terminan las especies de *Boletus edulis*.

Mencionaron que los meses del año en que crecen más hongos comestibles son de mayo a noviembre siendo los meses más productivos julio, agosto y septiembre.

Así mismo, comentaron que la manera de identificar un hongo comestible es mediante el reconocimiento del sustrato y árboles donde crecen, que es distinguiendo la vegetación como encino, oyamel, pastizales, bordes en el bosque y otros factores como la altura.

Los colectores se guían a partir de los colores para distinguir si los hongos son comestibles o venenosos, mencionaron que los colores de los hongos venenosos suelen

ser colores extraños, como rojo y morado teniendo un sabor picoso al momento de realizar el corte.

Algunos colectores recolectan los hongos comestibles con el fin de venderlos y de consumo propio, algunos otros sólo lo hacen para autoconsumo. Las personas que recolectan los hongos para venta y consumo lo hacen cada tercer día, cada semana, mientras que los que lo hacen para autoconsumo lo hacen cada quince días o aprovechando los meses que se dan para aprovechar al máximo su consumo.

De todos los hongos que son recolectados hay algunos que los venden en la comunidad de San Miguel Canoa y otros fuera de la comunidad.

Los colectores mencionaron que han observado que la cantidad de hongos que encuentra ha disminuido y creen que es debido al calor, sequías y a que extraen sustrato de bosque, otros creen que es por la deforestación y contaminación tanto global (cambio climático) como local (basura que dejan en la zona), otros creen que es por la falta de árboles y falta de lluvia.

Por último, consideran que el uso de los hongos ha cambiado debido a que hay falta de interés por parte de la población.

9.4. Identificación y descripción del hongo

La bibliografía reportada por Merino (2018) nos hace mención sobre las características del hongo *H. aurantiaca*, dicha especie cuenta con un píleo de 18 a 43 mm de diámetro variando en forma de convexo a infundibuliforme con el margen ondulado, incurvado, cutícula lisa, finamente tormentosa o rugosa, de color amarillo a amarillo anaranjado a marrón anaranjado, con el margen más claro, laminas decurrentes, similar de color con el píleo, bifurcadas, un estípote con dimensiones de 25 a 35 mm por 4 a 6 mm, cilíndrico, ensanchado en la base, rugoso a estriado, hueco, del mismo color que el píleo. (Merino, 2018)

Las especies encontradas fueron comparadas con las características morfológicas reportadas en la bibliografía, encontrando especies con el píleo o sombrero con una

forma convexa, un color anaranjado uniforme en algunos hongos y en otros pasando de un anaranjado oscuro en el centro a un amarillo anaranjado en los márgenes, el himenóforo presentó láminas de color anaranjado intenso, el píe o estípite presentó un color anaranjado y una forma cilíndrica concordando con las características reportadas.

Aunado a esto, se hizo uso de una aplicación con nombre *Picture Mushroom* para ayudar en la identificación de nuestro hongo de interés, la figura 3 nos presenta las distintas fotos utilizadas para el reconocimiento digital de la especie recolectada, en la figura 4 se puede observar la información proporcionada por la aplicación.



Figura 18. imágenes utilizadas para el reconocimiento digital de la especie recolectada. A) Imagen con vista lateral. B) Imagen con vista superior. C) Imagen con vista inferior.



Figura 19. Información proporcionada por la aplicación Picture Mushroom.

9.5. Acondicionamiento de la muestra

9.5.1. Limpieza

Las especies de hongos recolectadas durante el primer recorrido realizado en el mes de julio, fueron acondicionados de manera que se realizó una limpieza para quitar todo tipo de material externo a la composición de los hongos, quitando material orgánico como tierra, hojas, entre otros, así como cualquier tipo de piedra, de manera que se procuró dejar lo más íntegro posible las especies de hongos recolectadas.

9.5.2. Secado

Una vez terminada la limpieza de los hongos, se procedió a realizar un acondicionamiento del espécimen mediante la operación unitaria de secado, utilizando como equipo un horno convectivo con una temperatura programada de 50°C a una velocidad de flujo de 2.4 m/s durante un tiempo de 3 horas. Este tratamiento se realizó para mantener con una vida de anaquel más extensa respecto a una muestra fresca.

9.5.3. Molienda

Después de haber realizado el secado, las muestras fueron tratadas mediante la siguiente operación unitaria la cual fue la molienda, en esta etapa se realizó una reducción de volúmen de manera que se transformó la muestra a un tamaño de partícula menor. Esta operación se realizó mediante un molino de la marca Hamilton Beach.



Figura 20. Molienda de hongo *Hygrophoropsis aurantiaca* en molino...

9.5.4. Tamizado

12.72 gramos fue el peso final de las muestras obtenidas después de haberlas procesado mediante las operaciones unitarias antes mencionadas (secado y molienda).

Se realizó la operación de tamizado con tamices con número de malla de 40, 60, 80, 100 y 200.

La apertura de sus mallas corresponde a las siguientes medidas, para la malla con el número 40 su apertura es de 0.420 mm, mientras que para la malla número 60 es de 0.250 mm, la malla número 80 cuenta con una apertura de 0.177 mm, para el número 100 corresponde una medida de 0.149 mm, finalmente la malla más fina utilizada fue la malla número 200 cuya apertura es de 0.074 mm.

La cantidad final obtenida del tamiz con número de malla 40 fue de 3.955 g, mientras que para el número de malla 60 se obtuvo 4.757 g, finalmente se obtuvieron 3.661 g de muestra con tamaño de partícula obtenidos de las mallas de número 80, 100 y 200, de decidió juntar estos tamaños de partículas para facilitar posteriormente su manejo para los análisis próximos.



*Figura 21. Tamices utilizados para el tamizado de las muestras molidas del hongo *Hygrophoropsis aurantiaca*.*

9.6. Caracterización fisicoquímica

9.6.1. Extracto de hongo

Se realizó una extracción de los compuestos solubles en agua presentes en el hongo de interés mediante una maceración teniendo como solvente agua, se utilizaron 0.1 gramos de muestra en 10 ml de agua destilada, obteniendo así un extracto con una concentración de 0.01 g/mL.

9.6.2. pH

Se determinó el pH del extracto anteriormente mencionado mediante tiras reactivas de pH de la marca MQuant. Se obtuvo como resultado un pH de 6.



Figura 22. pH del extracto de *Hygrophoropsis aurantiaca*.

9.6.3. Actividad de agua

Se determinó la actividad de agua mediante el equipo AQUA LAB.

Obteniendo como resultado una actividad de agua de 0.499, tomado a una temperatura de 25°C.

9.8. Caracterización cualitativa

Se realizaron análisis de carácter cualitativo en el que se determinó si existía presencia de proteínas y carbohidratos en nuestros hongos de estudio.

9.8.1. Medición de proteínas (reacción de Biuret)

La determinación de la presencia de proteínas se realizó mediante la prueba de Biuret, la cual nos indica si existe presencia de compuestos con enlaces peptídicos (péptidos

cortos y proteínas) en la solución mediante el cambio de color de una tonalidad azul a violeta debido a la formación de complejo entre los iones de Cu^{2+} y los electrones libres del nitrógeno presentes en los enlaces peptídicos.

Como podemos observar en la figura 22, la formación de un halo de color violeta nos muestra el resultado positivo para presencia de proteínas, pues realizó un cambio de color de azul intenso a un azul más claro con un halo azul violeta.

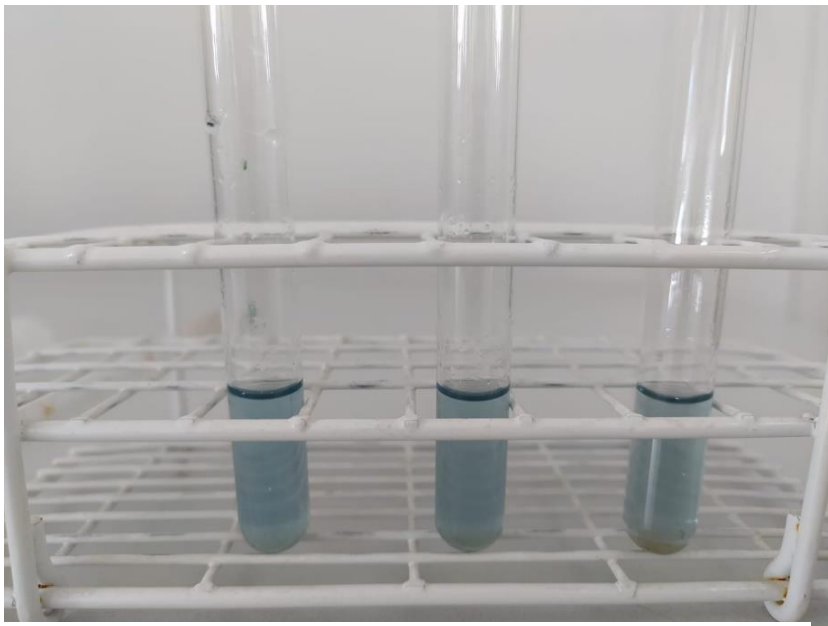


Figura 23. Reacción de Biuret en extracto de hongo Brindis, dando como resultado positivo a la presencia de proteínas totales.

9.8.2. Medición de carbohidratos (reacción de Fehling)

Se realizó la reacción de Fehling para determinar la presencia de azúcares reductores en el extracto obtenido del hongo Brindis, en el cual se obtuvo un viré a color rojo ladrillo lo que nos expresa que el extracto de hongo Brindis cuenta con azúcares reductores (disacáridos), pues al haber obtenido dicho color significa que los azúcares reductores se oxidaron al entrar en contacto con los reactivos de Fehling, dando positivo a la prueba,



*Figura 24. Tubos con la reacción de Fehling, de lado izquierdo se encuentra el tubo color verde que corresponde al extracto del hongo *Boletus edullis* y de lado derecho se encuentra el tubo correspondiente al extracto del hongo *Hygrophoropsis aurantiaca* (Brindis).*

9.9. Análisis químico proximal.

9.9.1. Determinación de extracto etéreo

La determinación del extracto etéreo se llevó a cabo mediante el método 960.39 de la AOAC.

Se tomaron 0.5 g de muestra y se colocaron en un papel filtro se utilizaron 140 mL de hexano y se realizó la extracción a una temperatura de 265°C. El solvente se llevó a punto de ebullición en contacto con la muestra durante 40 minutos, posteriormente se eliminó la materia soluble se recuperó el hexano mediante evaporación a 105°C durante 30 minutos, una vez terminado el proceso se procederá colocar las muestras en desecadores hasta alcanzar la temperatura ambiente y se procederá a registrar el peso de los vasos más la grasa extraída.

El porcentaje de grasa será calculado con la siguiente ecuación:

Ecuación 5: Porcentaje de Grasa

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P1 - P2}{P} * 100$$

Donde:

P1 = Peso del vaso con el extracto etéreo o residuo de la grasa de la muestra

P2 = Peso del vaso vacío

P = Peso de la muestra empleada

9.9.2. Determinación de fibra

Para determinar el porcentaje de fibra dietaria se utilizó el método antes mencionado, en el cual, se pesó 1 g de muestra, se realizó la primera incubación de la enzima α -amilasa, después se realizó el ajuste de pH a 7.5 y se prosiguió con la siguiente enzima que fue la proteasa, se incubó y posteriormente se realizó el ajuste de pH a 4.5, después se incubó la tercer enzima que fue la amiloglucosidasa, para posteriormente adicionar alcohol etílico al 95% y se dejó reposar toda la noche, después se filtró y se realizó en lavado con los solventes antes mencionados, finalmente se sometió a secado y se realizó su peso para obtener 0.8566 g, por último se realizaron los cambios correspondientes.



Figura 25. Fase de incubación en el proceso de determinación de fibra dietaria.



Figura 26. Filtración del precipitado con un embudo Buchner, en el procedimiento de medición de fibra dietaria.

9.9.3. Determinación de proteínas

La obtención del resultado de proteínas se realizó mediante el método de micro-Kjeldahl, en el cual se utilizaron 35.7 mg de muestra, así mismo, para en etapa 1 se utilizaron 2.5 g de mezcla catalizadora y 4.5 ml de H_2SO_4 concentrado, se sometió a digestión a una temperatura de $350\text{ }^{\circ}C$, posteriormente se agregaron 40 ml de H_2O y 10 ml de NaOH 40 % para neutralizarlo. En la etapa 2 correspondiente a la destilación se utilizaron 5 mL de NaOH para precipitar la nube e iniciar la destilación, se agregó 5 ml de ácido bórico () y gotas de indicador Tashiro shiro y se inició la destilación en el equipo micro-kjeldahl. En la etapa 3 correspondiente a la titulación, se tuvo un gasto de HCl de 5.25 ml, por lo que finalmente se obtuvo un resultado de 25.73 % de proteínas.



Figura 27. Proceso del método micro-Kjeldahl para determinación de proteínas.

9.9.4. Resultados de análisis químico proximal.

Tabla 2. Tabla de resultados de análisis químico proximal.

Hongo	Proteínas g/100g	Carbohidratos		Grasas g/100g	Cenizas g/100g
		Azúcares reductores g/100g	Fibra dietaria g/100g		
<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i>	25.73	40.376	38.83	36.658	10.28

** De acuerdo con Heleno, et al., (2009) la especie *Hygrophoropsis aurantiaca* recolectada en el país de Portugal contó con 36.40 g/100g de proteínas, 55.48 g/100g de carbohidratos, 2.20 g/100g de grasas y 5.92 g/100g de cenizas.

9.9.5. Perfil de ácidos grasos

En la tabla 2 podemos observar los ácidos grasos presentes en los extractos analizados del hongo *Hygrophoropsis aurantiaca*, el ácido graso mayoritario presente es el ácido palmítico con una concentración de 8.09 $\mu\text{g/ml}$, posteriormente tenemos al ácido eicosadienoico y ácido araquidónico con 2.43 $\mu\text{g/ml}$ y 2.40 $\mu\text{g/ml}$ respectivamente, siguiendo el ácido oleico con una concentración de 1.43 $\mu\text{g/ml}$, estos ácidos grasos presentaron las concentraciones más grandes dentro del extracto analizado.

A pesar de que el ácido graso mayoritario es el ácido palmítico también podemos encontrar la presencia otros ácidos grasos importantes como son el ácido γ -linolénico,

ácido linoleico y ácido araquidónico los cuales son ácidos grasos pertenecientes a la serie de los omega-6. El ácido palmítico cumple una función estructural en el tejido nervioso y permite a las proteínas moverse en un medio graso, como el sistema nervioso central (Gonzales, H. y Visentin B., 2016), mientras que el ácido araquidónico está involucrado en el neurodesarrollo temprano, promueve el desarrollo neuronal, la reparación y mielinización en infantes (Guesnet, P.; McCann, JC; Gonzales, H. y Visentin B., 2016).

Tabla 3. Perfil de ácidos grasos presentes en el hongo *Hygrophoropsis aurantiaca*.

PERFIL DE ACIDOS GRASOS DE HONGO BRINDIS							
NOMBRE		R.T	Qlon	RESPONSE	CONC	Unidades	DEV (min)
IUPAC	COMÚN						
ÁCIDO BUTANOICO	ÁCIDO BUTÍRICO	3.558	74	1498	1.45	ug/ml	11
ÁCIDO HEXANOICO	ÁCIDO CAPROICO	7.425	74	72605	0.75	ug/ml	55
ÁCIDO OCTANOICO	ÁCIDO CAPRÍLICO	12.709	74	4122	0.52	ug/ml	70
ÁCIDO DECANOICO	ÁCIDO CÁPRICO	19.898	74	2706	0.48	ug/ml	92
ÁCIDO UNDECANOICO	ÁCIDO UNDECÍLICO	22.508	74	2430	0.67	ug/ml	90
ÁCIDO DODECANOICO	ÁCIDO LÁURICO	25.439	74	6102	0.62	ug/ml	71
ÁCIDO PENTADECANOICO	ÁCIDO PENTADECÍLICO	32.184	74	3165	0.72	ug/ml	1
ÁCIDO HEXADECANOICO	ÁCIDO PALMÍTICO	34.521	74	5216998	8.09	ug/ml	1
ÁCIDO CIS-10-HEPTADECENOICO	ÁCIDO CIS-10-HEPTADECENOICO	35.997	55	15712	1.27	ug/ml	29
ÁCIDO HEPTADECANOICO	ÁCIDO MARGÁRICO	36.543	74	4500	0.97	ug/ml	90
6Z,9Z,12Z-OCTADECATRIENOICO	ÁCIDO GAMMA-LINOLENICO	37.340	79	7569	1.77	ug/ml	7
ÁCIDO 9,12-OCTADECADIENOICO	ÁCIDO LINOLEICO	37.564	67	17072	1.67	ug/ml	5
ÁCIDO 9-OCTADECENOICO	ÁCIDO OLEICO	37.623	55	135688	1.43	ug/ml	64
ÁCIDO OCTADECANOICO	ÁCIDO ESTEÁRICO	37.751	74	5852	0.68	ug/ml	13
ÁCIDO EICOSATETRAENOICO	ÁCIDO ARAQUIDONICO	40.87	79	14073	2.4	ug/ml	75
ÁCIDO CIS-11,14-EICOSADIENOICO	ÁCIDO EICOSADIENOICO	41.292	67	45404	2.43	ug/ml	58
ÁCIDO CIS-11-EICOSENOICO	ÁCIDO GADOLEICO	0	0	0	0	ug/ml	0
ÁCIDO EICOSANOICO	ÁCIDO ARAQUÍDICO	41.731	74	4234	0.97	ug/ml	11
ÁCIDO HENEICOSANOICO	ÁCIDO HENEICOSILICO	43.346	74	1419	1.53	ug/ml	11
ÁCIDO DOCOSANOICO	ÁCIDO BEHÉNICO	45.881	74	3991	1.31	ug/ml	97
ÁCIDO TRICOSANOICO	ÁCIDO TRICOSÍLICO	48.24	74	2618	1.87	ug/ml	98
ÁCIDO TETRACOSANOICO	ÁCIDO LIGNOCÉRICO	0	0	0	0	ug/ml	0
ÁCIDO NONADECANOICO	ÁCIDO NONDECILICO	0	0	0	0	ug/ml	0

** R.T = Tiempo de retención; Qlon = ; Response = Respuesta, intensidad de la señal; CONC = Concentración ; DEV (min) = Desviación estándar en minutos.

Tabla 4. Componentes con la respuesta más alta y baja mostrada en el cromatograma.

COMPONENTE CON LA RESPUESTA MÁS ALTA Y BAJA							
NOMBRE		R. T	Qlon	RESPONSE	CONC	Unids	DEV (min)
IUPAC	COMÚN						
ÁCIDO HEXADECANOICO	ÁCIDO PALMÍTICO	34.521	74	5216998	8.09	ug/ml	1
ÁCIDO HENEICOSANOICO	ÁCIDO HENEICOSILICO	43.346	74	1419	1.53	ug/ml	11

** R.T = Tiempo de retención; Qlon= ; Response= Respuesta, intensidad de la señal; CONC= Concentración ; Unids= Unidades; DEV (min) = Desviación estándar en minutos.

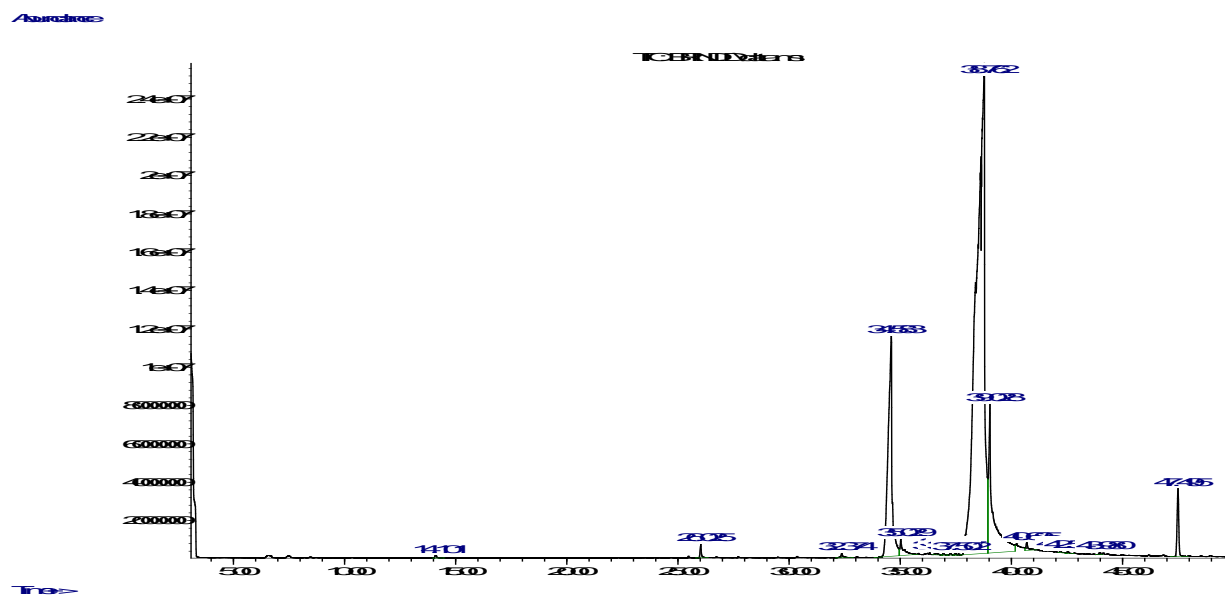


Figura 28. Cromatograma del perfil de ácidos grasos presentes en el hongo *Hygrophoropsis aurantiaca*.

9.10. Determinación de compuestos fenólicos totales

Se obtuvo el extracto de hongo mediante el método de maceración durante 30 minutos a 60 rpm como se muestra en la figura 29.

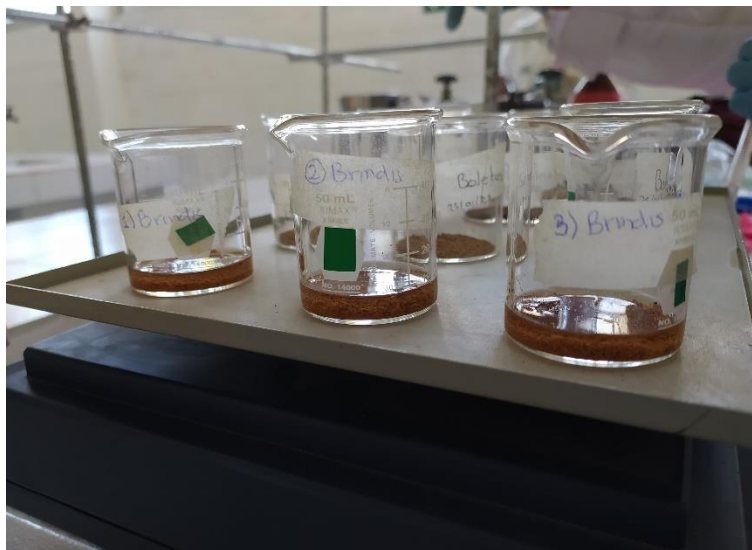


Figura 29. Obtención de extracto de hongo *Brindis* mediante el método de maceración.

Así mismo, se utilizó el método de ultrasonido para obtener el extracto de hongo *Hygrophoropsis aurantiaca*, en el cual los parámetros fueron un tiempo de 20 minutos, a una temperatura inicial de 20 °C, una frecuencia de 40 kHz y una potencia de 180 W, como se muestra en la figura 30.



Figura 30. Obtención de extracto de hongo *Brindis* mediante el método de ultrasonido

Se obtuvo como resultado que una concentración de 0.1 g/mL de extracto hidroalcohólico (etanol 80%) de hongo *Hygrophoropsis aurantiaca* contiene un promedio de 3.265 ± 0.184 mg Equivalente de Ácido Gálico (EAG)/ g de hongo seco (hs) mediante el método de extracción por maceración, así mismo, por medio del método de extracción con ultrasonido se obtuvo como resultado 2.876 ± 0.167 mg EAG/ g hs (Tabla 5).

Tabla 5. Promedios de las repeticiones realizadas para obtención de resultados de compuestos fenólicos totales (mg EAG/mL de extracto).

Método de extracción	Promedio (mg AGE/g hs)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Maceración	3.265	0.184	5.64%
Ultrasonido	2.876	0.167	5.80%

Los resultados anteriores se obtuvieron mediante la ecuación obtenida de la curva de calibración de ácido gálico que se muestra en la figura 26.

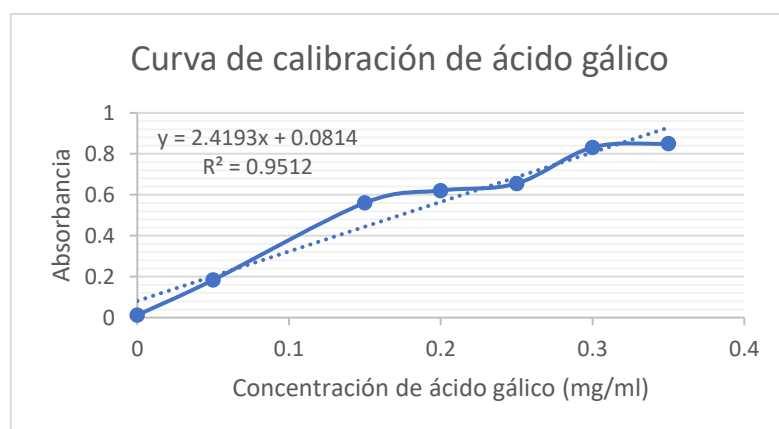


Figura 31. Curva de calibración de ácido gálico para cálculos de compuestos fenólicos totales.

González-Morales (2021) estudiaron los compuestos fenólicos totales de algunas especies comúnmente consumidas en el centro de México en que el reportan una cantidad de 11.82 ± 1.00 mg AGE/100g de hongo seco (hs) utilizando agua como solvente para el extracto de *Amanita rubescens*, también realizaron un extracto alcohólico con metanol en el cual para la misma especie obtuvieron 10.54 ± 0.77 mg AGE/100g hs, para la especie *Morchella sp*, en el extracto con agua obtuvieron

una cantidad de 19.86 ± 1.00 mg EAG/100g hs, mientras que para el extracto alcohólico obtuvieron 13.59 ± 0.75 mg EAG/100g hs. Mares Quiñones (2014) mencionó que hongos comúnmente consumidos en El salto Durango como *Boletus edulis* contiene 2.633 ± 0.14 mg EAG/g en un extracto hidroalcohólico metanol-agua (80:20), la especie *Amanita caesarea* cuenta con 3.676 ± 0.11 mg EAG/g.

Comparando con los datos anteriormente mencionados podemos observar que los compuestos fenólicos encontrados en el hongo Brindis son mayores comparados con los compuestos fenólicos totales en hongos como *Amanita rubescens*, *Morchella sp* (González-Morales, 2021), así mismo, se obtuvo un mayor resultado comparado con la especie *Boletus edulis* (Mares Quiñones, 2014), y menores a los resultados obtenidos para *Amanita caesarea* (Mares Quiñones, 2014).

9.11. Determinación de capacidad antioxidante

Los resultados obtenidos de la capacidad antioxidante mediante el método DPPH presente en el hongo *Hygrophoropsis aurantiaca* fueron 65.74 ± 0.31 % inhibición para el método de extracción de maceración, mientras que el método de extracción mediante ultrasonido fue de 66.29 ± 0.36 % inhibición (Tabla 6) siendo estos menores al rango mostrado en el estudio realizado por Gonzales-Morales, et al. (2021) en el cual mostraron que las especies *Amanita rubescens* tuvo un 66.8 % de inhibición, mientras que la especie *Flammulina mexicana* tuvo 71.5 % de inhibición y la especie *Floccularia aff. luteovirens* tuvo un 73.3 % de inhibición, cabe mencionar que el solvente utilizado para obtención de sus extractos fue metanol, siendo etanol al 80% el solvente utilizado para este estudio.

Tabla 6. Medias, desviación estándar y coeficiente de variación de la capacidad antioxidante por los métodos de ABTS y DPPH.

Método de capacidad antioxidante	Método de extracción	Promedio % de inhibición	Desviación estándar	Coeficiente de variación
ABTS	Maceración	69.55	1.36	1.95%
	Ultrasonido	73.84	1.24	1.68%
DPPH	Maceración	65.74	0.31	0.48%
	Ultrasonido	67.39	0.36	0.53%

De los resultados obtenidos mediante un análisis estadístico con la prueba de Tukey (Tabla 7) pudimos observar que existe una diferencia significativa entre los métodos de extracción (maceración y ultrasonido) en el método de análisis de capacidad antioxidante por DPPH, con lo que podemos concluir que el mejor método de extracción para medir la capacidad antioxidante mediante DPPH es el método mediante ultrasonido. Por otro lado, el análisis por ABTS no se mostró diferencia significativa entre los métodos de extracción.

Tabla 7. Análisis estadístico mediante la prueba de Tukey para comparar los métodos de extracción (maceración y ultrasonido) en los resultados de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante por DPPH y ABTS.

Métodos de extracción	CFT	ABTS	DPPH
Maceración	3.26 ± 0.08 ^a	69.55 ± 1.36 ^a	65.74 ± 0.31 ^b
Ultrasonido	2.88 ± 0.08 ^a	73.84 ± 1.24 ^a	66.29 ± 0.36 ^a
DMS	0.58	6.19	0.17

Los valores se muestran media ± desviación estándar. Las medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMS= Diferencia mínima significativa.

En la tabla 9 (ANEXO 2) podemos observar los resultados de la actividad antioxidante de las repeticiones mediante los métodos ABTS y DPPH y los métodos de extracción de maceración y ultrasonido.

9.12. Divulgación de la información obtenida

Se utilizó un cartel (figura 32) con la información obtenida del hongo *Hygrophoropsis aurantiaca* sin un lenguaje técnico con el fin de que fuera de mejor comprensión para la población en general, resaltando datos como su nombre científico, nombre común ubicación, morfología, compuestos importantes en la alimentación y modos de preparación.

Hygrophoropsis aurantiaca

Hongo silvestre comestible, conocido como Brindis en la zona del Parque Nacional la Malinche

Se caracteriza por tener color anarajado en su sombrero, pie y laminillas.



Especie cosmopolita, se encuentra en estados como Chiapas, Oaxaca, Edo. de México, Tlaxcala, Puebla



¡Apto para comer!

Tiene:

- Muy rico en proteínas
- Muy rico en fibra dietaria
- Omega 6
- Antioxidantes

Formas de preparar:> **Chilponzonte**
.....> **Mole**

Figura 32. Cartel de divulgación de información del hongo Brindis (*Hygrophoropsis aurantiaca*).

X. CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla podemos comprobar que existe un desconocimiento de los hongos silvestres comestibles dentro de las nuevas generaciones, pues los encuestados que desconocen los hongos silvestres comestibles mencionaron que es debido a la falta de conocimiento sobre estos, corroborando esta información con los datos obtenidos de las encuestas realizadas en la población de Zacapalco, Morelos, donde el porcentaje de los encuestados que mencionaron no conocer algún hongo silvestre comestible pertenecen al rango de edad de 18 a 35 años, lo que nos da a conocer que los jóvenes de México no tienen el suficiente conocimiento sobre este tipo de especies fúngicas comestibles, comprobando así que existe una brecha de información y divulgación sobre los hongos silvestres comestibles.

La especie *Hygrophoropsis aurantiaca* mostró como resultados en el análisis químico proximal 25.73 g/100g de proteínas, 40.376 g/100g de azúcares reductores, 38.83 g/100g de fibra dietaria, 36.658 g/100g de grasas y 10.28 g/100g de cenizas. En su perfil lipídico encontramos a ácidos grasos como el ácido palmítico, el cual fue el ácido graso mayoritario, teniendo también la presencia de ácidos grasos pertenecientes a la serie de omega 6 como el ácido araquidónico, ácido linoleico, ácido gamma-linolénico, mostrando así un perfil nutrimental favorecedor a la salud humana, aunado a esto, también presentó un porcentaje de inhibición de radicales libres aceptable teniendo 73.84 ± 2.68 % inhibición mediante el método de ABTS.

Los compuestos fenólicos totales nos dieron un resultado de 3.265 ± 0.184 mgEAG/g de hongo seco mediante maceración y 2.876 ± 0.167 mg EAG/g de hongo seco mediante ultrasonido.

Al observar estos resultados se concluye que el hongo silvestre comestible *Hygrophoropsis aurantiaca* conocido como “Brindis” es una fuente de alimento nutritiva, pues contiene elementos importantes para la salud humana como son la fibra dietaria, los ácidos grasos esenciales pertenecientes a la serie de omega 6, compuestos fenólicos totales lo cuales están relacionados en la prevención de

enfermedades, abriendo así la posibilidad para investigaciones futuras que relacione los hongos silvestres comestibles con alimentos funcionales y su incorporación en la dieta de la población.

XI. REFERENCIAS

- Aguirre-Acosta, E., Ulloa, M., Aguilar, S., Cifuentes, J. y Valenzuela, R. (2014). Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 76-81. DOI: 10.7550/rmb.33649
- Association of Official Analytical Chemist [AOAC]. 1990. Official Methods of Analysis.
- Bello Cervantes, E., Caamal Camaal, L., Montoya Esquivel, A., Trejo Vásquez, R. y Cifuentes Blanco, J. (2018). Importancia cultural de los hongos silvestres útiles en San Pedro Tlalcuapan, Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala. *Regiones y Desarrollo sustentable*, 18(35).
- Borovička, J. y Řanda, Z. (2007). Distribution of iron, cobalt, zinc, and selenium in macrofungi. *Mycol Progress*, 6, 249–259. DOI 10.1007/s11557-007-0544-y
- Burrola-Aguilar, C., Garibay-Orijel, R., Hernández-Telléz, M. (2012). Los hongos comestibles silvestres del Estado de México: Propuesta para su aprovechamiento. Los hongos silvestres. En J. Sánchez y G. Mata (Eds.), *Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica*. Editorial El Colegio de la Frontera Sur. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1016/1/0000522251_documento.pdf
- Cano-Estrada, Araceli, & Romero-Bautista, Leticia. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. *Revista chilena de nutrición*, 43(1), 75-80. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100011>
- Di Anibal, C., Farenzena, S., Rodríguez, M.S. et al. Chemical composition and nutritional value of Argentine commercial edible mushrooms. *J. Verbr. Lebensm.* 10, 155–164 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00003-015-0937-9>

- Domínguez Romero, D., Arzaluz Reyes, I., Valdés Valdés, C. y Romero Popoca, P. (2015). Uso y manejo de hongos silvestres en cinco comunidades del municipio de Ocoyoacac, estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18(2), 133 – 143.
- Falandysz, J. y Borovička, J. (2013). Macro and trace mineral constituents and radionuclides in mushrooms: health benefits and risks. *Appl Microbiol Biotechnol*, 97, 477-501. DOI 10.1007/s00253-012-4552-8
- Ferreira, I., Fernandes, A. y Heleno, S. (2017). Chemical, Nutritional, and Bioactive Potential of Mushroom. *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*. John Wiley & Sons Ltd. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch21>
- Flores, R. V. (2019). Fibra dietaria: una alternativa para la alimentación. *Ingeniería Industrial*, (37), 229-242. DOI: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2019.n037.4550>
- Garcés de Granada, E., Correa de Restrepo, M., Coba de Gutierrez, B., Orozco de Amézquita, M., Zapata, A., Anacona Chingana, A. y Sabogal, S. (2003). Morfología y clasificación de los hongos. Universidad Nacional de Colombia.
- Garibay-Orijel, R., Caballero, J., Estrada-Torres, A. y Cifuentes, J. (2007). Understanding cultural significance, the edible mushrooms case. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3(4). DOI:10.1186/1746-4269-3-4
- González, Horacio F, & Visentin, Silvana. (2016). Nutrientes y neurodesarrollo: Lípidos. Actualización. *Archivos argentinos de pediatría*, 114(5), 472-476. <https://dx.doi.org/10.5546/aap.2016.472>
- González-Morales, Azucena, Ribas-Aparicio, Rosa María, & Burrola-Aguilar, Cristina. (2021). Actividad antioxidante de hongos silvestres consumidos tradicionalmente en el centro de México. *Scientia fungorum*, 52, e1410. Epub 09 de mayo de 2022. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1410>

- Guzmán, G. (1998). Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México (Ensayo sobre el inventario fúngico del país). In La diversidad biológica de Iberoamérica II, G. Halffter (ed.). Acta Zoológica Mexicana, nueva serie vol. Especial, CYTED e Instituto de Ecología, Xalapa. p. 111-175.
- Kibby, G. (2012). The hygrophoropsis aurantiaca complex. *Field Mycology* 13(2), 43–50. DOI:10.1016/j.fldmyc.2012.03.004
- Kuhar, F., Castiglia, V. y Papinutti, L. (2013). Reino Fungi: morfología y estructuras de los hongos. *Revista boletín biológica* 28.
- Lara-Vázquez, F., Romero-Contreras, A.T., Burrola-Aguirre, C. (2013). Conocimiento tradicional sobre los hongos silvestres en la comunidad Otomí de San Pedro Arriba; Temoaya, Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*.
- Lemin, M., Vázquez, A. y Chacón, S. (2010). Etnomicología y comercialización de hongos en mercados de tres poblados del noroeste del estado de Puebla, México. *BRENESIA* 73(74), 58-63.
- López Dominguez, J. y Acosta Pérez, R. (2005). Descripción del Parque Nacional La Malinche. En J.A. Fernández Fernández y J.C.López-Domínguez. Biodiversidad del Parque Nacional Malinche, Tlaxcala, México.
- Manual Megazyme, "TOTAL DIETARY FIBRE" Assay procedure 34 35 K-TDFR 2011
- Mares Quiñones M.D. (2014). Análisis de componentes antioxidantes en hongos silvestres comestibles consumidos en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. [Tesis de maestría]. Instituto Politécnico Nacional.
- Marín-Castro, M., Silva-Díaz, V., Linares-Fleites, G., Castagnino, A. y Ticante-Roldan, J. (2015). La biodiversidad de los hongos ectomicorrízicos y su importancia para la conservación del bosque en la zona poblana del Parque Nacional Malintzi. *Estudios en Biodiversidad*, 1.

- Mata, G. Salmones, D. (s.f.). México, pueblo que come hongos, especies silvestres y cocina nacional. INECOL Instituto de Ecología, A.C. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1067-mexico-pueblo-que-come-hongos-especies-silvestres-y-cocina-nacional>
- Merino Alcántara, D. (2019). Pirineos 2018. *Micobotánica-Jaén. Año XIV* N° 2. <http://www.micobotanicajaen.com/Revista/Articulos/DMerinoA/Pirineos2018/Pirineos2018.pdf>
- Next Vision Limited LLC Company. (2023). Picture Mushroom [Software]. Disponible en <https://picturemushroom.com/es/app>
- Nieto-Ramírez, I. J., Rojas-Luna, R., & Suarez, C. (2012). Evaluación del estipite de Shiitake como aportante de fibra y bioactivos con miras a su empleo en alimentos funcionales. *Vitae*, 19(1), S331-S333.
- Pérez Moreno, J. (2012). Los hongos silvestres. En J. Sánchez y G. Mata (Eds.), *Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica*. Editorial El Colegio de la Frontera Sur. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1016/1/0000522251_documento.pdf
- Ruan-Soto, F., Cifuentes, J., Pérez-Ramírez, L., Ordaz-Velázquez, M. y Caballero, J. (2021). Hongos macroscópicos de interés cultural en los Altos de Chiapas y la selva Lacandona, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3525>

XII. ANEXO 1



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
COLEGIO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Entrevista dirigida a estudiantes de la FIQ, para obtener datos que permita conocer el consumo de hongos silvestres comestibles.

La información que proporcione será estrictamente confidencial, no se utilizara para otro fin que no sea académico.

Edad: _____

Entidad de origen: _____

1. ¿Conoces algún hongo comestible?
Si: ____ No: ____
2. Si tu respuesta fue SI, ¿qué tipo de hongo comestible conoces?
3. ¿Conoces los hongos **silvestres** comestibles o también conocidos como hongos de temporal?
Si: ____ No: ____
4. Si tu respuesta fue NO, ¿a qué crees que se deba tu desconocimiento sobre los hongos silvestres comestibles?
 - Falta de conocimiento general sobre los hongos
 - Falta de información nutrimental sobre los hongos silvestres comestibles
 - Falta de acceso a este tipo de hongos
 - Otra: _____
5. Si tu respuesta fue SI, ¿qué hongos **silvestres** comestibles conoces? Menciona el nombre con el que los conoces y el lugar de donde provienen. (Omitir setas, champiñón y huitlacoche)
6. ¿Has consumido hongos **silvestres** comestibles?
Si: ____ No: ____
7. Si tu respuesta fue SI, ¿de qué manera los has consumido?
8. ¿Dónde crees que se encuentran los hongos silvestres comestibles?
9. ¿Has consumido algún hongo proveniente del Parque Nacional La Malinche?
Si: ____ No: ____
10. ¿Consideras que los hongos silvestres comestibles son fundamentales para la dieta mexicana? Si, No, ¿Por qué?
11. ¿Te gustaría tener mayor acceso a información sobre los hongos **silvestres** comestibles?
12. ¿Qué tipo de información te gustaría saber sobre los hongos?

Figura 33. Encuesta dirigida a la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería Química, BUAP.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
COLEGIO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Entrevista dirigida a los habitantes de la comunidad de Zacapalco, Morelos, para obtener datos que permita conocer el consumo de hongos silvestres comestibles.

La información que proporcione será estrictamente confidencial, no se utilizara para otro fin que no sea académico.

Edad: _____

1. ¿Conoces algún hongo comestible?

Si: ____ No: ____

2. Si tu respuesta fue SI, ¿qué tipo de hongo comestible conoces?

3. ¿Conoces los hongos **silvestres** comestibles o también conocidos como hongos de temporal?

Si: ____ No: ____

4. Si tu respuesta fue NO, ¿a qué crees que se deba tu desconocimiento sobre los hongos silvestres comestibles?

- Falta de conocimiento general sobre los hongos
- Falta de información nutrimental sobre los hongos silvestres comestibles
- Falta de acceso a este tipo de hongos
- Otra: _____

5. Si tu respuesta fue SI, ¿qué hongos **silvestres** comestibles conoces? Menciona el nombre con el que los conoces y el lugar de donde provienen. (Omitir setas, champiñón y huitlacoche)

6. ¿Has consumido hongos **silvestres** comestibles?

Si: ____ No: ____

7. Si tu respuesta fue SI, ¿de qué manera los has consumido?

8. ¿Dónde crees que se encuentran los hongos silvestres comestibles?

9. ¿Consideras que los hongos silvestres comestibles son fundamentales para la dieta mexicana? Si, No, ¿Por qué?

10. ¿Te gustaría tener mayor acceso a información sobre los hongos **silvestres** comestibles?

Si: ____ No: ____

11. ¿Qué tipo de información te gustaría saber sobre los hongos?

Figura 34. Ejemplo de la encuesta dirigida a la población de Zacapalco, Morelos

XIII. ANEXO 2

Tabla 8. Resultados de compuestos fenólicos totales.

Nombre científico: <i>Hygrophoropsis aurantiaca</i>										
Nombre común: Brindis										
REPETICIÓN	METODO DE EXTRACCIÓN	Peso fresco muestra (g)	% materia seca	Peso muestra seca (g)	CONCENTRACIÓN g/MI	ABS .	CALCULO CURVA	FACTOR DE DILUCIÓN	CONCENTRACIÓN FINAL (mg AGE/ml)	CONCENTRACIÓN FINAL (mg AGE/ g hs)
1	Maceración	0.5	90	0.45	0.1	0.776	0.287	5	1.436	3.190
2	Maceración	0.5	90	0.45	0.1	0.838	0.313	5	1.564	3.475
3	Maceración	0.5	90	0.45	0.1	0.763	0.282	5	1.409	3.130
1	Ultrasonido	0.5	90	0.45	0.1	0.667	0.242	5	1.210	2.689
2	Ultrasonido	0.5	90	0.45	0.1	0.719	0.264	5	1.318	2.928
3	Ultrasonido	0.5	90	0.45	0.1	0.737	0.271	5	1.355	3.011

** mgAG= miligramos de ácido gálico; mgEAG= miligramos de equivalentes de ácido gálico

Tabla 9. Resultados obtenidos de Actividad Antioxidante mediante los métodos de ABTS y DPPH.

Método de extracción	Repetición	Antioxidantes por ABTS			Antioxidante DPPH		
		ABS i	ABS f	% Inhibición	ABS i	ABS f	% Inhibición
Maceración	1	0.702	0.411	70.80	0.719	0.244	66.06
	2	0.701	0.417	68.11	0.712	0.244	65.73
	3	0.701	0.413	69.73	0.706	0.244	65.44
Ultrasonido	1	0.702	0.405	73.33	0.700	0.226	67.71
	2	0.701	0.400	75.25	0.694	0.226	67.44
	3	0.709	0.410	72.93	0.685	0.226	67.01

XIV. ANEXO 3

DISEÑO ESTADÍSTICO COMPLETAMENTE AL AZAR

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados en el software SAS® OnDemand for Academics (Statistical Analysis System) bajo un diseño completamente al azar.

Análisis de varianza de compuestos fenólicos totales de dos métodos de extracción: maceración y ultrasonido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Método de extracción	1	0.29562550	0.09854183	3.57	0.2265
Error	2	0.05520400	0.02760200		
Total	5	0.35082950			

Análisis de varianza de capacidad antioxidante por ABTS de dos métodos de extracción: maceración y ultrasonido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Método de extracción	1	28.14678333	9.38226111	3.02	0.2583
Error	2	6.20410000	3.10205000		
Total	5	34.35088333			

Análisis de varianza de compuestos por DPPH de dos métodos de extracción: maceración y ultrasonido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Método de extracción	1	4.48761667	1.49587222	606.43	0.0016
Error	2	0.00493333	0.00246667		
Total	5	4.49255000			