



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS

CENTRO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS

Revisión y estudio del perfil químico del hongo *Hericium erinaceus* mediante el uso de Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN DISEÑO MOLECULAR Y NANOQUÍMICA

PRESENTA:

TÉXSON SEALTIEL APARICIO VALDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. MA. YOLANDA RIOS GÓMEZ

CUERNAVACA, MORELOS

JUNIO 2023

In memoriam

Al Doctor León, que a todos sus alumnos nos guio para entender que, para nosotros los químicos, el mundo y sus interacciones son más de lo que el ojo puede ver.



El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio 327 de Química Analítica de Productos Naturales, del Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, bajo la dirección del Dr. Ismael León Rivera. A causa de su deceso, la dirección del proyecto quedó en manos de la Dra. Ma. Yolanda Rios Gómez.



Los hongos utilizados para la realización de este proyecto fueron cultivados en el Laboratorio de Micología, del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, con la asesoría de Jessica Jazmín Jalate Garrido, el M. En C. Elizur Montiel Arcos y el Dr. Isaac Tello Salgado.

COMITÉ REVISOR

DRA. LAURA PATRICIA ÁLVAREZ BERBER

DR. VICTOR BARBA LÓPEZ

DRA. MA. YOLANDA RIOS GÓMEZ

DR. ISAAC TELLO SALGADO

DR. HUGO ALBEIRO SALDARRIAGA NOREÑA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y un espacio para lograr esto.

Al Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas (IICBA), y al Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) por brindarme un espacio en sus salones, áreas verdes, laboratorios y auditorios.

Al Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) por brindarme un espacio de trabajo en sus laboratorios para cultivar los hongos estudiados en esta investigación.

Al Laboratorio de Cromatografía de Gases-Masas del CIQ por darme un espacio en tiempo de análisis para poder llevar a cabo mi trabajo y en especial a la Técnico Laboratorista María Gregoria Medina Pintor por apoyarme con la preparación, revisión y corrección de algunas de esas muestras, sin contar la paciencia y conocimiento brindado.

Al Dr. Ismael León por haberme acompañado desde el tercer semestre de la carrera, darme un seguimiento constante en mis progresos, no solo en sus materias, sino en todas las demás e incluso en mi acontecer diario. Por haberme abierto las puertas a su laboratorio, compartir sus conocimientos, su gusto por la naturaleza. También por ayudarme a entender que a veces, aunque las cosas podrían ser más, son lo que son y eso está bien, debemos salir adelante con eso. Y, por último, pero no menos importante, por haber confiado en mí más de lo que yo lo he hecho.

A la Dra. Yolanda Rios por apoyarme en un primer momento con conocimientos en la instrumentación analítica, ánimos para continuar con mis actividades y eventualmente con mucha paciencia, tiempo y aún más conocimientos en los productos naturales para concluir satisfactoriamente mi tesis.

Al Dr. Víctor Barba por darme respaldo como tutor durante toda mi estadía en la carrera, revisando la continuidad de todos mis procesos administrativos y extracurriculares

Al Dr. Hugo Saldarriaga por apoyarme con las revisiones para corregir algunas partes importantes de la estructura de mi escrito.

A las personas que me apoyaron con conocimientos, tiempo y ánimos en el CIB, el Maestro Elizur Montiel, el Dr. Isaac Tello y especialmente a mi amiga Jessica Garrido, quien me compartió sus conocimientos y pasión por los hongos.

De igual manera agradezco a todos mis demás profesores, a mi familia y amigos por brindarme su apoyo, por darme la oportunidad de desarrollar nuevas habilidades en compañía de ellos y darme un momento cuando no todo iba de lo mejor.

Contenido

Índice de figuras	3
Índice de tablas.....	5
Abreviaturas y siglas.....	6
Introducción	7
Justificación	9
Hipótesis.....	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos.....	10
Marco teórico.....	11
Los hongos hoy en día	11
Contexto general de los hongos.....	12
Las propiedades de los hongos.....	15
Crecimiento de los hongos	17
Cromatografía de gases.....	21
Espectrometría de masas.....	23
Antecedentes.....	29
Primeras nociones de <i>Hericiium erinaceus</i>	29
La química de <i>Hericiium erinaceus</i>	32
El género <i>Hericiium</i>	51
Materiales y Métodos.....	53
Información química para <i>H. erinaceus</i>	53
Material fúngico y cultivo	54
Cultivo de micelios	56
Medios de cultivo	58
Aislamiento y caracterización de metabolitos	60
Comparación del perfil químico	63
Resultados.....	64
Discusión	72
Conclusiones	76
Perspectivas	77
Bibliografía.....	78
Anexos y apéndices.....	92

Índice de figuras

Figura 1. Huitlacoche o <i>Mycosarcoma maydis</i> ⁵	8
Figura 2. <i>Amanita muscaria</i> u hongo matamoscas, hongo venenoso famoso. ⁷	12
Figura 3. Morfología de un hongo ⁹	13
Figura 4. Cultivo de setas en recipientes pequeños ¹⁰	14
Figura 5. Cuerpo fructífero de champiñón común o <i>Agaricus bisporus</i> (a) ¹⁴ , shiitake o <i>Lentinula edodes</i> (b) ¹⁵ , setas o <i>Pleurotus</i> spp (c) ¹⁶ y enoki o <i>Flammulina velutipes</i> (d) ¹⁷ . 17	
Figura 6. Estructura de la celulosa.....	18
Figura 7. Estructura de una hemicelulosa.....	19
Figura 8. Fragmento de la estructura de la lignina ²²	20
Figura 9. Esquema simplificado de un cromatógrafo de gases. ²³	22
Figura 10. Cromatograma ejemplo de muestra de <i>Hericiium erinaceus</i>	23
Figura 11. Esquema de fuente de ionización por impacto electrónico. ²⁴	24
Figura 12. Diagrama de funcionamiento del sistema ESI. ²⁵	25
Figura 13. Esquema de composición de un espectrómetro de masas. ²⁶	26
Figura 14. Comparación de dos espectros de masas (A y B) de compuestos aromáticos diferentes.....	27
Figura 15. Cuerpo fructífero de <i>Hericiium erinaceus</i> . ²⁷	29
Figura 16. Cuerpo fructífero de <i>Hericiium coralloides</i> . ²⁸	30
Figura 17. Similitud estructural entre los compuestos de <i>H. coralloides</i> y hericenona A. . 31	
Figura 18. Estructuras de compuestos 11 a 24 presentes en <i>H. erinaceus</i>	32
Figura 19. Estructuras de compuestos 6 y 25 a 43 presentes en <i>H. erinaceus</i>	33
Figura 20. Estructuras de compuestos 44 a 60 presentes en <i>H. erinaceus</i>	34
Figura 21. Estructuras de compuestos 61 a 65 presentes en <i>H. erinaceus</i>	35
Figura 22. Estructuras de compuestos 66 a 76 presentes en <i>H. erinaceus</i>	35
Figura 23. Estructuras de compuestos 77 a 93 presentes en <i>H. erinaceus</i>	36
Figura 24. Estructuras de compuestos 94 a 97 presentes en <i>H. erinaceus</i>	37
Figura 25. Estructura de compuesto 98.....	37
Figura 26. Cuerpos fructíferos de <i>H. erinaceus</i> secos.....	54
Figura 27. Más ejemplares de cuerpos fructíferos de HE.....	55
Figura 28. Cuerpo fructífero y biomasa de HE creciendo en cultivo sumergido.....	55
Figura 29. Biomasa de HE creciendo en cultivo sumergido.....	56
Figura 30. Primeros cultivos en caja Petri de HE.....	56
Figura 31. Cuerpo fructífero con tres meses de crecimiento.....	57

Figura 32. Cuerpo fructífero fresco (a) y seco (b)	58
Figura 33. Cultivo en caja Petri con un mes de crecimiento en medio malta-cereal (a) y malta-sacarosa (b).....	58
Figura 34. Cultivo sumergido con un mes de crecimiento en medio malta-cereal (a) y sacarosa (b)	59
Figura 35. Proceso de filtrado de extracciones	60
Figura 36. Extracto en cromatografía en columna.....	61
Figura 37. Etapas de purificación de extracciones.....	63
Figura 38. Cromatograma de extracto rotaevaporado de BMA en CH ₂ Cl ₂	64
Figura 39. Cuerpos fructíferos secos de <i>H. erinaceus</i>	92
Figura 40. Cuerpos fructíferos secos y cuerpo apenas en crecimiento de <i>H. erinaceus</i> ...	93
Figura 41. Micelio en varios períodos de crecimiento de <i>H. erinaceus</i> creciendo en malta-cereal.....	94
Figura 42. Cuerpos fructíferos de <i>H. erinaceus</i> cultivados en medio sumergido de malta-cereal.....	95
Figura 43. Micelio y un pequeño cuerpo fructífero, todo proveniente de crecimiento de <i>H. erinaceus</i> cultivado en malta-sacarosa	96
Figura 44. Cultivo en medio sumergido de <i>H. erinaceus</i> utilizando malta-sacarosa	97

Índice de tablas

Tabla 1. Nutrientes por cada 100 g de las 4 especies de hongos más cultivadas en el mundo.	16
Tabla 2. Compuestos presentes en <i>Hericiium erinaceus</i> y su actividad biológica.	38
Tabla 3. Compuestos volátiles y volatilizables presentes en <i>H. erinaceus</i>	43
Tabla 4. Características de muestras para ser analizadas mediante GC-MS.....	62
Tabla 5. Compuestos identificados mediante análisis por GC-MS de <i>Hericiium erinaceus</i>	68
Tabla 6. Compuestos volátiles y volatilizables obtenidos de <i>H. erinaceus</i> con actividad biológica.	70
Tabla 7. Compuestos con mayor presencia por muestra (selección por dos criterios)	74

Abreviaturas y siglas

- GC-MS: Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (abreviado por sus siglas en inglés)
- NGF: Síntesis del factor de crecimiento nervioso (abreviado por sus siglas en inglés)
- RMN: Resonancia magnética nuclear
- EI: Impacto electrónico (abreviado por sus siglas en inglés)
- ESI: Ionización por electrospray (abreviado por sus siglas en inglés)
- SQ: Cuadrapolo simple (abreviado por sus siglas en inglés)
- QQQ: Triple cuadrapolo (abreviado por sus siglas en inglés)
- TOF: Tiempo de vuelo (abreviado por sus siglas en inglés)
- QTOF: Cuadrapolo - tiempo de vuelo (abreviado por sus siglas en inglés)
- MRSA: Actividad contra infecciones por *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (abreviado por sus siglas en inglés)
- BMA: Biomasa de medio agotado
- HE: *Hericiium erinaceus*
- Malta-cereal: Fuente de carbono de malta y cereal, tanto para cultivo en caja Petri como para cultivo sumergido
- AUC: Área bajo la curva (abreviado por sus siglas en inglés)
- GABA: Ácido gamma-aminobutírico (abreviado por sus siglas en inglés)

Introducción

Hoy en día existen muchas enfermedades neurodegenerativas que afectan a diversas partes de la población, a veces sin causa aparente, como el Alzheimer, el Parkinson o la enfermedad de Huntington. Estas enfermedades pueden ser causadas por distintos tipos de hábitos o herencia genética. Para todas ellas, la búsqueda de tratamientos que puedan contrarrestar o aminorar los síntomas continúa. Existen informes en la literatura que indican que en la medicina tradicional china y japonesa se han usado hongos medicinales comestibles para tratar padecimientos neurológicos; uno de los hongos al que se hace referencia con estas propiedades es *Hericiium erinaceus*, conocido comúnmente como “melena de león”.¹

La medicación con fármacos para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas ha funcionado solo para aminorar sus síntomas. Para el caso del Alzheimer se tiene el postulado siguiente: “El Alzheimer es una enfermedad para la que no existe ningún tratamiento eficaz. Para ser claros, no existe ningún agente farmacéutico, ninguna píldora mágica que un médico pueda recetar que tenga un efecto significativo en el curso progresivo de esta enfermedad.”² Este postulado puede aplicarse también para el resto de las enfermedades neurodegenerativas. De acuerdo con esta aseveración, la situación con respecto a estas enfermedades puede verse muy oscura, sin embargo, podemos decir que realmente aún queda mucho por descubrir respecto de las mismas y de su tratamiento exitoso.

Los productos naturales, como los hongos comestibles medicinales, pueden llegar a constituir una posible solución a las causas de estas dolencias, e incluso para las de muchas otras enfermedades más de diversa índole, como el cáncer, la tuberculosis, la hepatitis, las enfermedades infecciosas, entre otras.

El potencial biológico de los hongos se extiende a muchas especies, Además se ha descubierto que contienen mayor cantidad de nutrientes que varias comidas vegetales. Se ha mencionado la presencia de vitamina B1, B2, B3, B5, B6, B7, y B12, también se hace referencia a la presencia de vitamina D, lo que hace a los hongos el único alimento de origen no animal que la contiene. Se ha reportado a su

vez presencia de minerales, como potasio, calcio, fosforo y magnesio. Además, se han detectado elementos traza como selenio y cobre.³

Otro ejemplo relacionado con este potencial nutraceútico es el contenido en proteína del huitlacoche (*Mycosarcoma maydis*, Figura 1), un hongo comestible tradicional mexicano, que es del 9.7% al 16.4%, lo que lo hace superior en contenido proteínico a comparación del propio maíz (*Zea mays*), planta de la que es huésped, que es del 10%.⁴



Figura 1. Huitlacoche o *Mycosarcoma maydis*⁵

En el presente trabajo se realiza una recopilación de la información existente sobre la micoquímica de la especie *Hericium erinaceus*, un hongo recolectado en el estado de Morelos. Adicionalmente, se utilizan métodos de química analítica orgánica, en específico de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS por sus siglas en inglés), para la determinación de los metabolitos secundarios detectables por esta técnica, presentes en el cuerpo fructífero y micelio del hongo, los cuáles podrían llegar a constituir moléculas candidato a ensayos preclínicos y clínicos, en la búsqueda de tratamientos para las enfermedades neurodegenerativas actuales.

Justificación

Los hongos se han utilizado durante mucho tiempo, no solo como alimento, sino también para el tratamiento de diversas dolencias. En México y en particular en el estado de Morelos, el consumo de hongos ha sido parte de la dieta de la población, pero no se había considerado su potencialidad en torno a diversas actividades biológicas.

Reportes en la literatura han mostrado que hongos culinarios pueden desempeñar un papel importante en la prevención de muchas disfunciones neurológicas asociadas con la edad, incluidas las enfermedades de Alzheimer y Parkinson.

Los cuerpos fructíferos de varios hongos, los extractos de basidiocarpos y de micelios, así como sus compuestos aislados, han mostrado disminuir la neurotoxicidad inducida por β -amiloide, y presentar efectos anti-acetilcolinesterasa, síntesis del factor de crecimiento nervioso (NGF), efectos neuroprotectores, antioxidantes y anti (neuro) inflamatorios. Por lo que algunos hongos comestibles pueden considerarse agentes terapéuticos útiles en el manejo y/o tratamiento de enfermedades neurodegenerativas.¹

En el presente trabajo se considera el cultivo y estudio micoquímico del hongo comestible *Hericium erinaceus*, como fuente potencial de sustancias neuroprotectoras.

Hipótesis

De acuerdo con la información micoquímica reportada para el hongo *Hericiium erinaceus* y con su actividad biológica relacionada, el estudio químico de los extractos de cuerpo fructífero y micelio mediante GC-MS permitirá identificar compuestos de tipo terpenoide y policétido como su perfil químico.

Objetivo General

Determinar mediante GC-MS los principales metabolitos producidos por cultivos del hongo *Hericiium erinaceus* y relacionarlos con aquellos previamente reportados para esta especie, así como con sus actividades farmacológicas.

Objetivos Específicos

- Recabar, organizar y sintetizar la información del perfil químico y las actividades farmacológicas proveniente de investigaciones previas realizadas a *Hericiium erinaceus* y publicada en fuentes bibliográficas.
- Cultivar el micelio y el cuerpo fructífero *in vitro* del hongo *Hericiium erinaceus*.
- Identificar los metabolitos de *Hericiium erinaceus* por medio de GC-MS.
- Relacionar el contenido químico encontrado experimentalmente con el previamente reportado para este hongo.
- Establecer si existe asociación entre su contenido químico con las actividades farmacológicas previamente reportadas para el mismo.

Marco teórico

Los hongos hoy en día

Es bien sabido que hoy en día uno de los problemas principales en el mundo es la alimentación. Desde hace décadas, la falta de alimentos ha sido una situación grave en muchas comunidades por todo el mundo, y se ha vuelto una de las principales preocupaciones en las agendas de desarrollo mundial, como la agenda 2030 de la ONU, que en su objetivo número dos postula “poner fin al hambre” y doblar la producción de la agricultura.⁶

La falta de alimentos, tanto de origen animal como vegetal, desde frutas y verduras, hasta alimentos en grano, es un problema provocado en parte por la pérdida de cultivos, ya sea por plagas, sequías o inundaciones, y severos problemas climáticos presentes actualmente en el mundo, los cuales no parece que tengan un panorama de mejora para los próximos años.

Se han dado muchas soluciones para diversos problemas a lo largo de un corto periodo de remediación ambiental. Dicho esto, a pesar de que el cambio ha sido progresivo y positivo, se ha dejado un punto importante fuera, que podría aportar un cambio necesario para el mundo.

El cultivo de plantas para consumo humano tiene un gran impacto en la huella ecológica, por la cantidad de agua que se necesita, el terreno de siembra, los fertilizantes y plaguicidas usados, que afectan directamente al agua de riego e incluso el propio cultivo. Este problema podría tener un cambio importante si se optara por la producción y consumo de hongos comestibles para la obtención de algunos nutrientes en los que el hongo pueda tener parte.

Habiendo ampliado este panorama a futuro, se tiene un propósito más allá del mero estudio de los hongos y sus propiedades, el contexto actual lo amerita y da un parteaguas importante para generar conocimiento al respecto.

Contexto general de los hongos

Los hongos son especies muy extrañas que en esencia tienen más preguntas que respuestas para nosotros. Han estado presentes en el planeta tierra desde que lo estuvieron las primeras formas de vida. Han sido los responsables de la descomposición de materia orgánica en muchos tamaños y formas durante eones. Encontraron la manera de reproducirse y extenderse a lo largo de todo el planeta (Figura 2), incluso son capaces de competir con bacterias por espacios de crecimiento, es bajo este principio que existe la penicilina.



Figura 2. *Amanita muscaria* u hongo matamoscas, hongo venenoso famoso.⁷

Su forma real de crecimiento, que es llamado micelio, puede extenderse a lo largo del suelo y hacer “conexiones” entre plantas, como los árboles de un bosque. El micelio cubre las raíces abriendo un paso químico de planta-hongo. Esto lo hacen con la finalidad de buscar nutrientes y lograr que estos lleguen a sus plantas huésped.⁸ A este proceso se le conoce como simbiosis y al nombre en específico de la unión planta-hongo se le denomina micorriza. La morfología de un hongo se muestra en la figura 3.

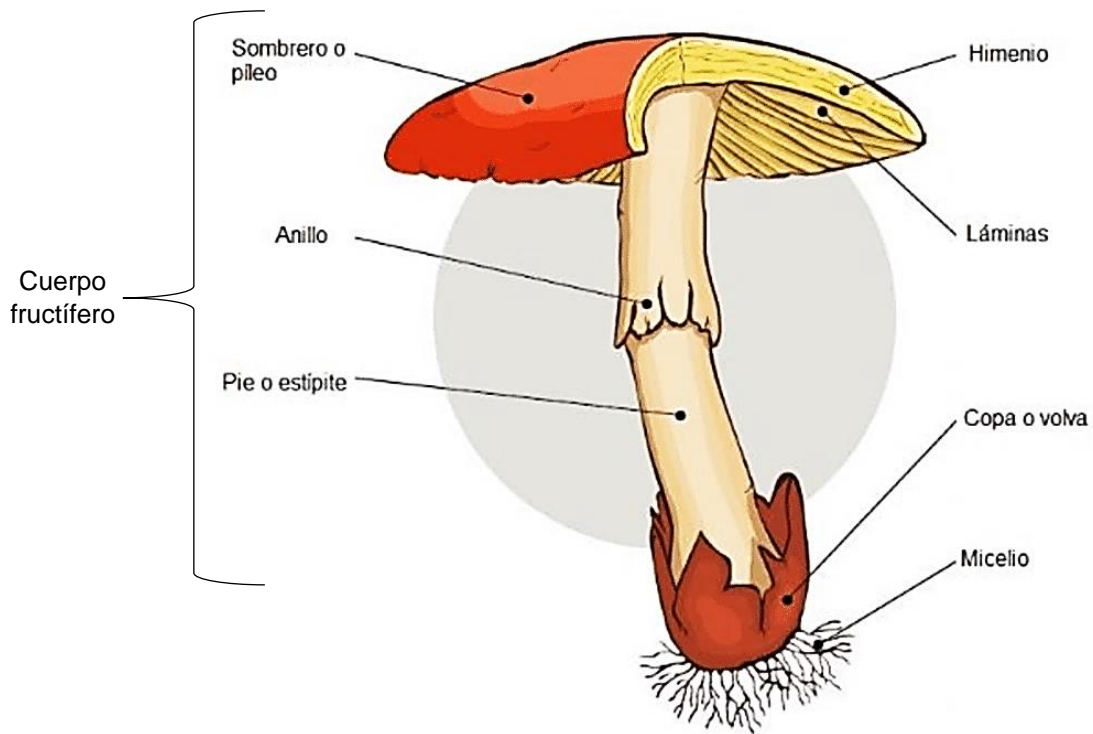


Figura 3. Morfología de un hongo⁹

La increíble capacidad de adaptación de los hongos les ha permitido crecer en lugares sumamente desafiantes, cosa que para el humano es muy buena, pues sabemos que son una fuente de nutrientes muy importante. Para obtener este beneficio debemos llevar a cabo procesos de cultivo de una manera similar a como se hace con las plantas, pero en el caso de los hongos tenemos la ventaja de que, si tenemos el micelio o sus esporas, y tenemos un medio en el que le guste crecer, es prácticamente un hecho que crecerá (Figura 4). Esto se menciona de manera muy optimista e incluso un poco inocente, pero esta idea se basa en el argumento de que, si hacemos una comparación con otras fuentes de alimentos, veremos que cultivar un hongo es más sencillo que cultivar una planta o tener ganado sano para su consumo.



Figura 4. Cultivo de setas en recipientes pequeños¹⁰

Para argumentar lo anterior, debemos entender los factores que están involucrados. Para cultivar una planta o determinada cantidad de plantas que se requieren para alimentar una comunidad, es necesario contar con: un terreno de siembra óptimo, cuidados físicos constantes para procurar su integridad, nutrientes agregados en fertilizantes, cuidados en contra de plagas, temporadas del año y condiciones climáticas indicadas, y además de esto debemos recordar que las plantas pueden tener un solo ciclo de producción de frutos, como es el caso del maíz, o tener varios, como es el caso de los árboles frutales. Además de esto, necesitan llegar a una etapa madura de reproducción para lograrlo.

En el caso de los hongos, debemos tomar en cuenta que para que un cultivo de cuerpo fructífero nos brinde alimento debemos contar con: un lugar donde las condiciones de humedad y temperatura estén controladas, por ejemplo bodegas, esto nos brindará un ambiente que funcionará para producción de alimento todo el año; necesitamos un medio de cultivo, que podrían ser residuos agroforestales de diversas fuentes, el tipo de residuo necesario dependerá del propio cultivo; se requiere un control de hongos invasores, aunque debido a la naturaleza de estas especies, el tener dos hongos diferentes en un solo cultivo generará algo llamado

cocultivo, lo cual llevará a una competencia química y física entre ambos, donde uno eventualmente morirá. Se espera que el hongo cultivado sea quien sobreviva, pues tiene las condiciones óptimas para su crecimiento; no necesita un tiempo extenso para lograr su función de alimento, pues la etapa reproductiva del hongo llegará en un periodo de aproximadamente 40 o 30 días, para ese tiempo se podrá tomar la fructificación, el micelio se quedará en el medio y si este aún cuenta con los nutrientes necesario, crecerá un nuevo cuerpo fructífero.

Las propiedades de los hongos

Los hongos poseen tal capacidad nutrimental, que es sorprendente como fácilmente pueden sustituir otros tipos de alimentos, tales como las carnes. Recientemente, las dietas vegetarianas y veganas se han hecho presentes en muchas partes de la población de todo el mundo, desde jóvenes, hasta adultos mayores, ya sea gracias a usos y costumbres, o por cuestiones ideológicas.

Estás dietas, a pesar de ser consideradas más saludables que la ingesta común, no son nutricionalmente completas, esto es debido a que ciertos nutrientes no pueden ser obtenidos solamente de una dieta basada en productos de origen vegetal.¹¹

Una alternativa viable para esta suplementación en una dieta vegana o vegetariana, son los hongos, los cuales ya son populares entre las personas que siguen estas dietas.

Con respecto a su valor nutricional, en la tabla 1 se presenta información sobre los nutrientes de las cuatro especies de hongos más cultivadas en el mundo en una comparación con respecto a 100 g de materia comestible.¹²

Tabla 1. Nutrientes por cada 100 g de las 4 especies de hongos más cultivadas en el mundo.

Nutriente	<i>Agaricus bisporus</i>	<i>Lentinula edodes</i>	<i>Pleurotus spp</i>	<i>Flammulina velutipes</i>
Humedad (g/100 g)	92.45	89.74	89.18	88.34
Energía (kcal/100 g)	22	34	33	37
Proteína (g/100 g)	3.09	2.24	3.31	2.66
Grasa (g/100 g)	0.34	0.49	0.41	0.29
Ceniza (g/100 g)	0.85	0.73	1.01	0.91
Carbohidratos (g/100 g)	3.26	6.79	6.09	7.81
Fibra dietética (g/100 g)	1.0	2.5	2.3	2.7
Ergosterol (mg/100 g)	56	85	64	36
Calcio (mg/100 g)	3	2	3	0
Cobre (mg/100 g)	0.32	0.14	0.24	0.11
Hierro (mg/100 g)	0.5	0.41	1.33	1.15
Magnesio (mg/100 g)	9	20	18	16
Manganeso (mg/100 g)	0.05	0.23	0.11	0.08
Fósforo (mg/100 g)	86	112	120	105
Potasio (mg/100 g)	318	304	420	359
Selenio (µg/100 g)	9.3	5.7	2.6	2.2
Sodio (mg/100 g)	5	9	18	3
Zinc (mg/100 g)	0.52	1.03	0.77	0.65
Tiamina (mg/100 g)	0.081	0.015	0.125	0.225
Riboflavina (mg/100 g)	0.40	0.22	0.35	0.20
Niacina (mg/100 g)	3.61	3.88	4.96	7.03
Acido pantoténico o vitamina B5 (mg/100 g)	1.50	1.50	1.29	1.35
Piridoxina o vitamina B6 (mg/100 g)	0.10	0.29	0.11	0.10

Proponiendo un pequeño punto de comparación nutricional veremos que, por ejemplo, un total de 100 gramos de carne roja aporta 20.7 gramos de proteínas.¹³ La comparación con el total de 3.09 gramos de proteína que contienen los champiñones es amplia, pero sigue siendo un buen sustituto para la carne. Aunque también existen suplementos alimenticios hechos de hongos, los cuales concentran en mayor cantidad estos nutrientes específicos.

En la figura 5 se presenta la comparación fotográfica de las cuatro especies de hongos mencionados en la tabla 1.



Figura 5. Cuerpo fructífero de champiñón común o *Agaricus bisporus* (a)¹⁴, shiitake o *Lentinula edodes* (b)¹⁵, setas o *Pleurotus* spp (c)¹⁶ y enoki o *Flammulina velutipes* (d)¹⁷

Crecimiento de los hongos

¿Cómo se cultivan los hongos? Los hongos en la naturaleza crecen en prácticamente cualquier medio en donde estén las condiciones necesarias para desarrollar su micelio, entre ellas el pH, la temperatura, la humedad y la composición química del medio.

Como ya habrá visto, al dejar un pan olvidado en la alacena, un hongo, o varios, crecerán, esto es porque el pan actuará como el medio de crecimiento, el cual contendrá para este caso azúcares y harinas, a los cuales se les denomina “fuente de carbono”. Teniendo este medio y las condiciones de temperatura

apropiadas, el hongo seguirá creciendo y pasará a reproducirse. Para estas especies, tal vez no veremos un cuerpo fructífero como estamos acostumbrados a ver en un hongo, ese típico sombrero, pero lo que si veremos será el micelio, que es ese “polvo” verde o blanco que se forma en el pan. Eventualmente este hongo llegará a su etapa reproductiva y seguirá distribuyendo sus esporas.

Retomando el concepto de la fuente de carbono podemos decir que ésta puede ser cualquier materia orgánica; puede tratarse de azúcares, cereales, madera, desechos de producción agrícola, paja, líquidos o comida en general. Hablando específicamente de *H. erinaceus*, éste es un hongo degradador de madera. En estado silvestre crece en árboles como encino o *Quercus*, aunque se reportó que también crece en pino, que es buen medio de crecimiento, habiéndose hecho pruebas con aserrines de estos dos árboles.¹⁸ Con respecto a la temperatura, se encuentra reportado un crecimiento óptimo cuando está entre los 25° y 30° C.¹⁹

Entendida la relación del medio y las cuestiones ya comentadas, ahora analizaremos que ocurre con ellas en un ámbito químico.

Hemos dicho que el hongo de estudio crece en encino y en pino. La madera y el aserrín están caracterizados por ser algo conocido como “materia lignocelulósica”, que es biomasa compuesta por tres componentes principales: celulosa, hemicelulosa y lignina.²⁰

La celulosa es un polímero formado por unidades de glucosa, la cual es un monosacárido o un azúcar. Tal como lo habíamos analizado anteriormente, los hongos necesitan una fuente de carbono, para esto, la biomasa lignocelulósica funciona debido a que contiene este tipo de compuestos. La estructura química de la celulosa se muestra en la figura 6.

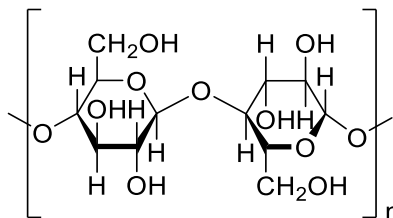


Figura 6. Estructura de la celulosa

La hemicelulosa es un compuesto parecido a la celulosa, pero en ésta, en lugar de tener una estructura bien definida de conjuntos de n miembros de monosacáridos, tendremos conjuntos de diferentes azúcares en una disposición amorfa. Los monosacáridos por los que está formada pueden ser D-glucosa, D-galactosa, D-manosa, D-xilosa, y L-arabinosa. También puede contener ácidos como D-glucurónico, D-galacturónico y metil-galacturónicos. La composición es variable de acuerdo con el origen de la materia, pero el componente principal de la hemicelulosa es el xilano.²¹ Un ejemplo de una posible estructura de este compuesto se ilustra en la figura 7.

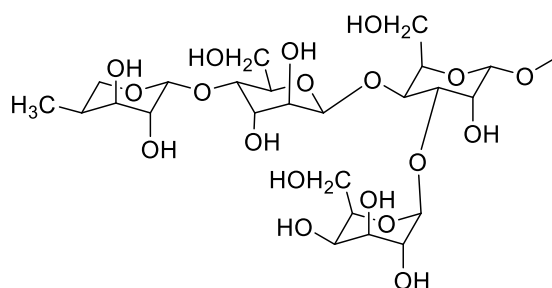
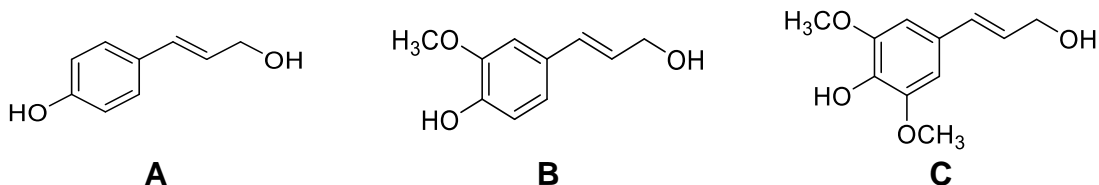


Figura 7. Estructura de una hemicelulosa

La lignina es un polímero fenólico que puede alcanzar el peso de 10 000 Da. No tiene una estructura bien definida, pero está conformado por anillos aromáticos, alcoholes y éteres. Así mismo, se sabe que la lignina se forma con tres componentes principales, el alcohol cumarílico (**A**), Alcohol coniferílico (**B**) y alcohol sinapílico (**C**).²¹ Sus estructuras son las siguientes:



El contenido de lignina para los residuos de madera va del 30 al 60%, esto quiere decir que estos compuestos están presentes en una mayor cantidad que en otro tipo de residuos como, por ejemplo, los residuos agrícolas tienen de un tres a

un 15% de contenido en lignina.²¹ Un ejemplo de la estructura de un fragmento de la lignina se muestra en la imagen de la figura 8.

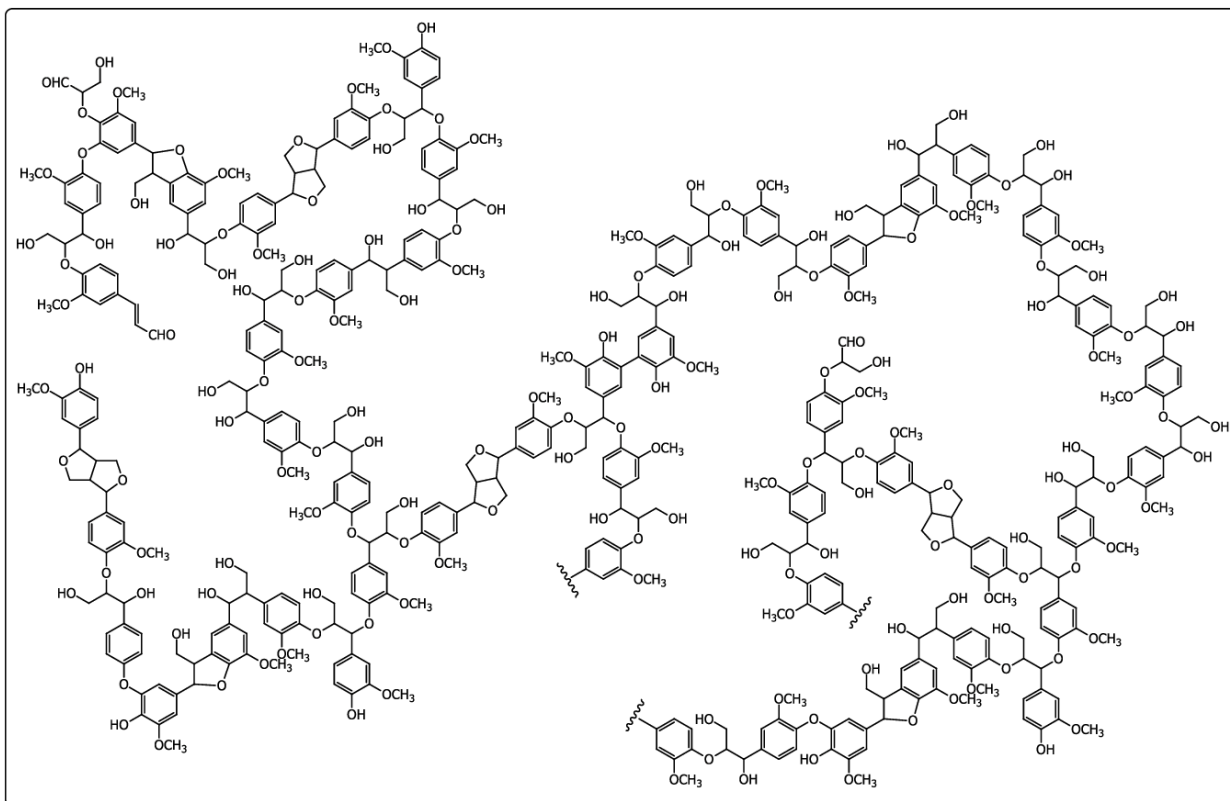


Figura 8. Fragmento de la estructura de la lignina²²

Cromatografía de gases

Teniendo en cuenta la importancia del estudio de los hongos, es necesario mencionar las herramientas que se utilizarán en el presente trabajo, con el objetivo de ampliar la información reportada con respecto a la especie de estudio.

En primera instancia, se debe entender que es la cromatografía. Este término tiene raíces griegas y proviene de la unión de las palabras “chroma” que es color y “grapho” que viene de la acción de escribir. Si se analiza este origen entenderemos el principio de funcionamiento de la técnica, que es en pocas palabras un “registro de colores”. A pesar de esto, la técnica no depende de si una sustancia contiene o no colores. La cromatografía comienza en 1910 gracias a que el botánico ruso Mikhail Tswett descubrió una notable propiedad de unos extractos de plantas de separarse en sus componentes, notándose esto por los colores de cada uno.²³ Desde entonces se aprovecharon las ventajas de la técnica y se siguieron desarrollando mejores equipos para llevar a cabo análisis en prácticamente todas las áreas de la química, biología, medicina, etc.

La cromatografía está presente en diversas variantes, como la cromatografía en capa fina, en columna, de gases (GC), de líquidos de alta eficiencia (HPLC) o de ultra-alta eficiencia (UPLC). Cada una de las técnicas cromatográficas mencionadas funcionan bajo el concepto de separación de componentes, la cual está determinada por la presencia de una fase estacionaria y una fase móvil. La fase móvil se mueve a través de la estacionaria, en este proceso se genera el arrastre de los componentes, los cuales aparecen en ciertos tiempos o en ciertos puntos del proceso cromatográfico. Estas sustancias en su mayoría se verán separadas unas de otras gracias a este principio.

Para la cromatografía de gases se cuenta con un equipo que se caracteriza por la implementación de una columna capilar, que es una columna cromatográfica que cuenta con un diámetro interno de algunos micrómetros y un largo que puede alcanzar hasta los 100 metros. El mismo equipo integra un horno que es el encargado de llevar el proceso más importante de este tipo de cromatografía, que

radica en la detección de compuestos volátiles y volatilizables; estos compuestos deben estar en estado gaseoso durante su elución en la columna y solo serán detectados estos, para compuestos con otra naturaleza existe el sistema de HPLC.

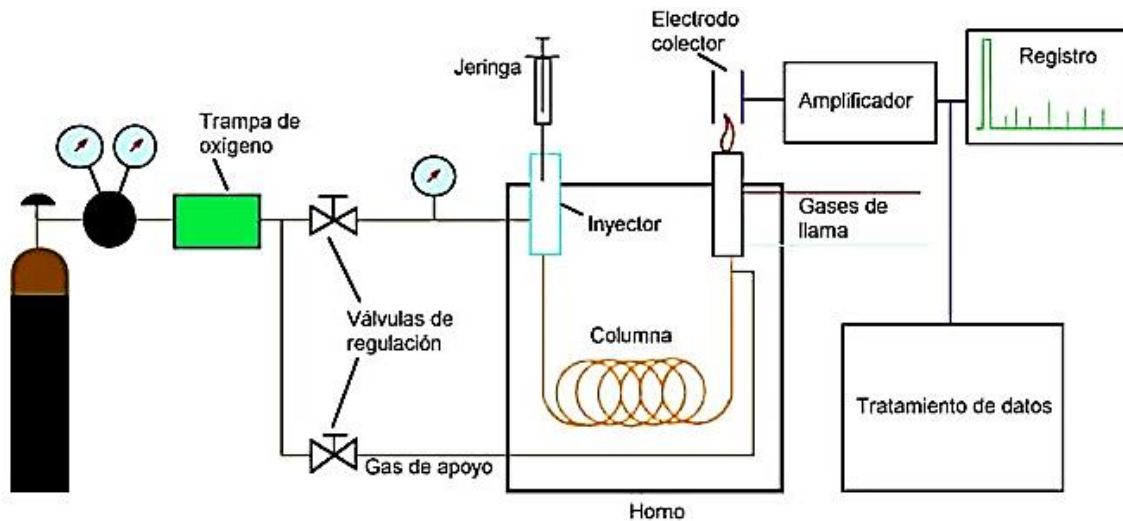


Figura 9. Esquema simplificado de un cromatógrafo de gases.²³

Una vez que los compuestos han eluido por la columna se tendrá información con la separación de todas las sustancias que componen la muestra, esta información será presentada en forma de un cromatograma, cada sustancia detectada es interpretada como un pico cromatográfico y cada uno de estos, como se muestra en la figura 10, presenta un tiempo de retención, que es el tiempo en el que la sustancia eluyó de la columna. El resultado numérico de cada pico cromatográfico se expresa en información de área bajo la curva, que puede ser interpretada en términos de concentración utilizando un debido tratamiento de datos.

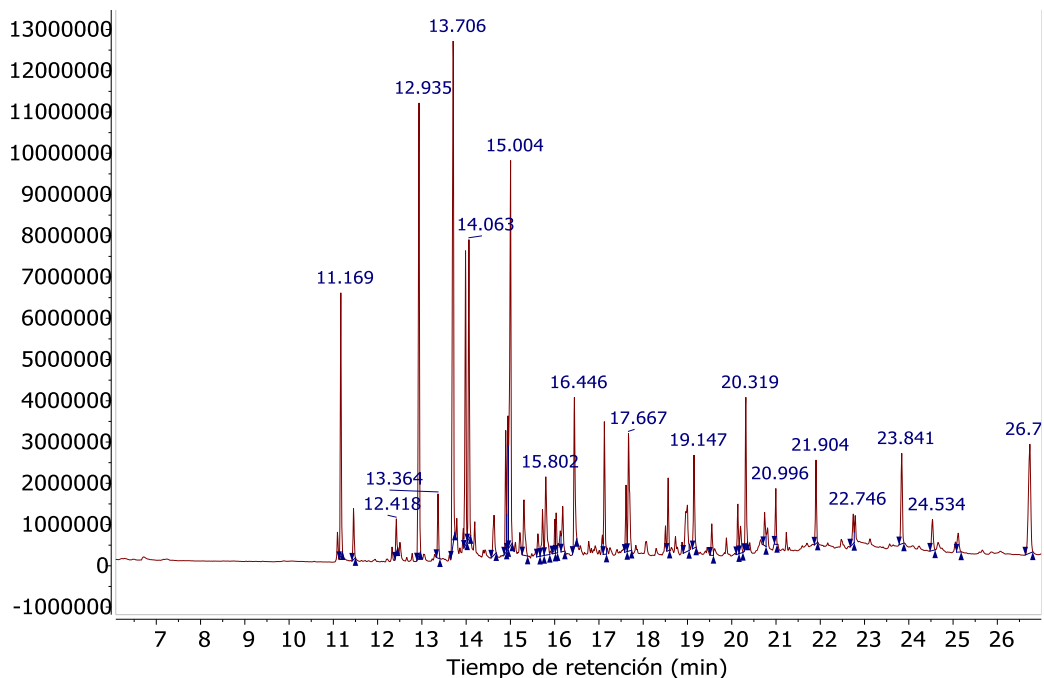


Figura 10. Cromatograma ejemplo de muestra de *Hericium erinaceus*

Espectrometría de masas

Una vez dicho bajo qué principio funciona la cromatografía de gases, tomando en cuenta esto, se debe mencionar el sistema de detección con el que cuenta el cromatógrafo de gases.

La espectrometría de masas es un sistema que comenzó a finales del siglo XIX. El primer aporte que se tuvo de esto fueron los “*Kanalstrahlen*” o rayos canales descubiertos por Eugen Goldstein en 1886 cuando observó que los rayos de descarga de gases a baja presión tenían una dirección hacia la zona positiva cuando eran dirigidos hacia un ánodo y un cátodo. Para 1906 Joseph John Thomson había recibido el Premio Nobel de Física por la demostración experimental de la existencia del electrón midiendo su relación masa-carga usando métodos de deflexión con campos magnéticos y electrónicos.

Thomson, basándose en su trabajo, pero ahora estudiando la parte positiva de los campos como lo hizo Goldstein, estableció el principio de la espectrometría de masas. Tomó gases a baja presión, les indujo una corriente para crear rayos, los

cuales describían parábolas que podían ser capturadas y observadas en placas fotográficas, cada parábola era diferente para cada gas. Él observó que para un gas desconocido se podía calcular su peso atómico o molecular.

Es importante mencionar que, cuando Thomson estaba trabajando con gas neón descubrió que resultaban dos parábolas diferentes, describían pesos atómicos de 20 y 22 relación masa-carga. Él creía que se trataba de una contaminación por CO_2^{+2} , pero en repeticiones del experimento sin contaminaciones de dio cuenta de la existencia de lo que llamó isótopos. En el caso de este experimento se trataban de los isótopos ^{20}Ne y ^{22}Ne .

William Aston, quien fuera uno de los aprendices de Thomson, descubrió nuevos isótopos, que fueron ^{35}Cl y ^{37}Cl , con el resultado de su investigación fue acreedor del Premio Nobel de Química en 1922.

Con respecto a los equipos de espectrometría de masas, los primeros fueron desarrollados por el propio Thomson, pero en 1918 Arthur Dempster introdujo la fuente de ionización de impacto electrónico (EI, por sus siglas en inglés, Figura 11), que es la fuente de ionización más usada para la técnica hasta ahora.²⁴

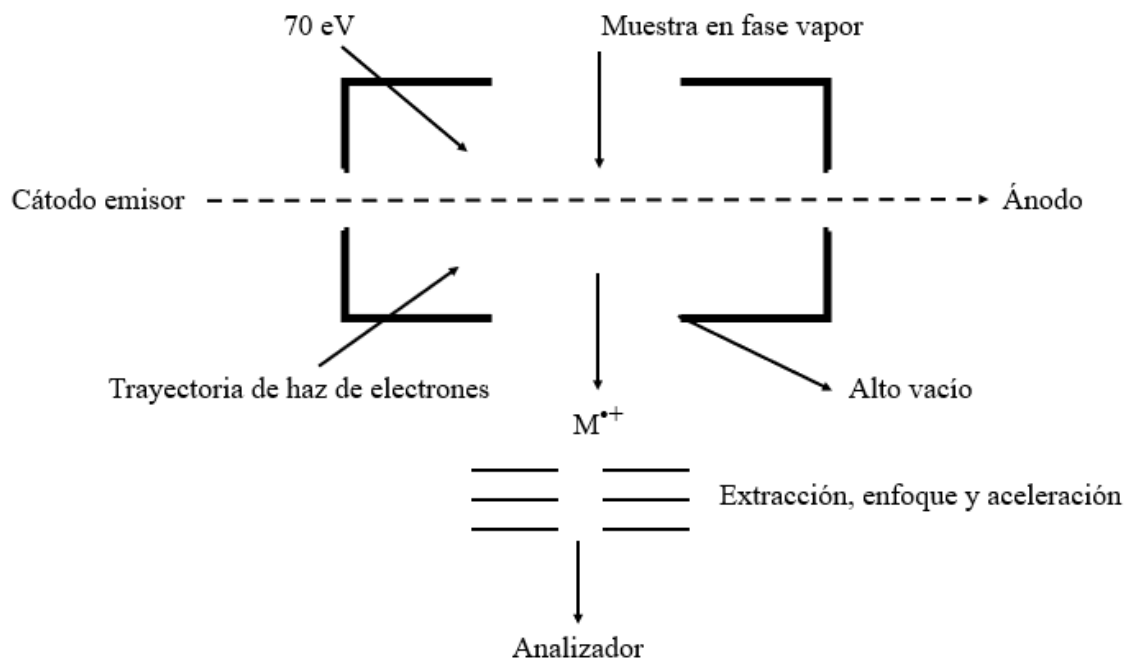


Figura 11. Esquema de fuente de ionización por impacto electrónico.²⁴

Para 1957, Fred McLafferty introdujo el acoplamiento de sistemas de GC-MS, este suceso fue un parteaguas para el desarrollo y la promoción de la técnica a nivel industrial.²⁴

La espectrometría de masas es una técnica que da mucha información sobre la composición del analito, además cuenta con la ventaja de que necesita cantidades muy pequeñas de muestra para el análisis, esto es gracias a su alta sensibilidad.

En los años de existencia de esta técnica se han tenido muchas actualizaciones e invenciones muy importantes que la han revolucionado como, por ejemplo, la técnica de ionización ESI (siglas en inglés para ionización por electrospray, Figura 12). Esta técnica, debido a que no tiene fuente en inducción de energía, no produce los mismos fragmentos que EI, dejando visualizar la estructura completa del compuesto de estudio, más una carga.

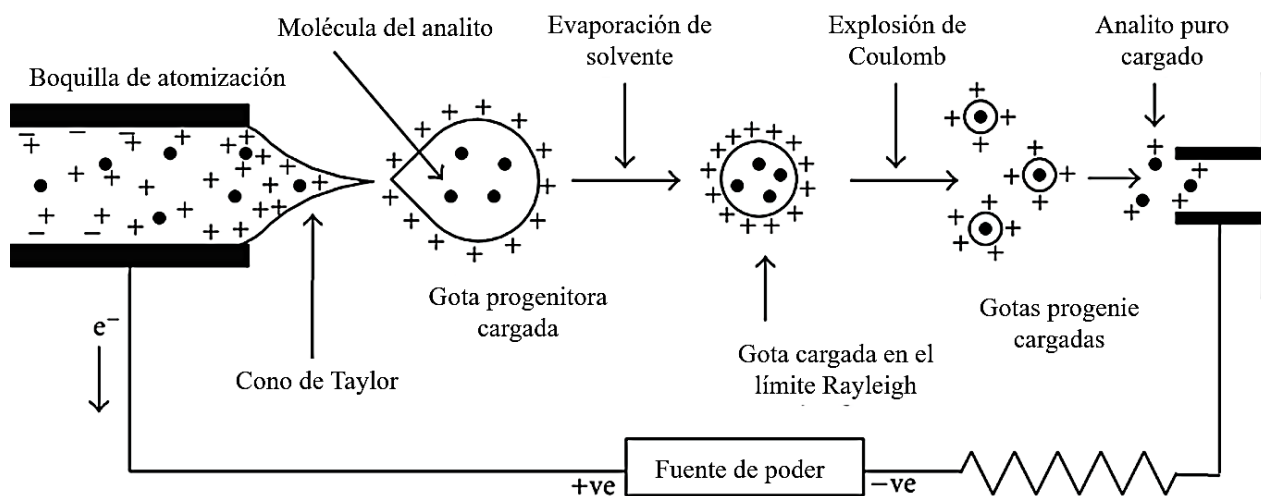


Figura 12. Diagrama de funcionamiento del sistema ESI.²⁵

Además de las fuentes de iones, tenemos los analizadores de masas, los cuales sirven para la separación de iones producidos, dejando solo los de nuestro interés. Algunos nombres de analizadores son cuadrupolo simple, cuadrupolo triple,

tiempo de vuelo y cuadrupolo-tiempo de vuelo (SQ, QQQ, TOF, QTOF, respectivamente, todos abreviados por sus siglas en inglés).

Los diferentes componentes disponibles actualmente para los equipos de espectrometría de masas y su secuencia de funcionamiento se presentan en la figura 13.

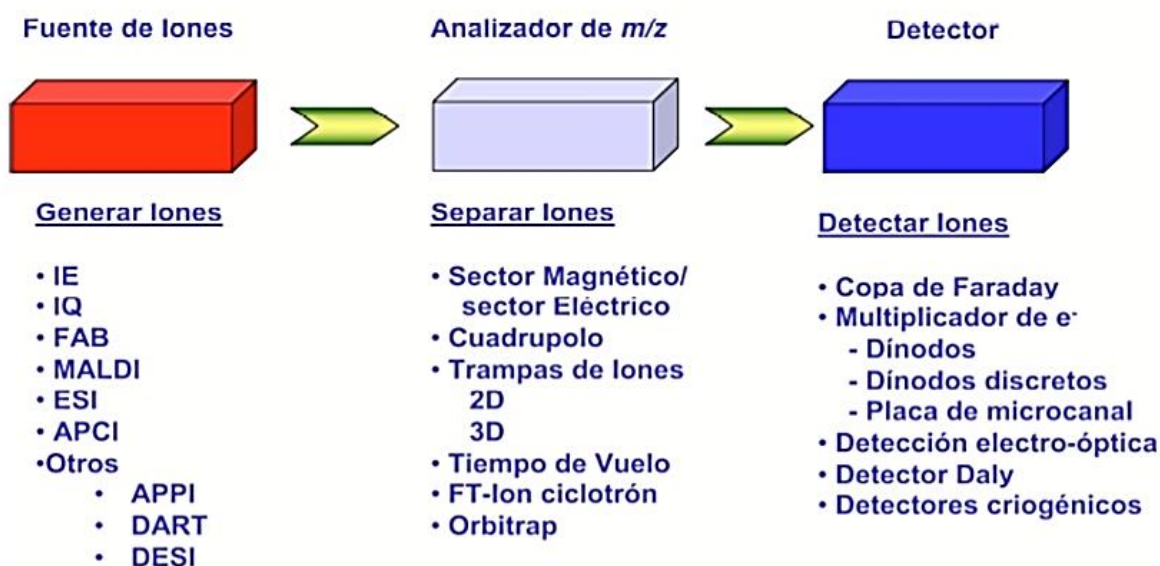


Figura 13. Esquema de composición de un espectrómetro de masas.²⁶

El reporte de análisis resultante de la técnica es un espectro de masas, el cual contiene información sobre el patrón de fragmentación de los compuestos en el analito. Este patrón es, en pocas palabras, la forma en como una molécula se dividió al entrar a la fuente de ionización. Debido a que las moléculas cuentan con partes con mayor estabilidad que otras, veremos que al ionizar la misma molécula o dos muy parecidas (pero no iguales), estas se dividirán y formarán diferentes fragmentos, las diferencias de señales entre los dos espectros, que pueden ser muy pocas, permitirán diferenciar entre un compuesto de otro. Entre las dos moléculas, debido a que son muy parecidas, veremos la misma relación masa-carga (o m/z) para una estructura base en las dos, esta será el fragmento más estable de las moléculas, pero habrá otras señales de los demás fragmentos que serán diferentes

y lograrán definir su patrón de fragmentación. Las formas de los espectros de masas son como las que se presentan en la figura 14.

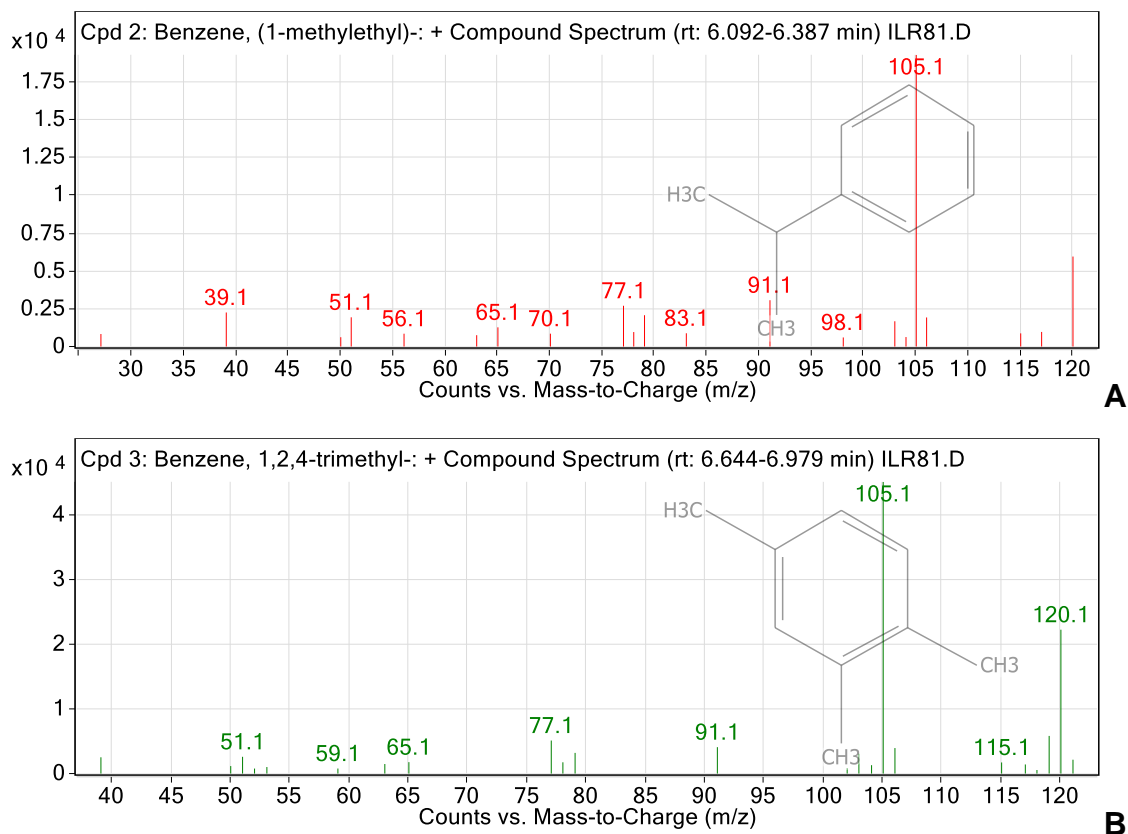


Figura 14. Comparación de dos espectros de masas (**A** y **B**) de compuestos aromáticos diferentes.

Estos dos espectros nos permitirán entender la información básica que nos proporcionan este tipo de datos. Como primer punto, presentan una señal en m/z 105.1, la cual es posible llamar “pico base”, este postulado es válido para los dos espectros, debido a que es la señal más alta o abundante. Esta señal será considerada como el 100% de abundancia dentro de su respectivo espectro.

Después tenemos una señal en m/z 120.1 en los dos espectros, que corresponde al “ion molecular”, que es la estructura completa de la molécula, simplemente presentando una carga.

La última señal característica de los espectros en general, que también se presenta en los espectros anteriores, es la señal en m/z 77.1, la cual corresponde a la estructura base más estable del compuesto, que para estos casos es un anillo aromático sin sustituyentes, solo con una carga.

Algunas de las señales que quedan, como las de m/z 39.1 y 98.1 para el espectro **A**, darán más características de los compuestos, diferenciándolos y permitiendo dar un análisis más amplio. Cabe aclarar que estas señales puede que no sirvan por si solas para lograr decir que las dos moléculas detectadas son diferentes.

Actualmente existen bibliotecas que permiten comparar un espectro totalmente identificado con relación a otro de un compuesto procedente de un análisis, esta información ayuda a tener una aproximación muy rápida y certera sobre la composición de nuestro analito.

Antecedentes

Primeras nociones de *Hericiium erinaceus*

Se ha reportado en la literatura que el hongo *Hericiium erinaceus* posee metabolitos de bajo y alto peso molecular con actividad biológica. Los cuerpos fructíferos en estado silvestre de *H. erinaceus* presentan un aspecto de “fibras” largas individuales (figura 15). Dentro de los compuestos de alto peso molecular se han encontrado polisacáridos, y entre los de bajo peso se han encontrado policétidos y terpenoides.



Figura 15. Cuerpo fructífero de *Hericiium erinaceus*.²⁷

Algunos de los polisacáridos aislados de los basidiomas de este hongo han demostrado actividad antitumoral. También se han extraído polisacáridos que activan los macrófagos del sistema inmune. Estos mismos polisacáridos han demostrado actividad contra líneas celulares aisladas de hepatocitos malignos (HepG2), cáncer de mama (MCF-7), linfoma y cáncer esofágico. Un extracto etanólico de *H. erinaceus* cultivado en *Artemisia capillaries* (flores del género artemisia) logró inhibir el daño en la mucosa gástrica de ratas de manera dependiente de la dosis. Ese mismo extracto logró reducir el estrés oxidativo en el hígado de ratas macho. Además de esto, se observó que el cultivo sólido del hongo

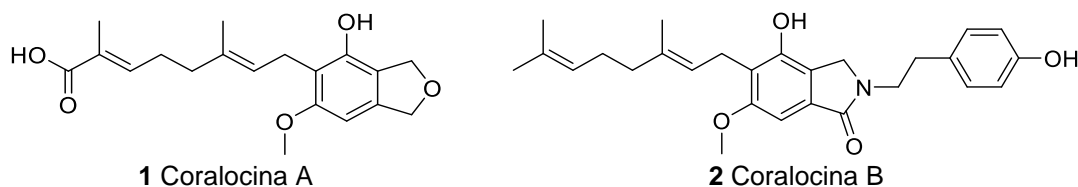
en *Morus alba* o morera blanca, tiene propiedades antiinflamatorias, pero no se realizó una caracterización detallada para corroborar estas propiedades.¹

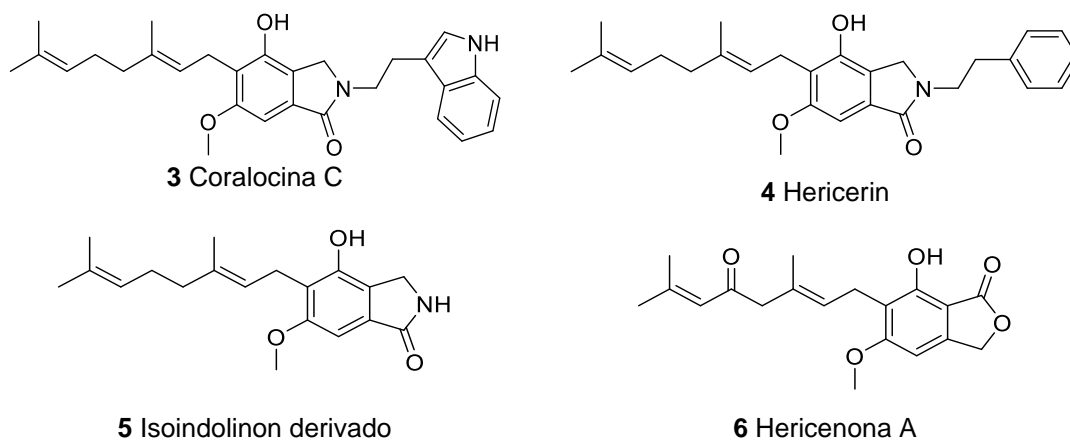
Con respecto al género *Hericiium* hay más información sobre sus especies. Un ejemplo es *Hericiium coralloides*. Este es un hongo comestible poco conocido en el estado de Morelos que morfológicamente cuenta con “fibras” extendidas en ramificaciones (figura 16), por lo que es comúnmente conocido como “barba de viejo”.



Figura 16. Cuerpo fructífero de *Hericiium coralloides*.²⁸

Hericiium coralloides produce coralocina A (1), B (2), C (3), hericerin (4), y el isoindolinon derivado (5). Los compuestos 1-3 inducen el factor de crecimiento nervioso (NGF), además de inducir la expresión del factor neurotrófico derivado del cerebro en astrocitos 1321N1 humanos, misma actividad biológica que las hericenonas y erinacinas en *H. erinaceus*.²⁹ *H. coralloides* cuenta con menor información desde el punto de vista químico que *H. erinaceus*, pero tomando en cuenta las estructuras reportadas para los compuestos 1-5 y la hericenona A (6), se pueden observar claras similitudes entre estas seis estructuras, lo que indica la relación filogenética entre ambas especies:





Además de estos compuestos, sobre el perfil químico de *H. coralloides* se reportó que contiene compuestos con actividad antioxidante.³⁰

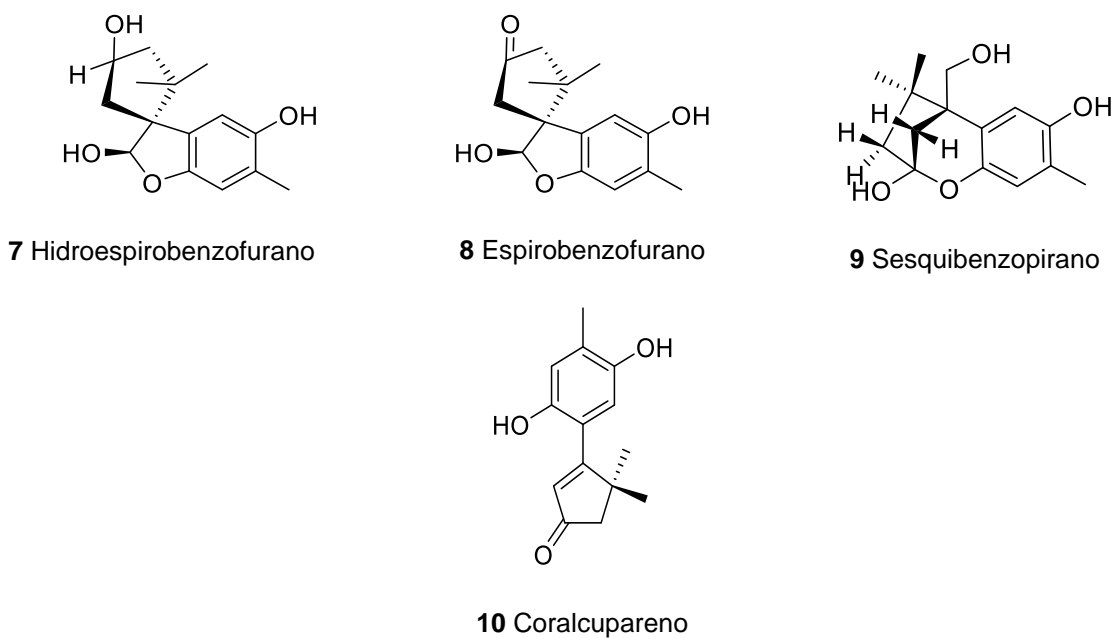
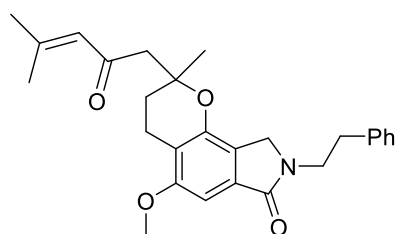


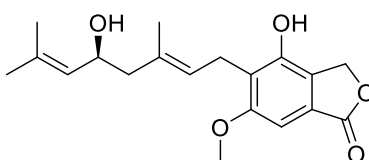
Figura 17. Similitud estructural entre los compuestos de *H. coralloides* y hericenona A.

La química de *Hericium erinaceus*

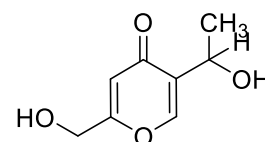
A partir del micelio y cuerpo fructífero de *H. erinaceus* se han aislado, identificado y evaluado en modelos biológicos diversos metabolitos presentes en la especie. Dichas investigaciones se realizaron mediante resonancia magnética nuclear (RMN) para proporcionar una identificación inequívoca de las estructuras de los compuestos con potencial actividad biológica. Dichas estructuras fueron reunidas hasta 2015 en un solo trabajo¹ y se presentan a continuación:



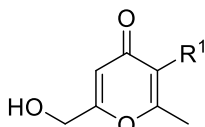
11 Erinacerina A



12 Erinacerina B

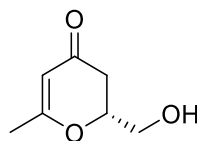


13 Herierin IV

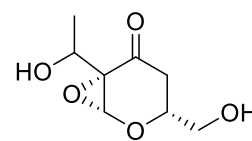


14 R¹ = H
15 R¹ = CH₂OH

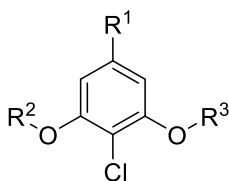
14 Erinapirona A
15 Herierin III



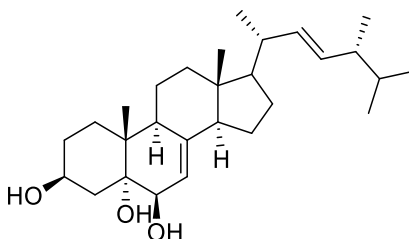
16 Erinapirona B



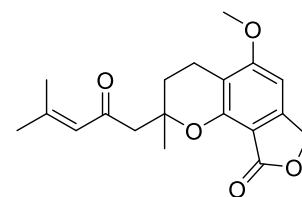
17 Erinapirona C



18 R¹ = CHO, R² = R³ = H
19 R¹ = CH₂OH, R² = R³ = H
20 R¹ = R² = R³ = CH₃
21 R¹ = OH, R² = R³ = CH₃
22 R¹ = CHO, R² = R³ = CH₃



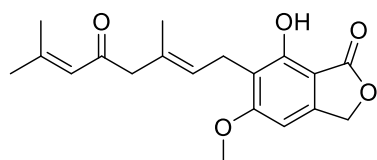
23 3 β -5 α -dihidroxi-6- β -metoxi ergosta-7,22-dieno



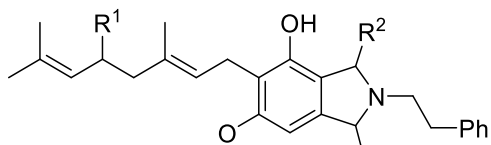
24 2,3,4,7-tetrahidro-5-metoxi-2-metil-2-(4-metil-2-oxo-3-pentenil)-9H-furo[3,4-h]-1-benzopiran-9-ona

18 4-cloro-3,5-dihidroxi-benzaldehído
19 4-cloro-3,5-dihidroxi-benzil alcohol
20 2,6-dimetoxi-4-metil-clorobenceno
21 3,5-dimetoxi-4-cloro-benzil alcohol
22 3,5-dimetoxi-4-cloro-benzaldehído

Figura 18. Estructuras de compuestos **11** a **24** presentes en *H. erinaceus*

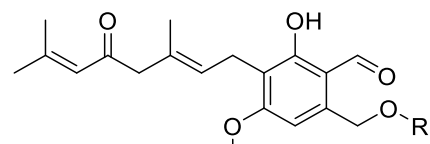


6 Hericenona A



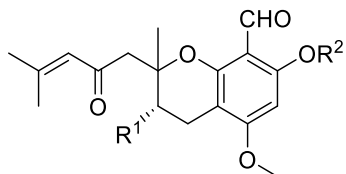
25 R¹ = O, R² = O, R³ = H
26 R¹ = H, R² = H, R³ = O

25 Hericenona B
26 Hericerin



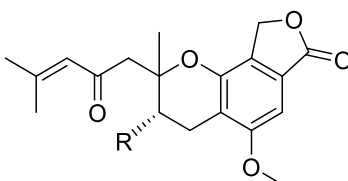
27 R = Palmitoilo
28 R = Stearilo
29 R = Linoleoilo

27 Hericenona C
28 Hericenona D
29 Hericenona E

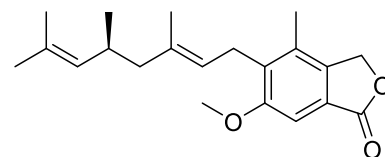


30 R¹ = H, R² = Palmitoilo
31 R¹ = OH, R² = Palmitoilo
32 R¹ = H, R² = Stearilo
33 R¹ = H, R² = Linoleoilo

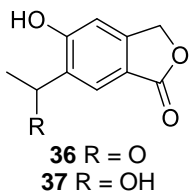
30 Hericenona F
31 3-Hidroxihericenona F
32 Hericenona G
33 Hericenona H



34 Hericenona I

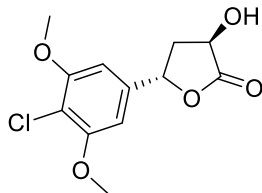


35 Hericenona J

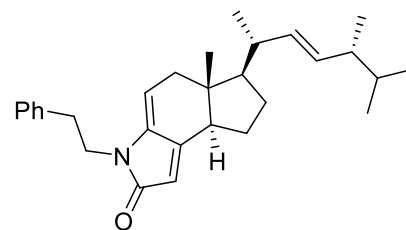


36 R = O
37 R = OH

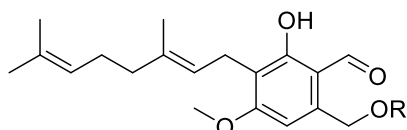
36 Erinaceolactona A
37 Erinaceolactona B



38 Erinaceolactona C

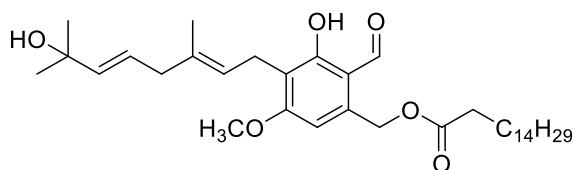


39 Hericirina



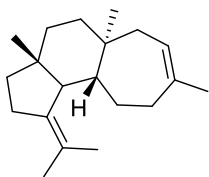
40 R = Palmitoilo
41 R = Oleilo
42 R = Stearilo

40 Hericeno A
41 Hericeno B
42 Hericeno C

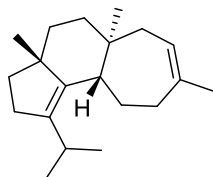


43 Erinaceno D

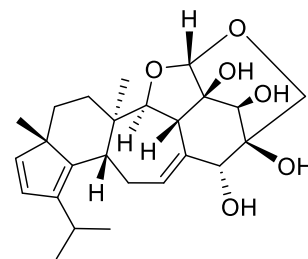
Figura 19. Estructuras de compuestos **6** y **25** a **43** presentes en *H. erinaceus*



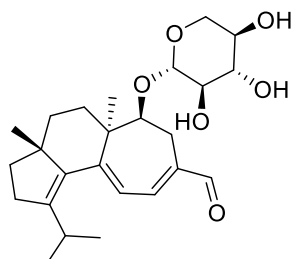
44 Ciata-3(18),12-dieno



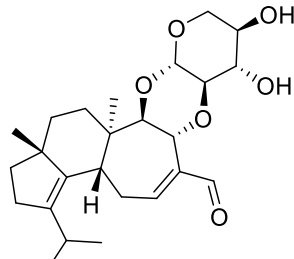
45 Ciata-3,12-dieno



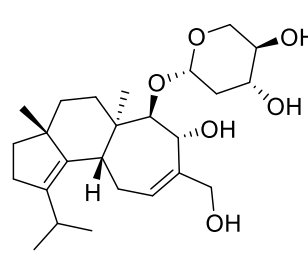
46 CP-412.065



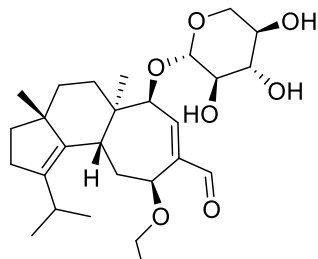
47 Erinacina A



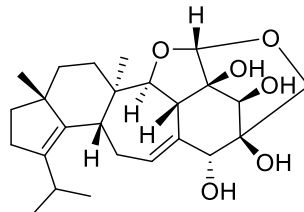
48 Erinacina B



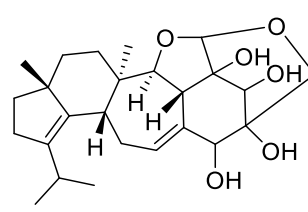
49 Erinacina C



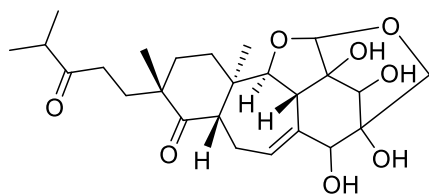
50 Erinacina D



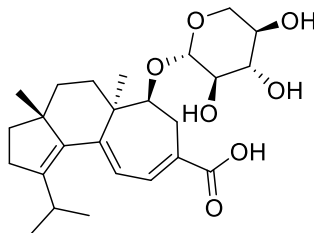
51 Erinacina E



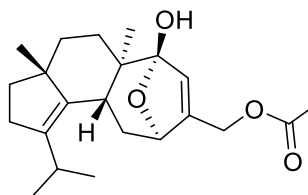
52 Erinacina F



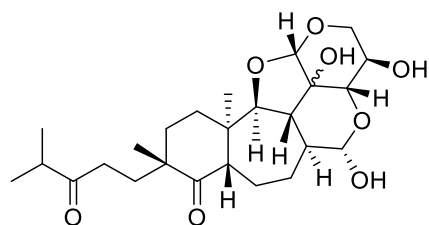
53 Erinacina G



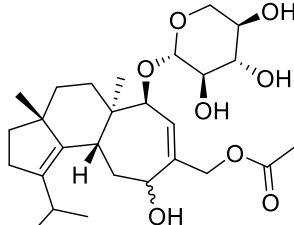
54 Erinacina H



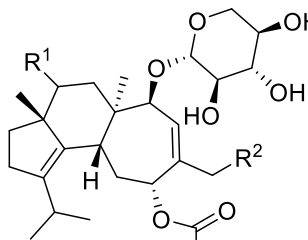
55 Erinacina I



56 Erinacina J



57 Erinacina K



58 R¹ = H, R² = O
59 R¹ = H, R² = OH
60 R¹ = O, R² = O

58 Erinacina P
59 Erinacina Q
60 Erinacina R

Figura 20. Estructuras de compuestos **44** a **60** presentes en *H. erinaceus*

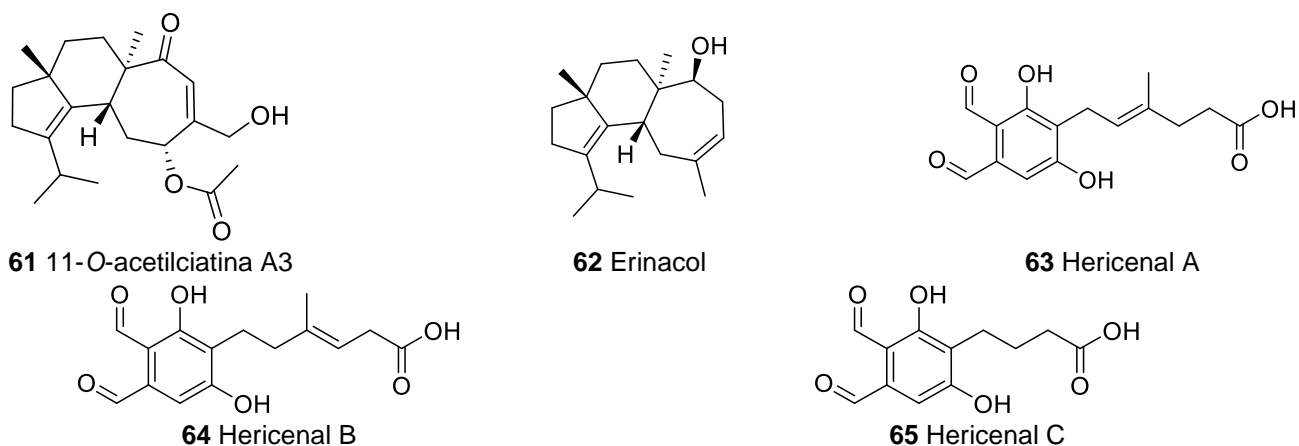


Figura 21. Estructuras de compuestos **61** a **65** presentes en *H. erinaceus*

En 2022, se reportó una nueva recopilación sobre la química de *H. erinaceus*, donde fueron agregadas nuevas estructuras al total de las listadas en el trabajo de 2015 (figuras 22, 23, 24).³¹

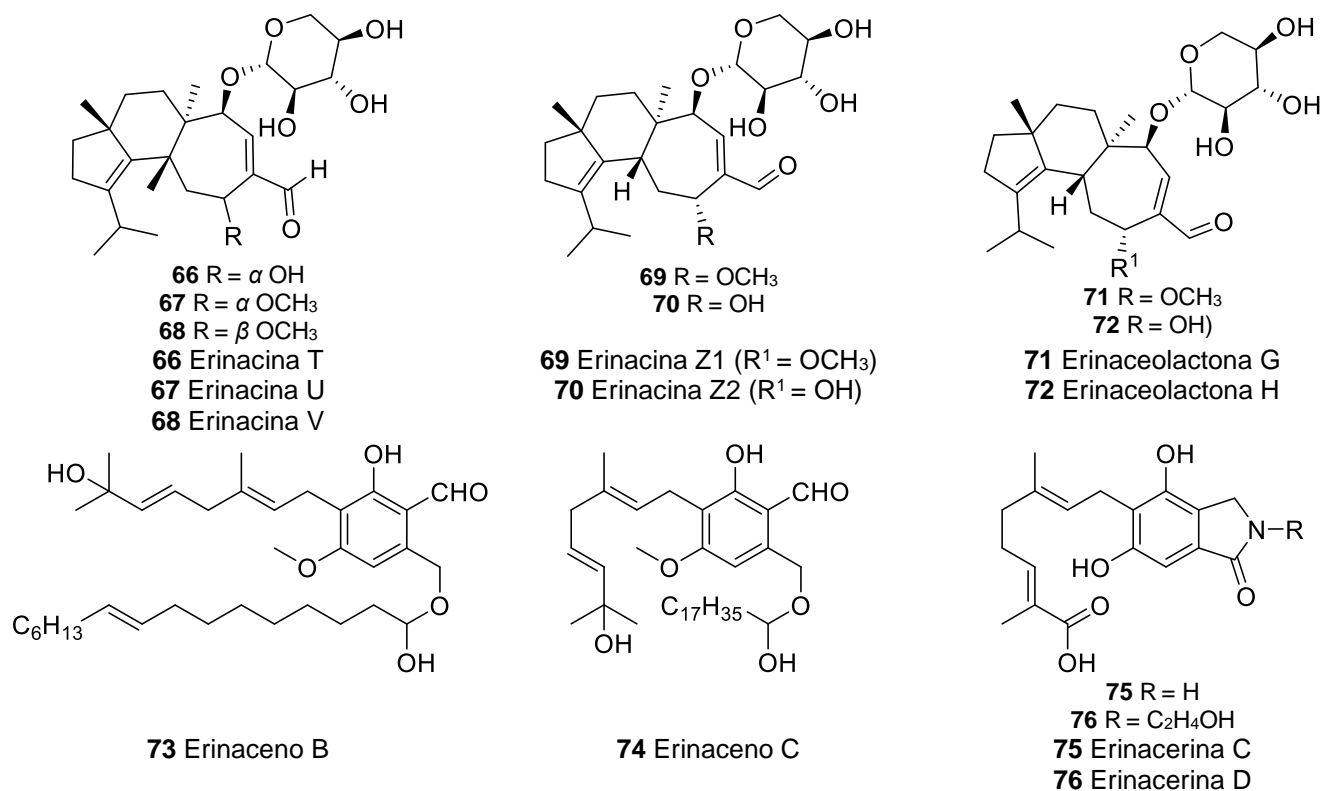
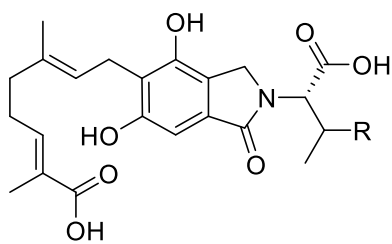
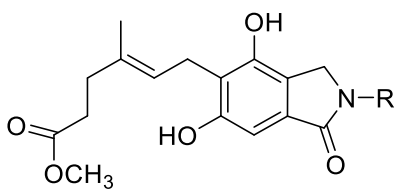


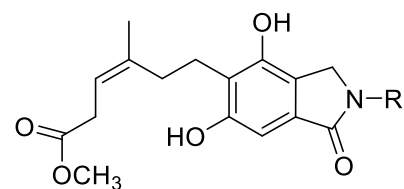
Figura 22. Estructuras de compuestos **66** a **76** presentes en *H. erinaceus*



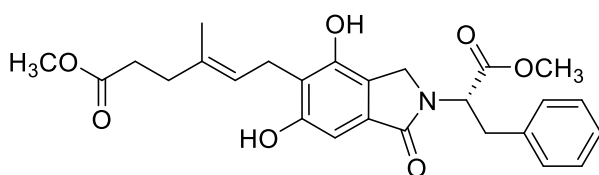
77 R = CH₃
78 R = C₂H₅
77 Erinacerina E
78 Erinacerina F



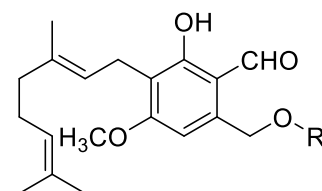
79 R = H
80 R = C₂H₄OH
79 Erinacerina G
80 Erinacerina I



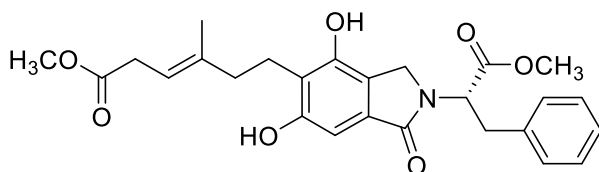
81 R = H
82 R = C₂H₄OH
81 Erinacerina H
82 Erinacerina J



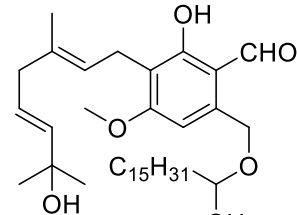
83 Erinacerina K



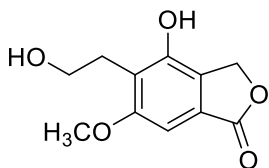
84 R = Linoleoilo
84 Hericeno D



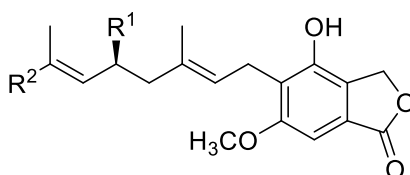
85 Erinacerina L



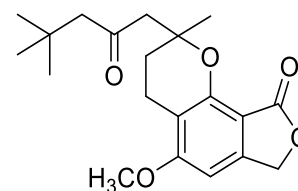
86 Erinaceno A



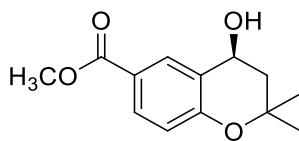
87 Erinaceolactona F



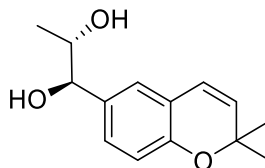
88 R¹ = OH, R² = COOH
89 R¹ = OCH₃, R² = CH₃
88 Erinaceolactona D
89 Erinaceolactona E



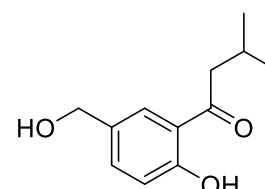
90 Hericenona K



91 Erinacromano A



92 Erinacromano B



93 Erinafenol A

Figura 23. Estructuras de compuestos **77** a **93** presentes en *H. erinaceus*

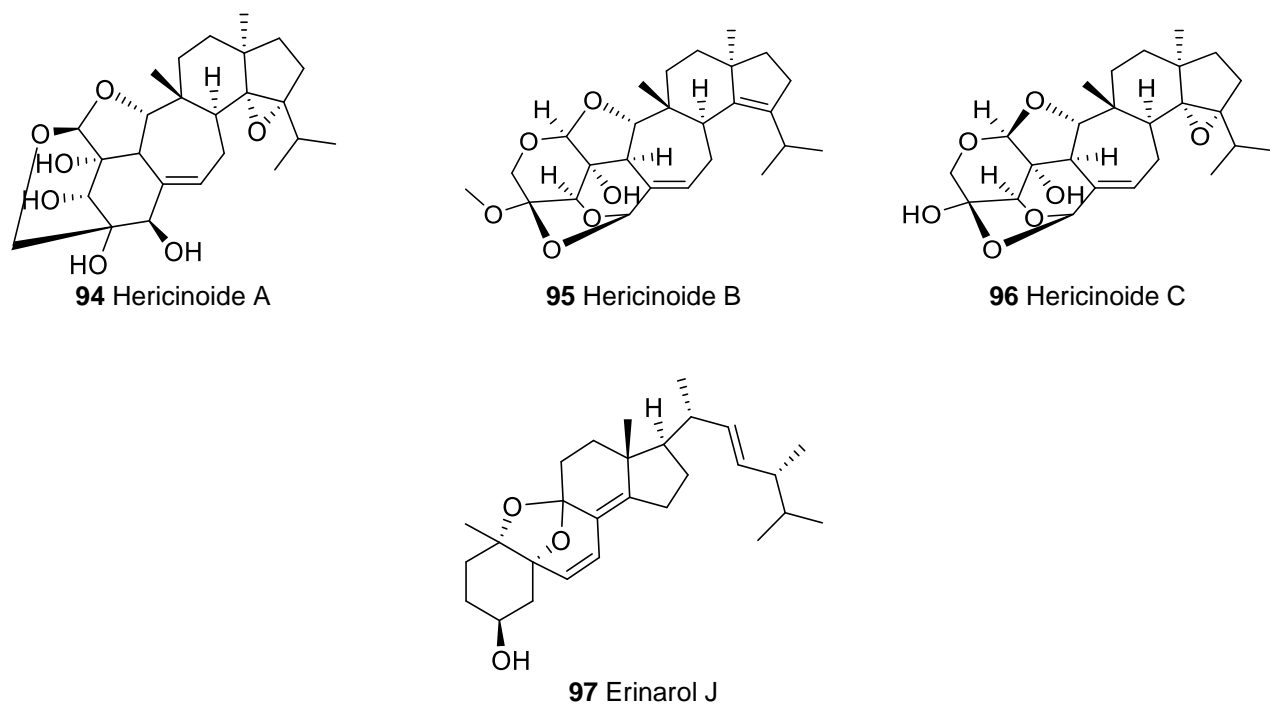


Figura 24. Estructuras de compuestos **94** a **97** presentes en *H. erinaceus*

Este artículo también reporta el compuesto hericenona L (**98**), pero un error de edición impide observar su grupo sustituyente. Afortunadamente, la estructura de este compuesto ha sido reportado con anterioridad.³² Se muestra correctamente a continuación:

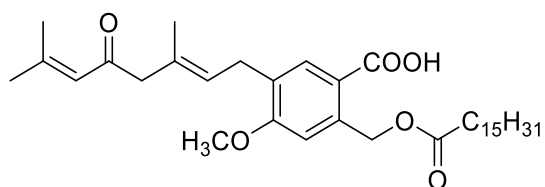


Figura 25. Estructura de compuesto **98**

En la siguiente tabla se resume la actividad biológica para los compuestos mencionados:

Tabla 2. Compuestos presentes en *Hericium erinaceus* y su actividad biológica.

No.	Compuesto	Actividad biológica	Ref
11	Erinacerina A	Previene la demencia	1
12	Erinacerina B	Previene la demencia	1
15	Herierin III	Con posible actividad neuroprotectora para el tratamiento de depresión	33
13	Herierin IV	Inmunomoduladora	1
14	Erinapirona A	Citotoxicidad contra células HeLa S3 (células relacionadas con el cáncer)	1
16	Erinapirona B	Citotoxicidad contra células HeLa S3 (células relacionadas con el cáncer)	1
17	Erinapirona C	Bioactividad moderada contra bacteria grampositiva	1
46	CP-412.065	Efecto inhibitor en agonistas opioides	34
45	ciata-3,12-dieno	Sin actividad biológica demostrada	-
44	ciata-3(18),12-dieno	Sin actividad biológica demostrada	-
20	2-6-dimetoxi-4-metil-clorobenceno	Antimicrobiana	1
19	4-cloro-3,5-dihidroxibenzil alcohol	Antimicrobiana	1
18	4-cloro-3,5-dihidroxibenzaldehído	Antimicrobiana	1
22	3,5-dimetoxi-4-cloro-benzilaldehído	Antimicrobiana	1
21	3,5-dimetoxi-4-cloro-benzil-alcohol	Antimicrobiana	1
24	2,3,4,7-tetrahidro-5-metoxi-2-metil-2-(4-metil-2-oxo-3-pentenil)-9H-furo[3,4-h]-1-benzopiran-9-ona	Inmunomoduladora	1
23	3 β -5 α -dihidroxi-6- β -metoxi ergosta-7,22-dieno	Antimicrobiana	1
6	Hericenona A	Citotoxicidad contra células HeLa	1
25	Hericenona B	Citotoxicidad contra células HeLa	1
27	Hericenona C	Estimula actividad en la síntesis de NGF	1
28	Hericenona D	Estimula actividad en la síntesis de NGF	1
29	Hericenona E	Estimula actividad en la síntesis de NGF	1
30	Hericenona F	Estimula la síntesis de NGF, pero con menor eficiencia que las Hericenonas C, E, D, H	1
32	Hericenona G	Estimula la síntesis de NGF, pero con menor eficiencia que las Hericenonas C, E, D, H	1
33	Hericenona H	Estimula actividad en la síntesis de NGF	1
34	Hericenona I	Sin actividad biológica demostrada	1
35	Hericenona J	Sin actividad biológica demostrada	1

31	3-hidroxihericenona F	Protección contra muerte en células Neuro2a por estrés en retículo endoplasmático	35
36	Erinaceolactona A	Fitotoxicidad	1
37	Erinaceolactona B	Fitotoxicidad	1
38	Erinaceolactona C	Fitotoxicidad	1
4	Hericerin	Fitotoxicidad	1
39	Hericerina	Antitumoral e inmunomoduladora	1
43	Erinaceno D	Antitumoral e inmunomoduladora	1
47	Erinacina A	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
48	Erinacina B	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
49	Erinacina C	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
50	Erinacina D	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
51	Erinacina E	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
52	Erinacina F	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
53	Erinacina G	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
54	Erinacina H	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
55	Erinacina I	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
56	Erinacina J	Antimicrobiana	1
57	Erinacina K	Actividad contra infecciones por <i>Staphylococcus aureus</i> resistente a la meticilina (abreviado anti-MRSA por sus siglas en inglés)	1
58	Erinacina P	Estimula actividad en la síntesis de NGF	36
59	Erinacina Q	Neuroprotectora	1
60	Erinacina R	Neuroprotectora	1
62	Erinacol	Neuroprotectora	1
61	11-O-acetilciatina A3	Neuroprotectora	1
40	Hericeno A	Bioactividad moderada contra bacteria grampositiva	1
41	Hericeno B	Bioactividad moderada contra bacteria grampositiva	1
42	Hericeno C	Bioactividad moderada contra bacteria grampositiva	1
63	Hericenol A	Anti-hiperglicémica y anti-hipocolésterolémica	1
64	Hericenol B	Anti-hiperglicémica y anti-hipocolésterolémica	1
65	Hericenol C	Anti-hiperglicémica y anti-hipocolésterolémica	1
66	Erinacina T	Crecimiento de neuritas promoviendo efectos en células PC12	37
67	Erinacina U	Crecimiento de neuritas promoviendo efectos en células PC12	37
68	Erinacina V	Crecimiento de neuritas promoviendo efectos en células PC12	37

69	Erinacina Z1	Mejora en producción neurotrófica en células astrocíticas. Citotoxicidad en células HL-60 promielíticas de leucemia humana.	38 39
70	Erinacina Z2	Pobres efectos en síntesis de NGF. Citotoxicidad en células HL-60 promielíticas de leucemia humana.	39
98	Hericenona L	Citotoxicidad contra células tumorales EC109	31
86	Erinaceno A	Sin actividad biológica demostrada	-
73	Erinaceno B	Sin actividad biológica demostrada	-
74	Erinaceno C	Sin actividad biológica demostrada	-
75	Erinacerina C	Sin actividad biológica demostrada	-
76	Erinacerina D	Sin actividad biológica demostrada	-
77	Erinacerina E	Sin actividad biológica demostrada	-
78	Erinacerina F	Sin actividad biológica demostrada	-
79	Erinacerina G	Sin actividad biológica demostrada	-
81	Erinacerina H	Sin actividad biológica demostrada	-
80	Erinacerina I	Sin actividad biológica demostrada	-
82	Erinacerina J	Sin actividad biológica demostrada	-
83	Erinacerina K	Sin actividad biológica demostrada	-
85	Erinacerina L	Sin actividad biológica demostrada	-
91	Erinacromano A	Fitotoxicidad	40
97	Erinarol J	Inhibe el factor de necrosis tumoral α (TNF α) y la producción de óxido nítrico	41
92	Erinacromano B	Fitotoxicidad	40
93	Erinafenol A	Fitotoxicidad	40
90	Hericenona K	Estimula actividad en la síntesis de NGF	42
84	Hericeno D	Actividad citotóxica contra células tumorales EC109	43
94	Hericinoide A	Sin actividad biológica demostrada	44
95	Hericinoide B	Citotoxicidad en células HL-60 promielíticas de leucemia humana.	44
96	Hericinoide C	Sin actividad biológica demostrada	44
88	Erinaceolactona D	Sin actividad biológica demostrada	42
89	Erinaceolactona E	Sin actividad biológica demostrada	42
87	Erinaceolactona F	Sin actividad biológica demostrada	42
71	Erinaceolactona G	Sin actividad biológica demostrada	-
72	Erinaceolactona H	Sin actividad biológica demostrada	-

Además de la información mencionada, también se han realizado investigaciones sobre la composición química del hongo analizado por GC-MS. Esta información se resume en la **tabla 3**, aclarando que, para las investigaciones citadas, se utiliza la siguiente nomenclatura para resumir que tratamiento se les dio a las muestras analizadas del hongo:

- Artículo:⁴⁵ Cuerpo fructífero pulverizado macerado en agua ultrapura, después llevados a agitación por 60 min a 100°C, tres repeticiones de extracción, centrifugado a 500 g por 30 minutos, el sobrenadante fue liofilizado. Abreviado como CFH2OCt
- Artículo:⁴⁶ Cuerpo fructífero recolectado en estado silvestre, secado al aire libre, pulverizado, macerado en agua y acetato de etilo (C₄H₈O₂), se seleccionaron las extracciones que presentaron mayor actividad antioxidante, antimicrobiana, antiviral y antiinflamatoria. Los extractos obtenidos se secaron en condiciones asépticas. Abreviado como CFH2OA y CFAcEtA
- Artículo:⁴⁷ Micelio cultivado en arroz jazmín blanco (*Oryza sativa* L. cv. KDML105) y arroz jazmín rojo (*Oryza sativa* L.cv.HMD), macerado en etanol (C₂H₅OH) por 7 días a 25°C, filtrado, rotaevaporado, liofilizado y conservado a -20°C. Abreviado como MiEt3
- Artículo:⁴⁸ Partes comestibles del hongo (cuerpo fructífero) fueron congeladas a -35°C, secados y liofilizados por 72 horas, después molidos y almacenados a -20°C. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de extracción de lípidos crudos. Abreviado como CFLip
- Artículo:⁴⁹ Cuerpo fructífero con agua destilada, secado al aire libre, cortado en piezas pequeñas, macerado en n-hexano durante 48 horas a temperatura ambiente, filtrado, reconcentración en rotaevaporador a 37°C, los extractos obtenidos se almacenaron en contenedores a 4°C. Abreviado como CFHx
- Artículo:⁵⁰ Cuerpo fructífero cortado, secado al aire libre y pulverizado. El polvo fue macerado en metanol : diclorometano (2:1) a temperatura ambiente con agitación intermitente por tres días, filtrado, con dos repeticiones, luego rotaevaporado. El extracto obtenido una vez seco se disolvió en metanol y particionado con hexano. La fase hexánica fue separada y rotaevaporada. Abreviado como CF2Hx

- Artículo:⁵¹ Cuerpo fructífero seco, se le extrae aceite con compuestos volátiles por hidrodestilación con aparato Likens-Nickerson. El aceite se secó sobre sulfato de sodio anhidrido y almacenado a 4°C. Abreviado como CFAVol
- Artículo:⁵² Cuerpo fructífero seco pulverizado, dos procesos de extracción, uno es tener polvo hervido por tres horas en agua libre de pirógenos. El otro es macerando en etanol aplicando microondas a 60 W por tres minutos. Abreviados CFAqP y CFEtM
- Artículo:⁵³ Cuerpo fructífero seco, se le extrae aceite con compuestos volátiles por hidrodestilación con aparato Likens-Nickerson. El aceite se secó sobre sulfato de sodio anhidrido. Abreviado como CFAVol

Esta información constituye una gran parte del perfil químico del hongo en cuanto a compuestos volátiles y volatilizables, se reúnen los reportes encontrados hasta abril de 2023.

Tabla 3. Compuestos volátiles y volatilizables presentes en *H. erinaceus*

CAS	RT	Compuesto	Referencia											
			Área (%)											
			45	46	47	48	49	50	51	52		53		
			CFH2O Ct	CFAc EtA	CFH2O A	mg/100g MiEt3	CFLip	CFHx	CF2Hx	CFAVol	CFAqP	CFEtM	CFAV ol	
50-21-5	8.69 ⁵²	Ácido láctico	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56-41-7		L-Alanina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.099	-
107-97-1		Sarcosina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56-40-6		Glicina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72-18-4		L-Valina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61-90-5		L-Leucina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73-32-5		Isoleucina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
147-85-3		L-Prolina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4042-36-8		Ácido D-piroglutámico	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63-68-3		L-Metionina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56-45-1	L-Serina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
56-87-1	18.38 ⁵²	L-Lisina	D	-	-	-	-	-	-	-	0.616	-	-	
72-19-5		L-Treonina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
63-91-2		L-Fenilalanina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
56-84-8	14.84 ⁵²	Ácido aspártico	D	-	-	-	-	-	-	-	0.256	0.41	-	
56-86-0		Ácido L-glutámico	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
77-92-9	18.3 ⁵²	Ácido cítrico	D	-	-	-	-	-	-	-	0.334	1.153	-	
60-18-4		L-Tirosina	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3724-65-0		Ácido crotonico Ácido glicérico	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
57-10-3	20.42 ⁴⁸ 14.908 ⁵⁰	Ácido palmítico	D	-	-	-	557.8	-	2.64	26	-	-	26	
506-21-8	25.092 ⁴⁸	Ácido linoelaídico	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
112-80-1		Ácido oleico	D	-	-	-	257.0	-	-	-	-	-	-	
57-87-4	52.21 ⁴⁷ 25.72 ⁵⁰	Ergosterol	D	-	-	1.18	-	-	5.20	-	-	-	-	
	13.73 ⁴⁶	2-amino-3-fenil-6-nitroindol	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	
117-39-5	28.08 ⁴⁶	Quercetina	-	12	10	-	-	-	-	-	-	-	-	

2490-48-4	29.66 ⁴⁶	2-metil-hexadecanol	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
629-96-9	29.79 ⁴⁶	Eicosanol	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30.21 ⁴⁶	7,3,4-Trimetoxi-quercetina	-	1	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	30.79 ⁴⁶	Isochiapina B	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32.08 ⁴⁶	17-pentatriacetontene	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	32.96 ⁴⁶	Éster del ácido oleico	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	33.01 ⁴⁶	Lucenina-2	-	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-
504-57-4	35.97 ⁴⁶	10-Nonadecanona	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112-39-0	36.98 ⁴⁶	Éster metílico del ácido hexadecanoico	-	7	-	-	-	-	-	0.7	-	-	0.7
3133-01-5	41.90 ⁴⁶	Tricosanol	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22393-88-0	42.64 ⁴⁶	Éster eicosanoico del ácido oleico	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
112-05-0	17.17 ⁴⁷	Ácido nonanoico	-	-	-	3.6	-	-	-	-	-	-	-
619-04-5	20.55 ⁴⁷	Ácido 3,4-dimetilbenzoico	-	-	-	3.25	-	-	-	-	-	-	-
626-98-2	20.63 ⁴⁷	Ácido 2-pentenoico	-	-	-	0.47	-	-	-	-	-	-	-
112-66-3	25.64 ⁴⁷	Lauril acetato	-	-	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-
544-35-4	36.83 ⁴⁷	Éster etílico del ácido linoleico	-	-	-	2.53	-	-	-	-	-	-	-
19780-11-1	41.21 ⁴⁷	(-) Anhidrido succínico-2-dodecen-1-ilo	-	-	-	3.19	-	-	-	-	-	-	-
18206-97-8	46.84 ⁴⁷	Acetato de octacosilo	-	-	-	1.68	-	-	-	-	-	-	-
472-65-1	33.37 ⁴⁷	2,6,6-trimetil-1-ciclohexen-1-etanol	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-
	46.28 ⁴⁷	3-Acetoxi-7,8-epoxilano-11-ol	-	-	-	0.26	-	-	-	-	-	-	-
66-25-1	4.19 ⁴⁷	Hexanal	-	-	-	0.58	-	-	-	1	-	-	1
124-19-6	12.27 ⁴⁷	Nonanal	-	-	-	0.13	-	-	-	tr.	-	-	tr
2463-77-6	19.62 ⁴⁷	2-Undecenal	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
2973-78-6	50.88 ⁴⁷	3-Bromo-4-hidroxi-benzaldehído	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-
	37.08 ⁴⁷	1-Clorometil-1-heptiloxi-1-silaciclohexano	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	-	-
123-42-2	12.42 ⁴⁷	Alcohol de diacetona	-	-	-	0.18	-	-	-	-	-	-	-
	28.84 ⁴⁷	2',4'-Dimetoxi-3'-metil-acetofenona	-	-	-	0.27	-	-	-	-	-	-	-
301-02-0	46.59 ⁴⁷	Oleamida	-	-	-	0.31	-	-	-	-	-	1.14	-
	51.75 ⁴⁷	Etil iso-alcoholato	-	-	-	0.24	-	-	-	-	-	-	-
67-68-5	4.81 ⁴⁷	Dimetilsulfóxido	-	-	-	45.89	-	-	-	-	-	-	-
7416-35-5	27.35 ⁴⁷	Quintoóxido de ocimeno	-	-	-	0.81	-	-	-	-	-	-	-
19903-73-2	42.68 ⁴⁷	Epicedrol	-	-	-	0.28	-	-	-	-	-	-	-
577-27-5	50.23 ⁴⁷	Ledol	-	-	-	0.97	-	-	-	-	-	-	-
105-60-2	16.68 ⁴⁷	Caprolactama	-	-	-	1.65	-	-	-	-	-	-	-
3358-28-9	18.22 ⁴⁷	Tetrahydro-2,2,4,4-tetrametil- furano	-	-	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-

	25.91 ⁴⁷	Etil- α -D-glucopiranosido	-	-	-	0.93	-	-	-	-	-	-	-
61-49-4	26.06 ⁴⁷	N-metil-1H-Indol-3-etanamina	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-	-	-
	26.68 ⁴⁷	(3-Glicidoxipropilo)dimetiletoxisilano	-	-	-	0.34	-	-	-	-	-	-	-
298-81-7	30.20 ⁴⁷	Metoxsaleno	-	-	-	0.66	-	-	-	-	-	-	-
142-62-1	8.142 ⁴⁸	Ácido caproico	-	-	-	-	15.8	-	-	-	-	-	-
124-07-2	9.130 ⁴⁸	Ácido caprílico	-	-	-	-	6.07	-	-	-	-	-	-
544-63-8	16.780 ⁴⁸	Ácido mirístico	-	-	-	-	4.97	-	-	0.4	-	-	0.4
1002-84-2	18.581 ⁴⁸	Ácido pentadecanoico	-	-	-	-	31.3	-	1.57	-	-	-	-
	14.371 ⁵⁰		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7
373-49-9	21.738 ⁴⁸	Ácido palmitoleico	-	-	-	-	23.5	-	-	-	-	-	-
506-12-7	22.202 ⁴⁸	Ácido heptadecanoico	-	-	-	-	10.7	-	2.15	-	-	-	-
	16.825 ⁵⁰		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57-11-4	23.963 ⁴⁸	Ácido octadecanoico	-	-	-	-	247.6	-	6.28	-	0.299	-	-
	17.541 ⁵⁰		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22.04		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60-33-3	26.806 ⁴⁸	Ácido linoleico	-	-	-	-	391.1	-	-	-	-	-	13.1
506-26-3	28.000 ⁴⁸	Ácido gamolénico	-	-	-	-	1.83	-	-	-	-	-	-
112-85-6	30.383 ⁴⁸	Ácido behénico	-	-	-	-	2.39	-	-	-	-	-	-
557-59-5	33.465 ⁴⁸	Ácido lignocérico	-	-	-	-	7.99	-	-	-	-	-	-
97-96-1	17.69 ⁴⁹	Butiraldeído	-	-	-	-	-	3.42	-	-	-	-	-
17920-92-2	20.58 ⁴⁹	4,8-dimetil-1,7-nonadien-4-ol	-	-	-	-	-	4.39	-	-	-	-	-
107-75-5	23.2 ⁴⁹	Hidroxicitronelal	-	-	-	-	-	0.72	-	-	-	-	-
55282-34-3	23.81 ⁴⁹	1,3,5-trimetil-2-octadecil-ciclohexano	-	-	-	-	-	0.73	-	-	-	-	-
	28.33 ⁴⁹	Hidroxiundecano-10-ona	-	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-
2738-18-3	28.66 ⁴⁹	2,6-dimetil-3-hepteno	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-
	29.21 ⁴⁹	3-metil-3-nitrobut-1-eno	-	-	-	-	-	1.95	-	-	-	-	-
	29.44 ⁴⁹	5-nitro-1-penteno	-	-	-	-	-	0.71	-	-	-	-	-
14289-96-4	29.96 ⁴⁹	Éter metálico de alilo	-	-	-	-	-	7.02	-	-	-	-	-
2436-90-0	31.82 ⁴⁹	Citroneleno	-	-	-	-	-	14.23	-	-	-	-	-
106-73-0	33.7 ⁴⁹	Metilo enantato	-	-	-	-	-	1.08	-	-	-	-	-
	34.44 ⁴⁹	<i>trans</i> , -2,6-Nonadien-1-ol	-	-	-	-	-	0.42	-	-	-	-	-
123-29-5	35 ⁴⁹	Nonanoato de etilo	-	-	-	-	-	0.72	-	-	-	-	-
286-76-0	36.95 ⁴⁹	Biciclo[7.1.0]decano	-	-	-	-	-	3.26	-	-	-	-	-
4984-01-4	37.07 ⁴⁹	2,6-Dimetil-7-octeno	-	-	-	-	-	1.78	-	-	-	-	-
646-14-0	37.18 ⁴⁹	Nitrohexano	-	-	-	-	-	0.46	-	-	-	-	-
764-93-2	38.16 ⁴⁹	Decino	-	-	-	-	-	4.51	-	-	-	-	-

31502-14-4	38.25 ⁴⁹	<i>trans</i> -2-Nonenol	-	-	-	-	-	1.46	-	-	-	-	-
124-11-8	38.36 ⁴⁹	Noneno	-	-	-	-	-	1.14	-	-	-	-	-
	38.51 ⁴⁹	1 <i>H</i> -1,2,3-Triazol-4-ácido carboxílico	-	-	-	-	-	0.61	-	-	-	-	-
628-05-7	49.15 ⁴⁹	Nitropentano	-	-	-	-	-	18.27	-	-	-	-	-
	41.92 ⁴⁹	Z-2-Dodeceno	-	-	-	-	-	0.44	-	-	-	-	-
78-81-9	44.79 ⁴⁹	Valamina	-	-	-	-	-	0.53	-	-	-	-	-
4312-76-9	46.75 ⁴⁹	Hexil hidroperoxido	-	-	-	-	-	0.47	-	-	-	-	-
3404-77-1	48.32 ⁴⁹	3,3-Dimetil-1-hexeno	-	-	-	-	-	0.75	-	-	-	-	-
24254-55-5	52.06 ⁴⁹	2-Hidroperoxihexano	-	-	-	-	-	4.02	-	-	-	-	-
77-74-7	53.39 ⁴⁹	Metil-3 pentanol-3	-	-	-	-	-	7.47	-	-	-	-	-
609-31-4	56.52 ⁴⁹	2-Nitro-1-butanol	-	-	-	-	-	0.44	-	-	-	-	-
	17.352 ⁵⁰	9,12- ácido octadecadienoico (<i>Z,Z/cis</i> -ácido linoleico)	-	-	-	-	-	-	27.31	-	-	-	-
124-10-7	13.243 ⁵⁰	Éster metílico del ácido mirístico	-	-	-	-	-	-	0.58	-	-	-	-
629-73-2	11.309 ⁵⁰	Ceteno	-	-	-	-	-	-	2.04	-	-	-	-
108-95-2	10.422 ⁵⁰	Fenol	-	-	-	-	-	-	2.33	-	-	-	-
41446-68-8	8.86 ⁵⁰	3-Tetradeceno	-	-	-	-	-	-	1.23	-	-	-	-
71-41-0		Pentanol	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2
109-08-0		2-Metilpirazina	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	tr
98-01-1		Furfural	-	-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	0.9
75135-41-0		2-(2-Propenil)-furano	-	-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	0.9
28588-74-1		2-Metil-3-furantiol	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.1
111-71-7		Heptanal	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	0.5
3268-49-3		3-(Metiltio)propionaldehído	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	0.6
1192-62-7		2-Acetilfurano	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	0.1
13925-00-3		2-Etilpirazina	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	0.1
106-70-7		Metilo hexanoato	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	tr
100-52-7		Benzaldehído	-	-	-	-	-	-	-	2.5	-	-	2.5
620-02-0		5-Metilfurfural	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	tr
		5-Metil-2-ciclohexano-1-ona	-	-	-	-	-	-	-	2.3	-	-	-
3391-86-4		Octen-3-ol	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	tr
106-68-3		3-Octanona	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	tr
		6-Metil-5-heptan-2-ona	-	-	-	-	-	-	-	1.7	-	-	-
		1-Isopropil-4-metilciclohexeno	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-	-	-
124-13-0		Octanal	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	0.4
		2-Etil-3-metilpirazina	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	-

1122-62-9	2-Acetilpiridina	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	1.2
1073-11-6	Lactona de lavanda	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	0.4
122-78-1	Fenilacetaldehído	-	-	-	-	-	-	-	-	8.9	-	-	8.9
95-48-7	<i>o</i> -Cresol	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
98-86-2	Acetofenona	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2
95-53-4	<i>o</i> -Toluidina	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7	-	-	1.7
	2, 6-Dictilpirazina	-	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	-
78-70-6	Linalool	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.3
1120-21-4	Undecano	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	1.2
13837-75-7	Óxido de <i>cis</i> -limoneno	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.2
4959-35-7	Óxido de <i>trans</i> -limoneno	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2
7299-40-3	<i>cis</i> - β -Terpineol	-	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	-
18829-56-6	(2 <i>E</i>)-Nonenal	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	0.4
1490-04-6	Mentol	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-
	3-Metoxi- <i>p</i> -cresol	-	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	-
112-31-2	Decanal	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	0.1
95-16-9	Benzotiazol	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.3
33746-72-4	(<i>E</i>)-Ocimenona	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	0.1
5392-40-5	Neral	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
141-27-5	Geranial	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2
3913-81-3	(2 <i>E</i>)-Decenal	-	-	-	-	-	-	-	-	tr.	-	-	-
4411-89-6	2-Fenil-2-butenal	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	0.5
112-12-9	2-Undecanona	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	-	-	1.5
120-72-9	Indol	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2
25152-84-5	(<i>E</i> , <i>E</i>)-2, 4-Decadienal	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2
104-61-0	γ -Nonalactona	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.3
	2-Butil-2-Octenel	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
629-59-4	Tetradecano	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.3
3879-26-3	Neril acetona	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.3
629-62-9	Pentadecano	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.3
	2, 3-Dimetil-2-nonan-4-olido	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3	-	-	-
	Acetona de dihidroeuugenol	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-
38599-17-6	Calacoreno	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
40716-66-3	(<i>E</i>)-Nerolidol	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	-	-	-
544-76-3	Hexadecano	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	0.5
217650-27-6	<i>cis</i> -Cadin-4-en-7-ol	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.3

		<i>epi</i> - α -Muurolol	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-
481-34-5		α -Cadinol	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	0.5
		1,2, 3-Trimetil-(<i>E</i>)-4-propenilnaftaleno	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-
2345-28-0		2-Pentadecanona	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2
		1,1'-Bifenil, 2,2',5,5'-tetrametil-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-
24157-81-1		2, 6-Diisopropilnaftaleno	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.3
		2, 4-Difenil-4-metil-1-penteno	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-
		Pentadecanoato de metilo	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	0.1
		Ácido pentadecanoico	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7	-	-	-
1438-62-6		<i>epi</i> -13-manool	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	0.5
112-63-0		Ácido linoleico	-	-	-	-	-	-	-	-	13.1	-	-	0.8
629-94-7		Heneicosano	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	0.6
	5.84 ⁵²	<i>N,N</i> -metanotetraailbis[1,1,1-trimetil] Silanamina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.064	0.141	-
13331-93-6	5.93 ⁵²	2,6 -dimetil-4-nitrosofenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.099	0.169	-
10497-05-9	11.46 ⁵²	Silanol, trimetil-, fosfato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.569	3.972	-
	11.7 ⁵²	Maleato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.064	-	-
105-53-3	11.7 ⁵²	Malonato de etilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.122	-
110-15-6	11.9 ⁵²	Ácido butanodioico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-	-
110-17-8	12.44 ⁵²	Ácido fumárico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.479	1.076	-
	12.51 ⁵²	2-(2-metilfenil)-5 <i>H</i> -6,7 - dihidrociclopenta[<i>d</i>]pirimidina-4(3 <i>H</i>)ona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.251	-	-
	13.39 ⁵²	Óxido de 4-aminoquinolina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.094	-	-
6915-15-7	14.45 ⁵²	Ácido málico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.097	7.088	-
	14.59 ⁵²	<i>N,O</i> -Bis-(trimetilsilil)-2-ácido carboxílico de pirrolidona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.256	0.203	-
123-72-8	14.97 ⁵²	Butanal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.145	0.602	-
	15.76 ⁵²	Metanefrina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.147	-	-
617-65-2	15.99 ⁵²	Ácido glutámico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.378	-
	16 ⁵²	Ácido 6-hidroxi-2- aminohexanoico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.154	-	-
87-69-4	16.34 ⁵²	Ácido tartárico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.094	-
	16.66 ⁵²	4,5-metanocriseno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.174	-
	16.67 ⁵²	2-(2-metilfenil)-5 <i>H</i> -6,7- dihidrociclopenta[<i>d</i>]pirimidina- 4(3 <i>H</i>)-ona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.669	-	-
87-99-0	17.58 ⁵²	Xilitol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.398	26.205	-
59-23-4	18.42 ⁵²	<i>D</i> -galactosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.082	-	-

3646-73-9	18.43 ⁵²	α -D-galactopiranososa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.144	0.217	-
2280-44-6	19.26 ⁵²	D-glucosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.277	-
	19.39 ⁵²	2-fenil-4-(propen-1-il)-pirimidin-5-carboxamida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.516	-
	19.46 ⁵²	D-manopiranososa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.196	0.158	-
	19.48 ⁵²	Ácido 3,5-dimetoximandelico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.104	-	-
69-65-8	19.83 ⁵²	D-manitol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.601	2.34	-
86-74-8	20.12 ⁵²	Carbazol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.555	-
	20.49 ⁵²	1-(9-antril)-2-propin-1-ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.203	-	-
	21.3 ⁵²	Inositol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.297	0.137	-
112-79-8	21.8 ⁵²	Ácido trans-9-octadecenoico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.046	-	-
	23.77 ⁵²	ácido 3-ceto-2-metilvalérico sililado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.096	-	-
58-96-8	23.78 ⁵²	Uridina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.176	-
	24.69 ⁵²	Ácido 3,4-dimetoximandelico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.041	-	-
	24.77 ⁵²	5-nitro-3-fenil-1H-indazol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.035	-	-
	24.86 ⁵²	D-xilopiranososa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.185	-	-
69-79-4	24.92 ⁵²	Maltosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-
	25.16 ⁵²	(2-metileiclopent-1-enil) (4,4-dimetil-3-oxociclopent-1-enil)metano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.051	-	-
	25.26 ⁵²	Lactona glucuronica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.081	-	-
	25.77 ⁵²	Alosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.192	-
5340-95-4	25.96 ⁵²	Melibiososa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.278	-	-
	26.1 ⁵²	β -[(S)-citronelil]-D-glucopiranosido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.244	-	-
	26.28 ⁵²	β -D-ribofuranosil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.201	-
	26.34 ⁵²	Diclorometil(dimetil)siloxibutano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.236	-	-
	26.37 ⁵²	1-benzoimidazol-1-il-3-(4-yodo-fenoxi)-propan-2-ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.342	-	-
57-50-1	26.6 ⁵²	Sacarosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.535	0.958	-
	28.16 ⁵²	Glucopiranososa, β -D-glucopiranosil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.381	-	-
110-43-0		2-heptanona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
		5-metil-2-ciclohexenona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3
110-93-0		6-metil-5-hepten-2-ona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7
500-00-5		p-ment-3-eno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
15707-23-0		2-etil-3-metilpirazina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr
13067-27-1		2,6-dietilpirazina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr
5989-33-3		Óxido de cis-linalol (furanoide)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3

7299-41-4		<i>cis</i> - β -terpineol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr
89-78-1		Mentol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
		3-metoxi- <i>p</i> -cresol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr
106-26-3		Neral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
3913-81-3		(2 <i>E</i>)-decenal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr
13019-16-4		2-butil-2-octenal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
		2,3-dimetil-2-nonen-4-ólido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3
33943-26-9		Acetato de dihidroeukenol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
21391-99-1		α -calacoreno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
40716-66-3		(<i>E</i>)-nerolidol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1
		<i>epi</i> - α -murolol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
		1,2,3-trimetil-(<i>E</i>)-4-propenilnaftaleno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2
		2,2',5,5'-tetrametil-1,1'-bifenil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2
		2,4-difenil-4-metil-1-penteno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2

D = Detectado; tr=traza;

El género *Hericium*

Respecto de la taxonomía del género y su uso en tratamientos alternativos para enfermedades neurodegenerativas se cuenta con la siguiente información:

Clasificación taxonómica de *Hericium erinaceus*

- Reino *Fungi*
- Filo *Basidiomycota*
- Subfilo *Agaricomycotina*
- Clase *Agaricomycetes*
- Orden *Russulales*
- Familia *Hericiaceae*
- Género *Hericium*
- Especie *Hericium erinaceus*

Las especies que forman parte del género *Hericium* son:

- *Hericium abietis*
- *Hericium alpestre*
- *Hericium americanum*
- *Hericium bembedjaense*
- *Hericium bharengense*
- *Hericium botryoides*
- *Hericium cirrhatum*
- *Hericium clathroides*
- *Hericium coralloides*
- *Hericium erinaceus*
- *Hericium fimbriatum*
- *Hericium novae-zealandiae*
- *Hericium ptychogasteroides*
- *Hericium rajchenbergii*

- *Heridium rajendrae*
- *Heridium schestunovii*
- *Heridium yumthangense*

La información del genero fue tomada de las bases de datos *iNaturalist* (<https://www.inaturalist.org>) y *Species Fungorum* (<https://www.speciesfungorum.org/Names/Names.asp>).

Otros nombres científicos con los que se puede encontrar información sobre *H. erinaceus* se recopilaron en un trabajo.⁵⁴ Los nombres son los siguientes:

- *Clavaria conferta*
- *Clavaria erinaceus*
- *Dryodon caput-medusae*
- *Dryodon erinaceus*
- *Dryodon juranus*
- *Heridium caput-medusae*
- *Heridium echinus*
- *Heridium erinaceum*
- *Heridium erinaceus* f. *caput-medusae*
- *Heridium erinaceus* f. *erinaceus*
- *Heridium erinaceus* subsp. *erinaceo-abietis*
- *Heridium erinaceus* subsp. *erinaceus*
- *Heridium erinaceus* subsp. *Unguiculatum*
- *Heridium erinaceus* var. *erinaceus*
- *Heridium erinaceus* var. *Sulphureum*
- *Heridium erinaceus* var. *Viridescens*
- *Heridium grande*
- *Heridium hystrix*
- *Heridium unguiculatum*
- *Hydnum caput-medusa*
- *Hydnum echinus*
- *Hydnum erinaceus*

- *Hydnum grande*
- *Hydnum hystricinum*
- *Hydnum hystrix*
- *Hydnum juranum*
- *Hydnum omasum*
- *Hydnum unguiculatum*
- *Manina cordiformis*
- *Martella echinus*
- *Martella hystricinum*
- *Martella hystrix*
- *Merisma caput-medusae*
- *Merisma hystrix*
- *Steccherinum quercinum*

El autor de dicho trabajo indica que esta información fue tomada de la base de datos *Species Fungorum*. Actualmente, el único nombre válido para la especie es *Hericium erinaceus*. Con respecto a sus nombres comunes algunos son “melena de león”, “*hedgehog mushroom*”, “*lion's mane mushroom*” y “*bearded tooth*”.

Materiales y Métodos

[Información química para *H. erinaceus*](#)

Para la recopilación de información química del hongo, presentada en la sección de antecedentes, se realizó una revisión en buscadores académicos y bases de datos, tales como Google Scholar y Mendeley, llegando a obtener información de diversas editoriales como Elsevier, Springer, Taylor and Francis, Nature, entre otras. Los criterios de búsqueda fueron investigaciones en torno a *H. erinaceus* y sus análisis químicos con el uso de GC-MS y RMN. Mediante esta

misma metodología se realizó una búsqueda en torno a actividad biológica por compuesto caracterizado por RMN.

Material fúngico y cultivo

Los cultivos en caja Petri, cuerpo fructífero y biomasa de medio agotado o micelio (BMA) de *H. erinaceus* fueron donadas por el Laboratorio de Micología, del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. El material donado se presenta en las figuras 26 y 27, y en la sección de anexos y apéndices.

El micelio se mantuvo en cultivo sólido en cajas Petri realizando resiembras alrededor de cada tres meses.

A la par se realizaron cultivos en medio sumergido (figuras 28 y 29), obteniéndose cuerpo fructífero y biomasa de medio agotado. Además, fueron donados cuerpos fructíferos y biomasa que estaban previamente secos, esto para avanzar con los procesos de extracción y tener información analítica desde los primeros meses de redacción, en caso de que aparecieran complicaciones futuras.



Figura 26. Cuerpos fructíferos de *H. erinaceus* secos



Figura 27. Más ejemplares de cuerpos fructíferos de HE

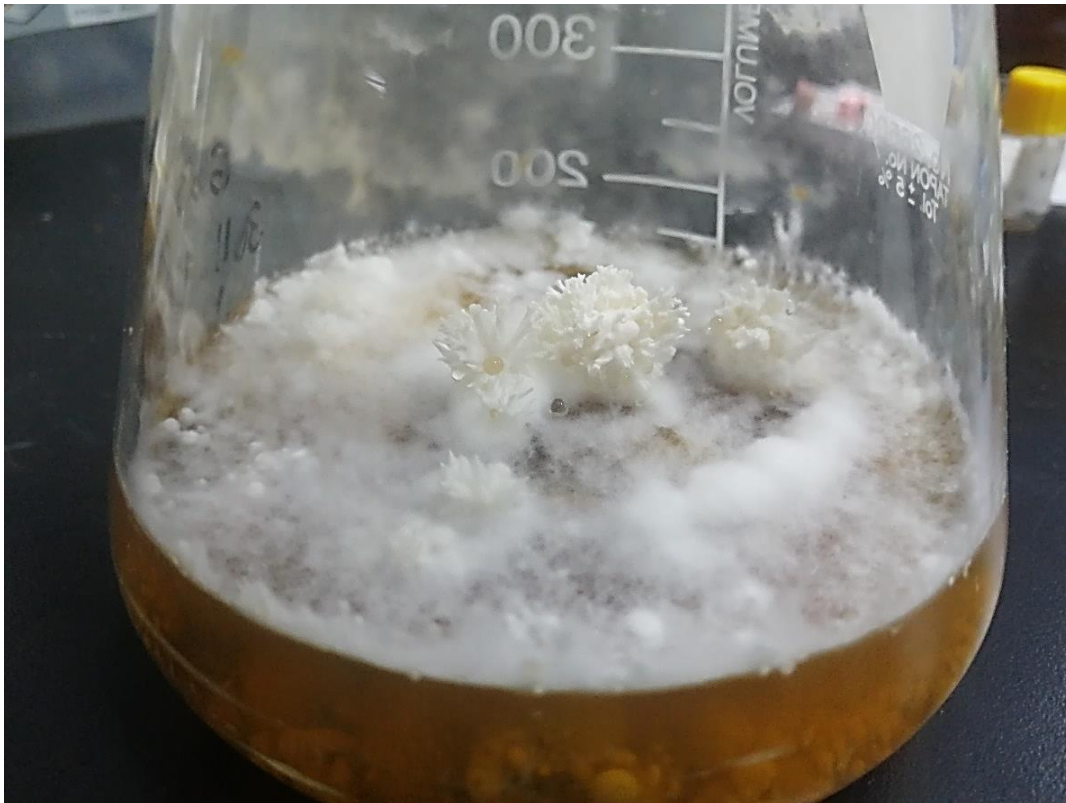


Figura 28. Cuerpo fructífero y biomasa de HE creciendo en cultivo sumergido



Figura 29. Biomasa de HE creciendo en cultivo sumergido

Cultivo de micelios

Las cepas de *H. erinaceus* fueron cultivadas en cajas Petri (Figura 30) con medio de cultivo sólido de agua, malta, cereal y agar-agar, a temperatura ambiente (abreviando la fuente de carbono como malta-cereal).

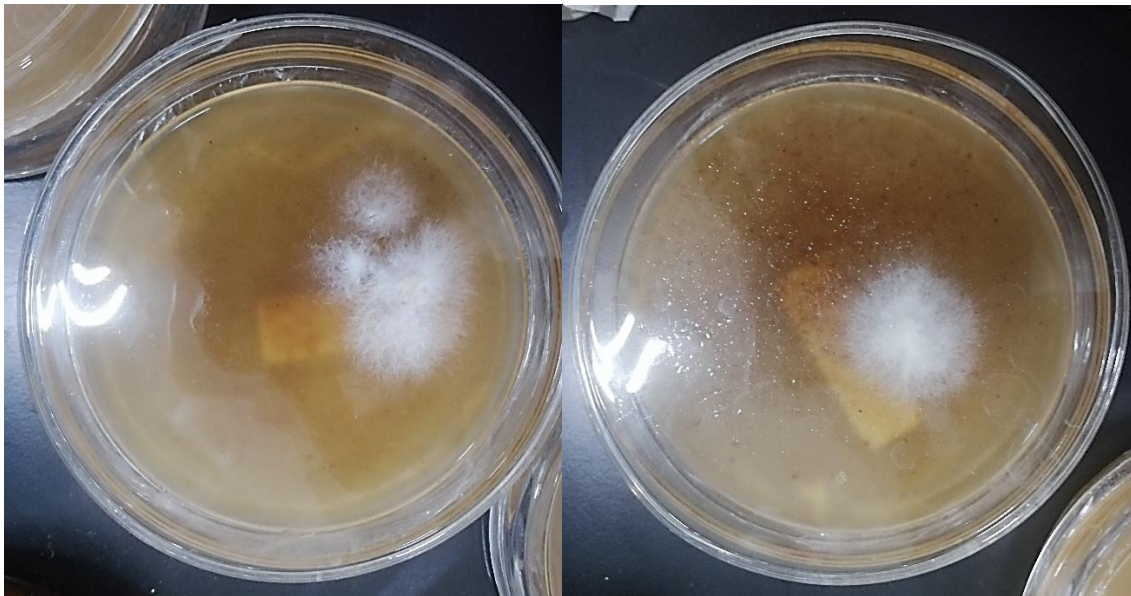


Figura 30. Primeros cultivos en caja Petri de HE

Para el cultivo sumergido (Figura 31), se preparó medio con agua, malta y cereal (malta-cereal). Fueron resembrados fragmentos de biomasa de medio agotado en matraces de 250 mL con el medio. Este proceso de cultivo también se realizó en varios momentos durante el proceso de redacción, a la par con los cultivos sólidos. El crecimiento se llevó a cabo en intervalos de agitación y sin agitación. Los intervalos de agitación se realizaban para que los nutrientes del medio, en constante contacto con el micelio, aumentaran el crecimiento del mismo, después se pasaba a intervalos sin agitación en los cuales se produciría cuerpo fructífero, siguiendo esta secuencia se notó un mayor crecimiento de cuerpo fructífero.

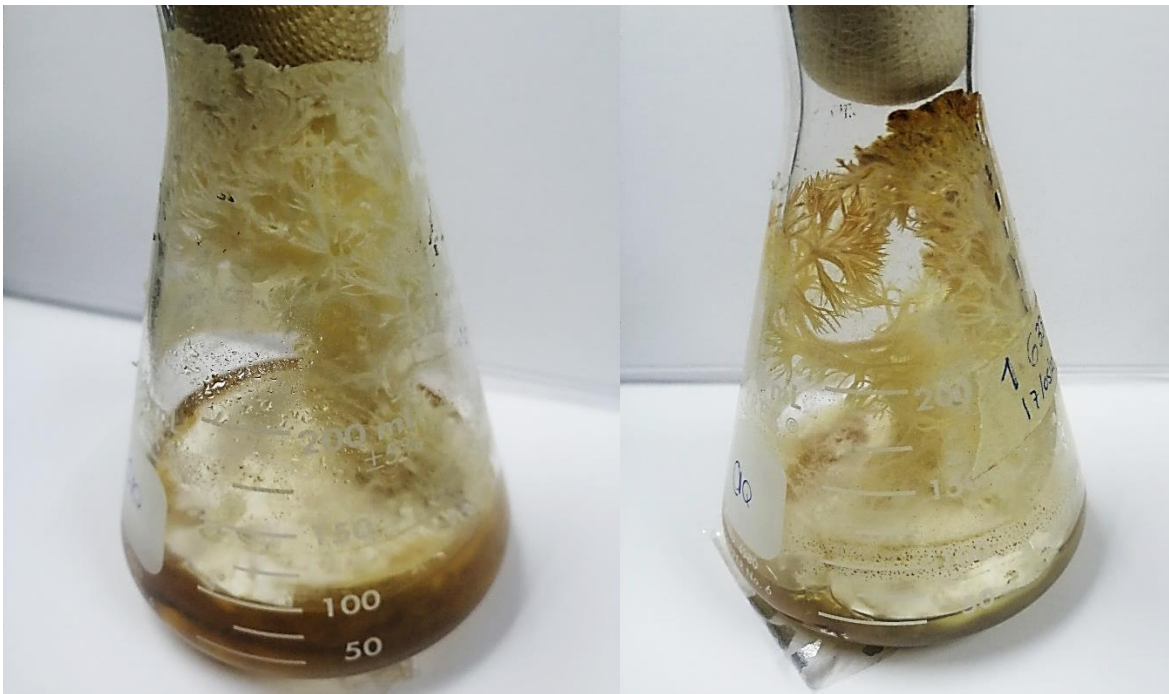


Figura 31. Cuerpo fructífero con tres meses de crecimiento

Se retiró el cuerpo fructífero de los cultivos en los que se obtuvo (Figura 32), y se secó. En algunos casos los matraces fueron sellados de nuevo para conservar el micelio y resembrar.

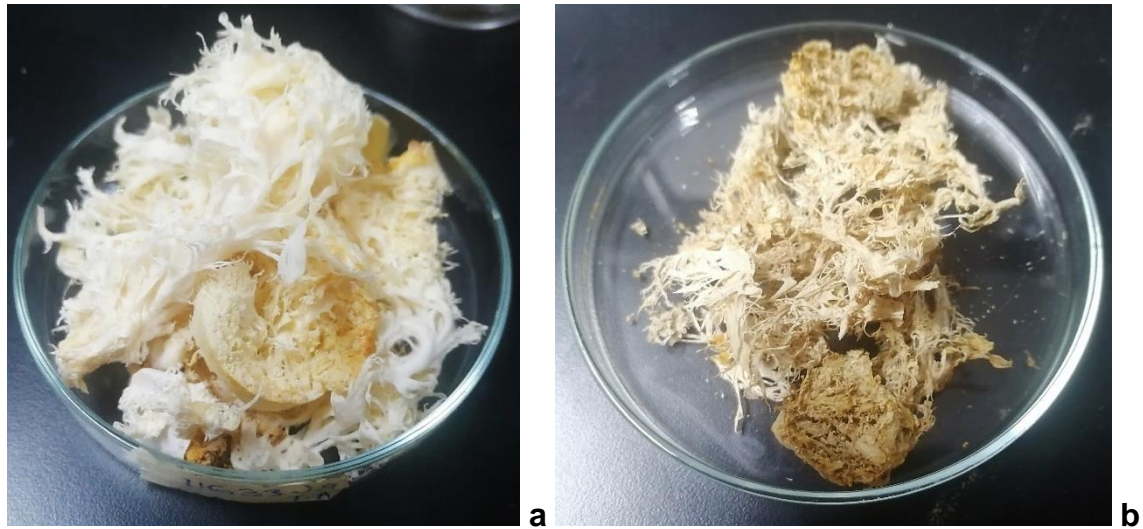


Figura 32. Cuerpo fructífero fresco (a) y seco (b)

Medios de cultivo

Como prueba extra, se realizaron cambios en la fuente de carbono de los medios de cultivo. La fuente de carbono principal era malta-cereal, esta fue sugerida como óptima por los micólogos del CIB, y correspondía químicamente con la información reportada sobre el medio de crecimiento en estado silvestre, que es madera de encino o pino; ésta y el cereal integral son ambos materia lignocelulósica.

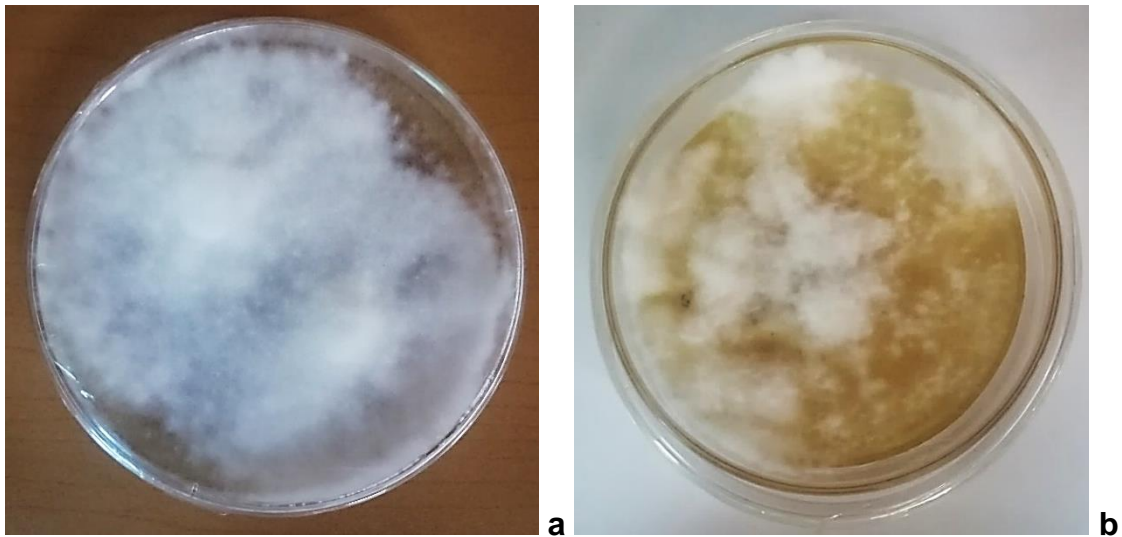


Figura 33. Cultivo en caja Petri con un mes de crecimiento en medio malta-cereal (a) y malta-sacarosa (b)

La segunda fuente de carbono propuesta fue malta-sacarosa, como se puede observar en la figura 33, el cultivo en caja Petri utilizando malta-cereal tuvo mayor producción de micelio en el mismo lapso de tiempo y con las mismas condiciones ambientales.

Para el caso del medio sumergido (figura 34), el cambio de fuente de carbono fue mucho más evidente. En un lapso de un mes, el crecimiento para el medio de malta-sacarosa fue mínimo, con apenas una pequeña cantidad de micelio, en cambio para la fuente malta-cereal, el cultivo ya empezaba a presentar indicios de cuerpo fructífero.

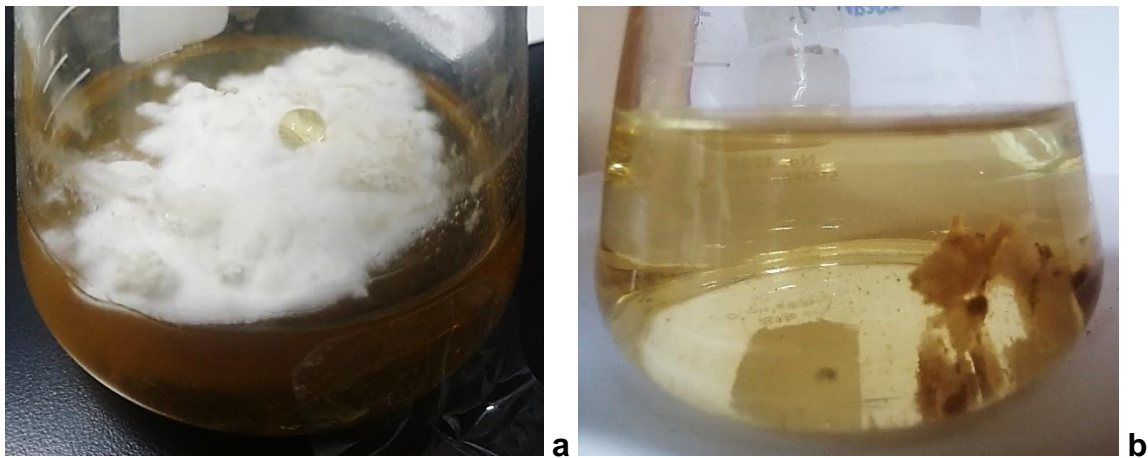


Figura 34. Cultivo sumergido con un mes de crecimiento en medio malta-cereal (a) y sacarosa (b)

Después de las pruebas de cambios de fuentes de carbono, se planeaba hacer análisis del mismo tipo que se hicieron para las demás muestras, tal como se presentan en la sección “Aislamiento y caracterización de metabolitos” de este escrito, pero por causas de fuerza mayor dichos análisis no pudieron llevarse a cabo. A pesar de esto, el material visual de los cultivos se presenta en la sección de anexos y apéndices.

Aislamiento y caracterización de metabolitos

Las muestras secas de cuerpo fructífero y biomasa de medio agotado de *H. erinaceus*, fueron sometidas a procesos de maceración para extracción de fases solubles en diclorometano (CH_2Cl_2) y hexano (C_6H_{14}). La maceración se realizó durante 48 horas, con dos repeticiones por disolvente para reconcentrar extractos (Figura 35).



Figura 35. Proceso de filtrado de extracciones

Los procesos de extracción siguieron pretendiendo obtener información del efecto de dos disolventes diferentes, de dos partes del hongo y en diferentes etapas de purificación de los extractos.

Se analizaron dos partes del hongo para saber qué tipo de compuestos se producen en la parte reproductiva (cuerpo fructífero) y en la parte del hongo real (BMA o micelio).

Las diferentes etapas de purificación tuvieron como propósito observar los compuestos que se mantienen en estas diferentes etapas, y eliminar contaminaciones que pudieran afectar el proceso analítico. Se esperaba observar en los resultados una pérdida de compuestos o disminución de la cantidad producida de los mismos conforme avanzaban las etapas.

Para el proceso de filtración (por gravedad) se utilizaron instrumentos básicos, como embudo y papel filtro (Figura 35). Todos los extractos obtenidos fueron sometidos a este proceso. Para la recuperación del disolvente y la obtención del extracto se utilizó un Rotavapor Büchi R-114. Los extractos se llevaron a dos temperaturas diferentes de evaporación, a 35°C para los de CH₂Cl₂ y a 60°C para los de hexano, aplicando vacío. Las muestras resultantes de este proceso fueron los extractos de hexano y CH₂Cl₂ de BMA, y de CH₂Cl₂ de cuerpo fructífero.

En la cromatografía en columna (Figura 36), se utilizaron pipetas graduadas de 10 mL con sílica gel como fase estacionaria. Como fase móvil se utilizó un gradiente de CH₂Cl₂ y metanol (CH₃OH), con 10 mL de CH₂Cl₂ fijos, y adiciones de cinco gotas de CH₃OH cada 10 mL. Las muestras resultantes de este proceso fueron tres, la primera de extracto de hexano de BMA con 10 mL de CH₂Cl₂ (indicada como fracción 1), la segunda de cuerpo fructífero en CH₂Cl₂ con 10 mL de CH₂Cl₂ (indicada como fracción 1) y la tercera de cuerpo fructífero con 8.5 mL CH₂Cl₂ – 1.5 mL CH₃OH (fracción 2). Esta última fue modificada en su gradiente, debido a que el analito dejó de eluir por la columna en la etapa a 10 mL de CH₂Cl₂ con 20 gotas de CH₃OH.

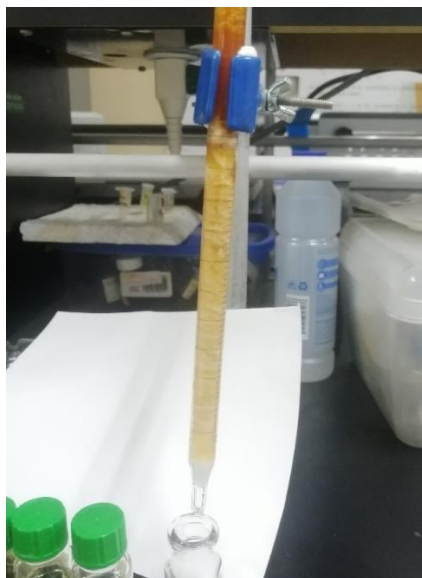


Figura 36. Extracto en cromatografía en columna

Las muestras obtenidas y las características ya mencionadas se presentan en la tabla 4, todas estas muestras se llevaron a análisis por GC-MS.

Tabla 4. Características de muestras para ser analizadas mediante GC-MS.

Código de muestra	Contenido de la muestra
ILR81	Biomasa Medio agotado/CH ₂ Cl ₂ /Rotaevaporador
ILR82	Cuerpo fructífero/Hexano Filtrado (extracto total)
ILR84	Cuerpo fructífero/CH ₂ Cl ₂ /Rotaevaporador
ILR89	Biomasa Medio agotado/Hexano/Columna Fracción 1
ILR90	Cuerpo fructífero/CH ₂ Cl ₂ /Columna Fracción 1
ILR93	Cuerpo fructífero/CH ₂ Cl ₂ /Columna Fracción 2
ILR107	Cuerpo fructífero/CH ₂ Cl ₂ /Filtrado (extracto total)

Para el análisis por GC-MS se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent modelo 6890 acoplado a un detector selectivo de masas Agilent modelo 5973N, utilizando una columna capilar HP-5MS de 30m x 0.250 ID (mm) x 0.25 Film (µm). El gas acarreador utilizado fue helio a flujo constante de un mililitro por minuto. La temperatura del inyector fueron 250°C en modo splitless, y la temperatura de la fuente de iones fue de 230°C.

El gradiente de temperatura del horno se inició a 40°C durante un minuto, incrementó a 10°C por minuto hasta alcanzar 250°C, y se mantuvo 5 minutos a esta temperatura, luego aumentó a 10°C por minuto hasta los 285°C y se mantuvo a esta temperatura durante 20 minutos.

El proceso de purificación y análisis sigue la secuencia descrita en la figura 37.

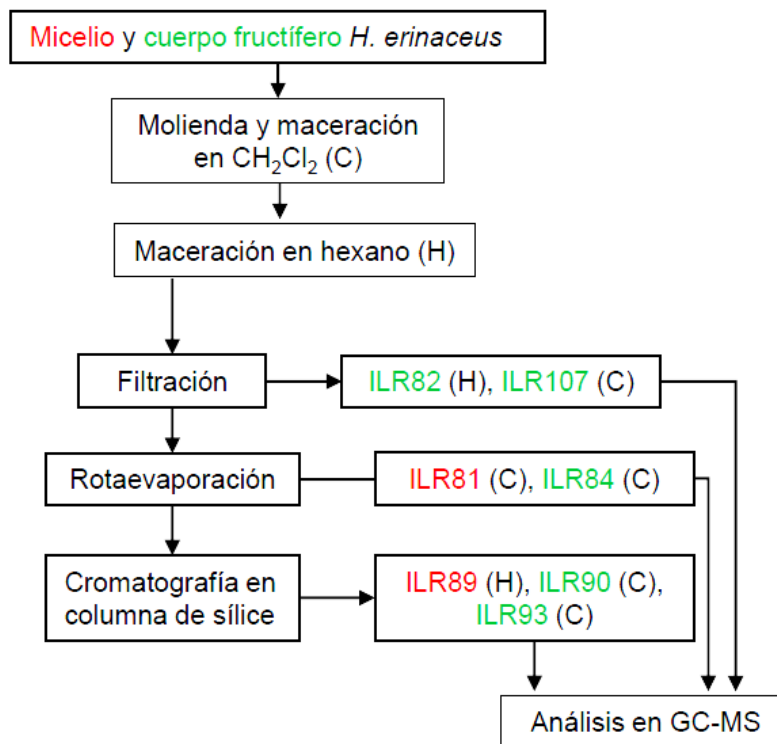


Figura 37. Etapas de purificación de extracciones.

Comparación del perfil químico

Contando con la investigación bibliográfica sobre el perfil químico de compuestos volátiles y volatilizables de *H. erinaceus*, se realizó una comparación de los compuestos obtenidos experimentalmente en este proyecto de investigación, identificados por GC-MS, con los registrados mediante esta investigación bibliográfica. Para identificar solo los compuestos provenientes del hongo, durante el procesamiento de los cromatogramas de los extractos se restaron los cromatogramas (resta de compuestos) del disolvente de extracción y del medio de cultivo malta-cereal. Un tercer filtro fue realizar la búsqueda de cada compuesto identificado en los extractos en la literatura científica, para sustentar si han sido ya reportados como productos naturales.

Después de esto se verificó la relación entre la actividad biológica reportada para el hongo y la actividad reportada para los compuestos obtenidos. Dichas comparaciones son presentadas en la sección de resultados.

Resultados

De los análisis por GC-MS se obtuvieron un conjunto de siete cromatogramas, los cuales se presentan a continuación:

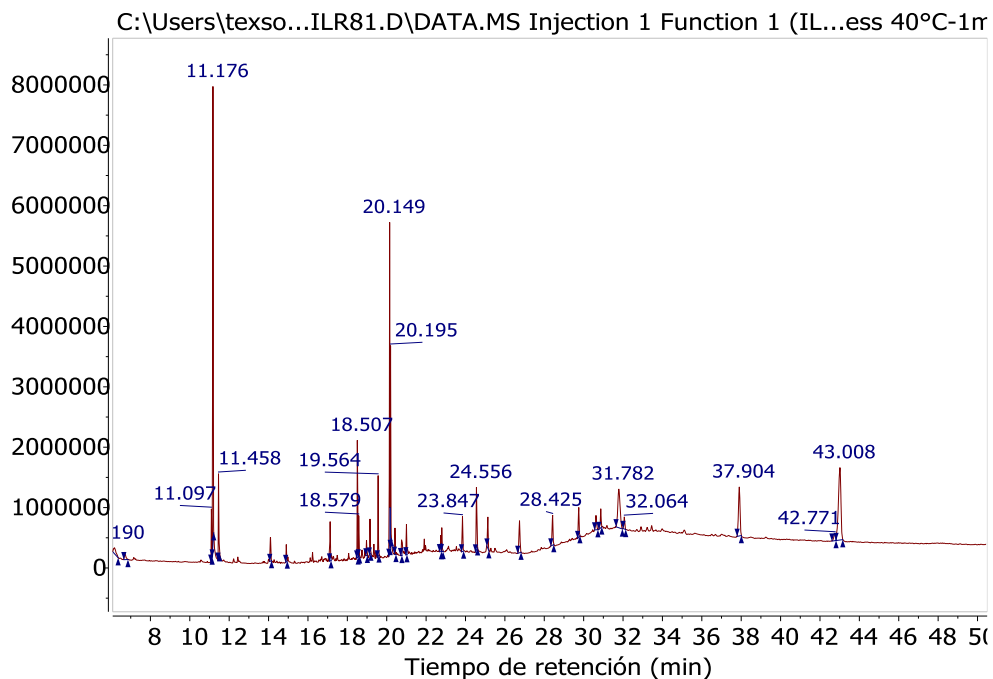


Figura 38. Cromatograma de extracto rotaevaporado de BMA en CH₂Cl₂

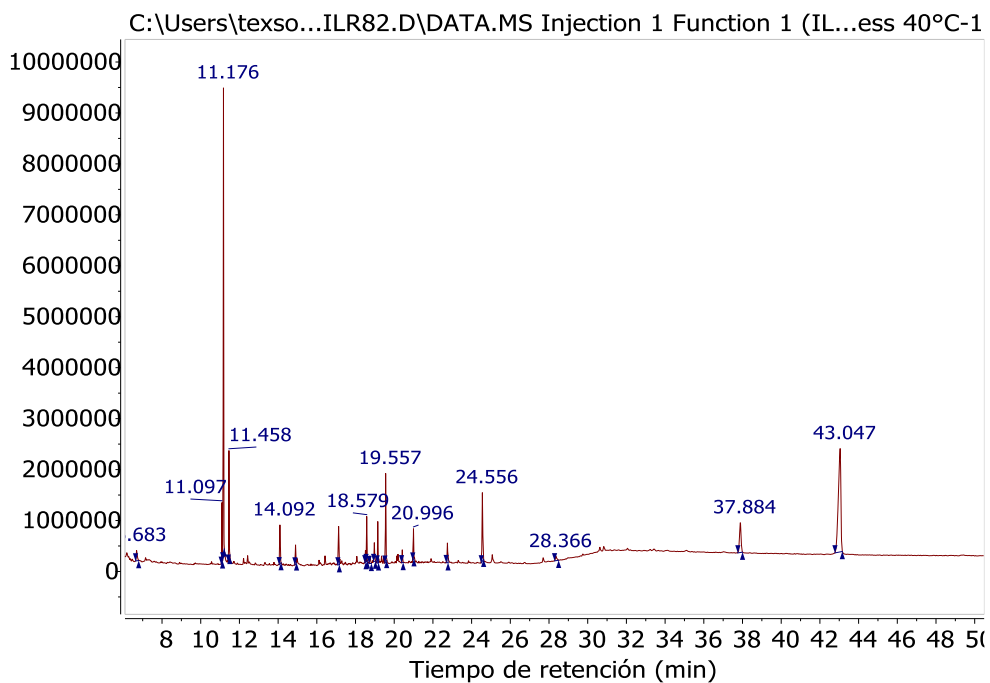


Figura 39. Cromatograma de extracto filtrado de cuerpo fructífero en hexano

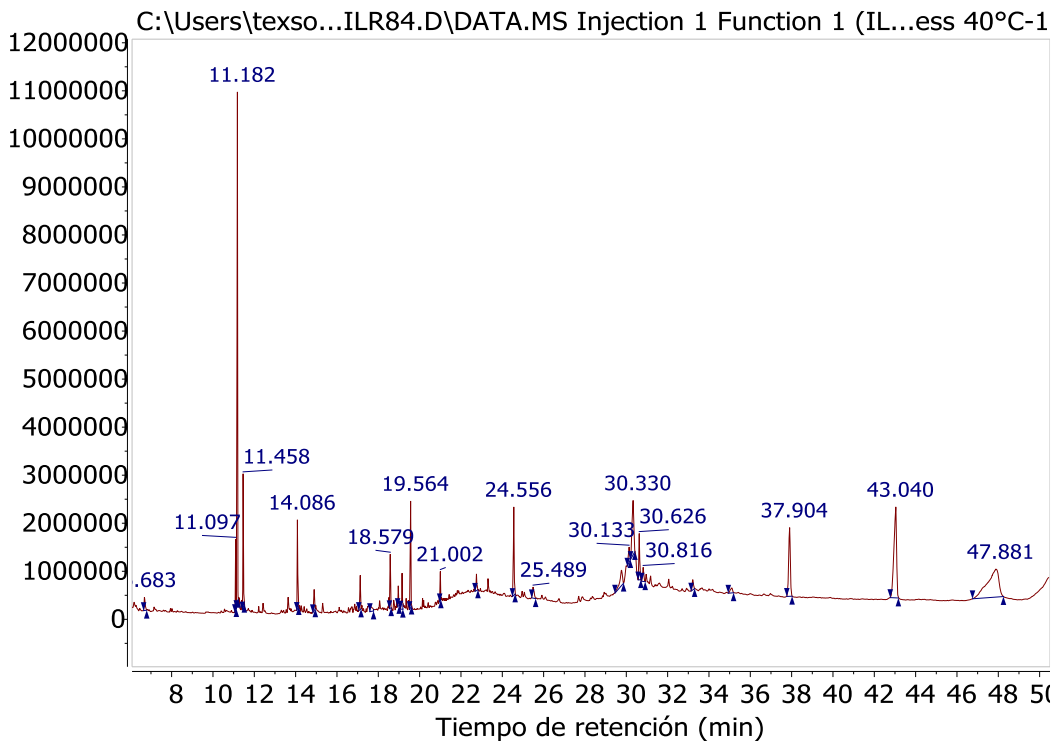


Figura 40. Cromatograma de extracto rotaevaporado de cuerpo fructífero en CH_2Cl_2

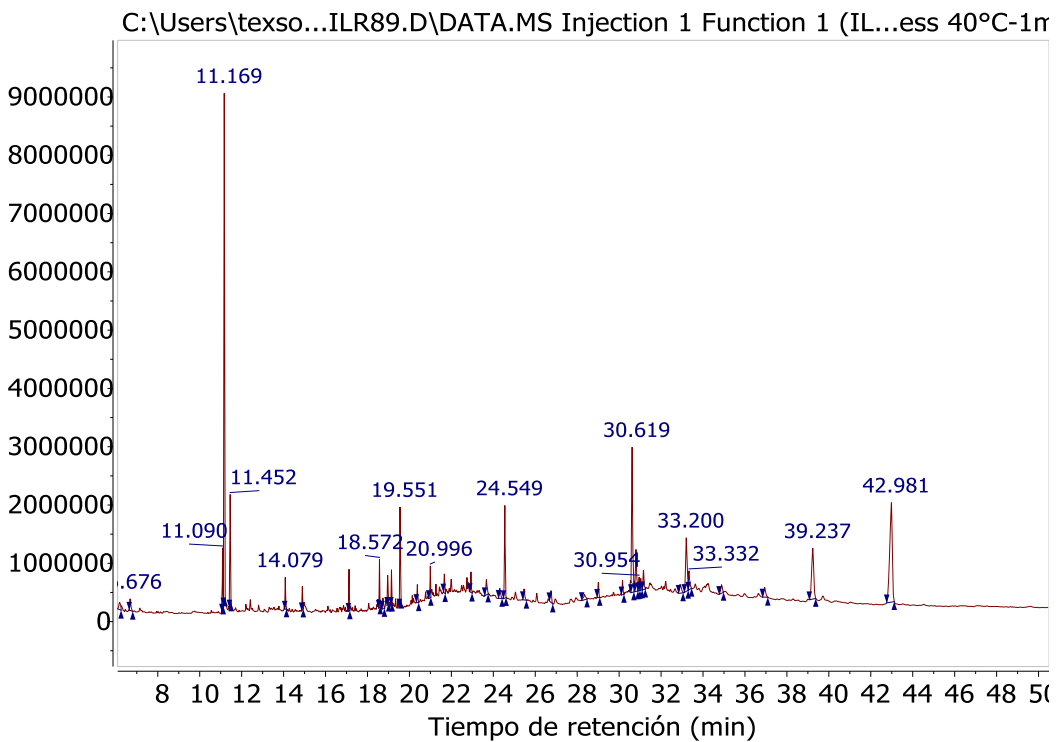


Figura 41. Cromatograma de extracto de fracción 1 de columna de BMA en hexano

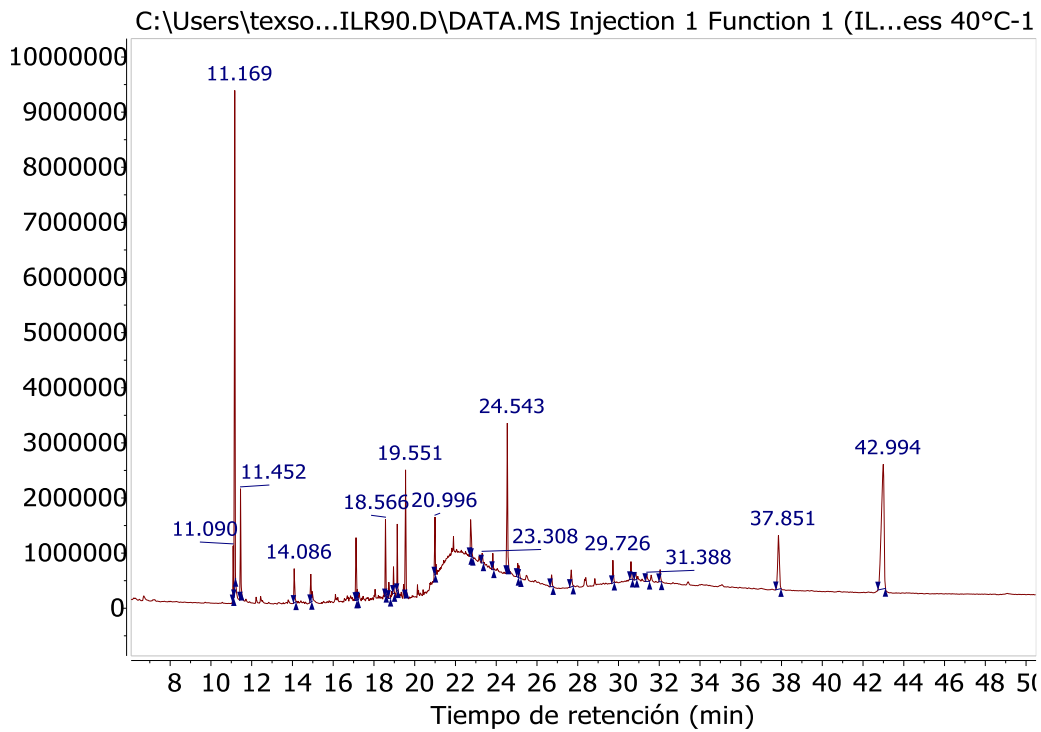


Figura 42. Cromatograma de extracto de fracción 1 de columna de cuerpo fructífero en CH₂Cl₂

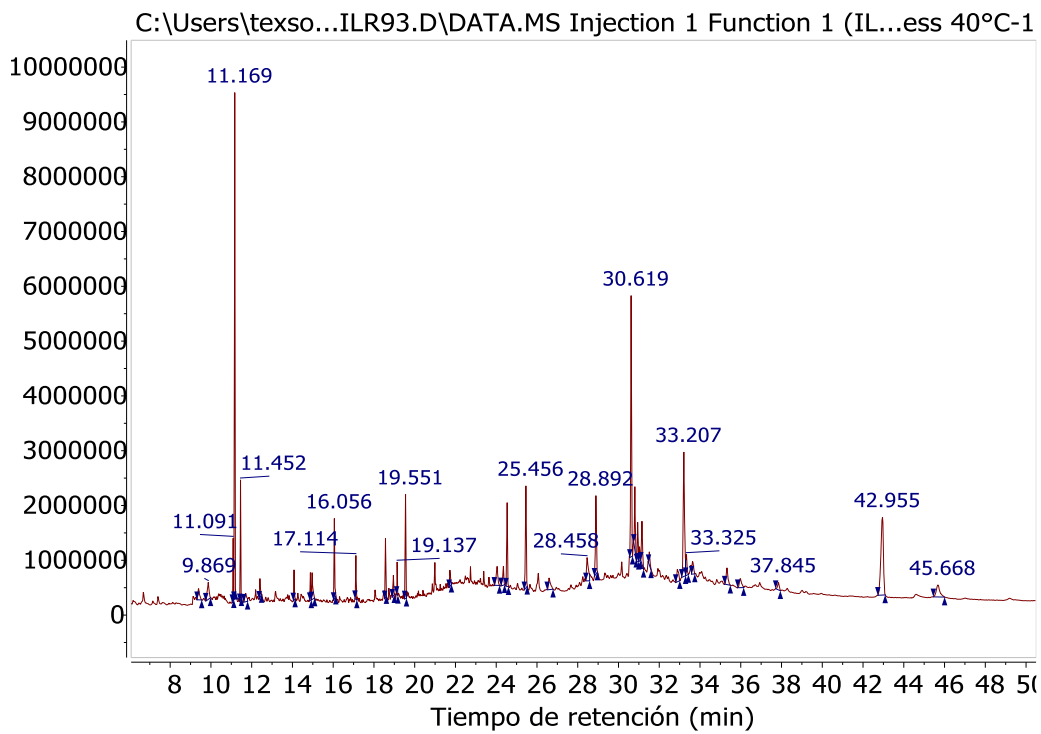


Figura 43. Cromatograma de extracto de fracción 2 de columna de cuerpo fructífero en CH₂Cl₂

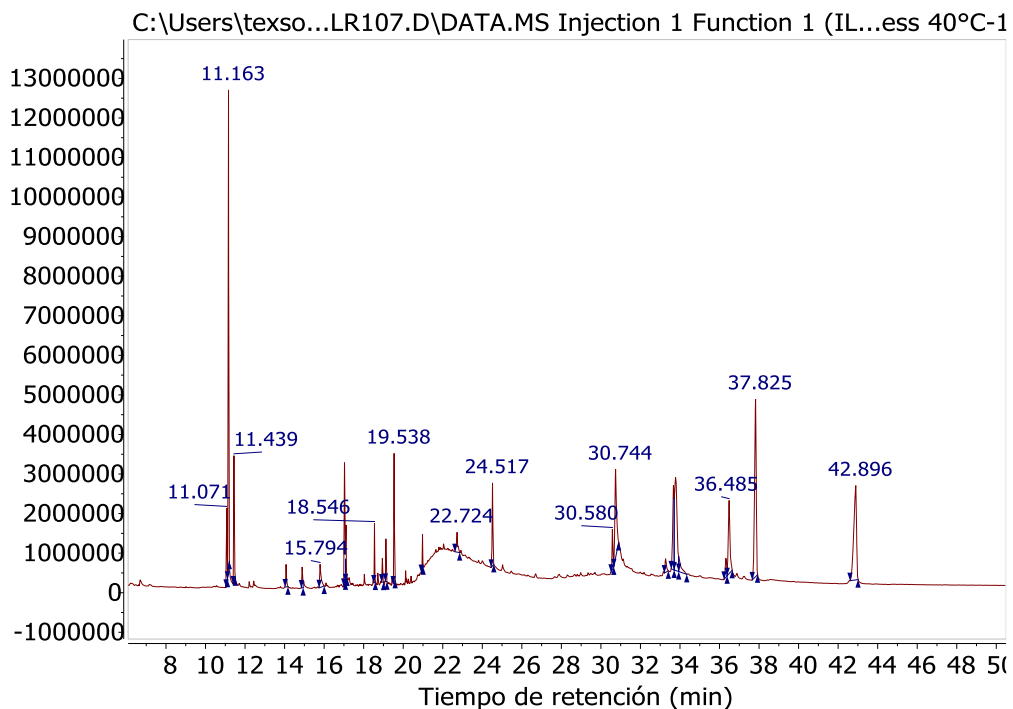


Figura 44. Cromatograma de extracto filtrado de cuerpo fructífero en CH_2Cl_2

Con la información proveniente de los espectros de masas (patrón de fragmentación) de cada componente de los cromatogramas de los extractos de *H. erinaceus*, se realizó una comparación en biblioteca utilizando la base de datos NIST 14 (*National Institute of Standards and Technology*) utilizando un 80% de puntaje de correspondencia en biblioteca.

Los reportes de los compuestos obtenidos experimentalmente se compararon con los publicados en la literatura, con la finalidad de obtener el perfil químico de compuestos volátiles y volatilizables del hongo. Esta información se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Compuestos identificados mediante análisis por GC-MS de *Hericium erinaceus*

No.	CAS	RT (min)	Nombre	Formula	Biomasa (Micelio)	Cuerpo fructífero						Ref	Ref en HE
					Área bajo la curva (x10 ⁷)								
					CH ₂ Cl ₂	Hexano		CH ₂ Cl ₂					
					Ext. Rotvap	Ext. Col. #12	Ext. Filtr	Ext. Filtr	Ext. Rotvap	Ext. Col. #1	Ext. Col. #10		
81	89	82	107	84	90	93							
1	611-14-3	6.183	o-Etiltolueno	C ₉ H ₁₂	-	-	0.034	-	0.042	-	-	55	-
2	125-12-2	11.09	Acetato de isobornilo	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	-	0.184	-	-	-	-	0.198	56	-
3	118452-32-7	12.404	3,6-dimetil-octan-2-ona	C ₁₀ H ₂₀ O	-	0.089	-	-	-	-	0.146	57	-
4	295-17-0	12.425	Ciclotetradecano	C ₁₄ H ₂₈	-	-	0.038	-	0.047	-	-	58	-
5	74663-85-7	12.437	Nonil-ciclopropano	C ₁₂ H ₂₄	0.025	-	-	-	-	-	-	59	-
6	4412-16-2	13.173	Ácido <i>trans</i> -2-dodecenoico	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	-	-	-	-	-	-	0.091	60	-
7	128-39-2	14.097	2,6-Di- <i>tert</i> -butilfenol	C ₁₄ H ₂₂ O	0.081	-	-	-	-	-	-	61	-
8	61141-72-8	14.276	4,6-Dimetildodecano	C ₁₄ H ₃₀	-	-	-	-	0.023	-	-	62	-
9	1883-13-2	14.881	Ácido 3-hidroxidodecanoico	C ₁₂ H ₂₄ O ₃	-	0.018	-	-	-	-	0.096	63	-
10	112-72-1	14.894	Tetradecanol	C ₁₄ H ₃₀ O	-	0.084	-	-	-	-	-	64	-
11	629-73-2	14.896	Ceteno	C ₁₆ H ₃₂	0.064	-	-	-	0.103	0.119	-	50	50
12	36653-82-4	14.899	Hexadecanol	C ₁₆ H ₃₄ O	-	-	0.086	-	-	-	-	65	-
13	17301-25-6	14.978	2,8-Dimetilundecano	C ₁₃ H ₂₈	-	-	0.03	-	-	-	-	66	-
14	62108-21-8	14.981	6-etil-2-metildecano	C ₁₃ H ₂₈	0.022	-	-	-	0.03	-	-	67	-
15	14905-56-7	16.109	2,6,10-Trimetil-tetradecano	C ₁₇ H ₃₆	-	-	-	-	-	0.03	-	68	-
16	124-10-7	16.423	Éster metílico del ácido mirístico	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	-	-	0.036	-	-	-	-	50	50
17	645-10-3	16.859	1,7-Dimetil-4-(1-metiletil)ciclododecano	C ₁₅ H ₃₀	-	-	-	-	0.044	-	-	69	-
18	112-88-9	17.12	Octadeceno	C ₁₈ H ₃₆	-	0.138	-	-	-	0.217	-	70	-
19	7206-19-1	17.127	<i>trans</i> -3- Octadeceno	C ₁₈ H ₃₆	0.11	-	0.136	-	0.152	-	-	71	-
20	6750-34-1	17.186	Hexa-hidro-farnesol	C ₁₅ H ₃₂ O	-	0.031	-	-	-	0.043	0.149	72	-
21	25360-09-2	17.285	<i>tert</i> -Hexadecanotiol	C ₁₆ H ₃₄ S	-	-	-	-	-	0.028	-	73	-
22	3891-98-3	17.29	Farnesan	C ₁₅ H ₃₂	0.015	-	-	-	-	-	-	74	-
23	38520-30-8	18.5	Éster metílico del ácido 9- <i>cis</i> -epoxi-oleico	C ₁₉ H ₃₆ O ₃	-	-	-	0.039	-	0.025	0.026	75	-
24	112-39-0	18.51	Éster metílico del ácido hexadecanoico	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.329	0.027	0.044	-	0.042	-	-	46	51

25	74685-29-3	19.15	(E)-9-Eicoseno	C ₂₀ H ₄₀	0.109	-	0.138	-	-	-	-	76	-
26	142-91-6	19.455	Palmitato de isopropilo	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	-	-	-	0.027	0.035	-	77	-
27	2566-97-4	20.144	Éster metílico del ácido linolelaídico	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	-	-	0.019	-	0.031	-	-	78	-
28	112-63-0	20.149	Ácido linoleico	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	0.853	-	-	-	-	-	-	48	51, 53
29	2345-29-1	20.192	Éster metílico del ácido 8-Octadecenoico	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	-	-	-	0.025	-	-	79	-
30	1937-62-8	20.196	Éster metílico del ácido elaídico	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	0.626	-	-	-	-	-	-	80	-
31	112-61-8	20.419	Éster metílico del ácido octadecanoico	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	0.066	-	0.041	-	-	-	-	81	-
32	544-35-4	20.75	Éster etílico del ácido linoleico	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	0.041	-	-	-	-	-	-	82	47
33	112-80-1	20.996	Ácido oleico	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	0.144	-	0.221	-	0.183	0.086	83	45, 48
34	1599-67-3	21.001	Docoseno	C ₂₂ H ₄₄	0.087	-	0.116	-	0.15	-	-	84	-
35	57-10-3	21.804	Ácido palmítico	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	-	-	0.03	-	-	-	85	45, 48, 51, 51, 53
36	28474-90-0	21.994	Dipalmitato de L-ascorbilo	C ₃₈ H ₆₈ O ₈	-	0.06	-	-	-	-	-	86	-
37	646-31-1	22.798	Tetracosano	C ₂₄ H ₅₀	0.074	-	-	-	-	-	-	87	-
38	1118-92-9	23.537	N,N-dimetiloctanamida	C ₁₀ H ₂₁ NO	0.021	-	-	-	-	-	-	88	-
39	105794-58-9	25.456	Heptatriacotanol	C ₃₇ H ₇₆ O	-	-	-	-	-	-	0.624	89	-
40	630-01-3	26.742	Hexacosano	C ₂₆ H ₅₄	0.185	-	-	-	-	-	-	90	-
41	60-33-3	27.952	Ácido linólico	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	0.056	-	-	-	-	-	91	48, 53
42	630-02-4	28.423	Octacosano	C ₂₈ H ₅₈	0.162	-	-	-	-	-	-	92	-
43	52557-29-6	28.458	16-Hidrogingenol	C ₂₀ H ₂₈ O ₆	-	-	-	-	-	-	0.25	93	-
44	629-94-7	32.061	Heneicosano	C ₂₁ H ₄₄	-	-	-	-	0.06	-	-	94	51, 53
45	1560-86-7	32.066	2-metil-nonadecano	C ₂₀ H ₄₂	0.062	-	-	-	-	-	-	95	-
46	516-85-8	33.2	Dehidroergosterol	C ₂₈ H ₄₂ O	-	0.414	-	-	-	-	0.993	96	-
47	31081-18-2	33.457	3-metil-5-propilnonano	C ₁₃ H ₂₈	0.037	-	-	-	-	-	-	97	-
48	57-87-4	33.779	Ergosterol	C ₂₈ H ₄₄ O	-	-	-	2.373	-	-	-	98	45, 47, 51,
Total de compuestos por muestra					19	11	11	4	13	8	10		

La actividad biológica de los compuestos incluidos en la tabla 5 se investigó en la bibliografía. La información obtenida se recopila en la tabla 6.

Tabla 6. Compuestos volátiles y volatilizables obtenidos de *H. erinaceus* con actividad biológica.

Compuesto	Actividad biológica	Ref
Acetato de isobornilo	Antibacterial	99
Ciclotetradecano	Antimicrobiana	100
Nonil-ciclopropano	Anestésico	59
2,6-Di- <i>tert</i> -butilfenol	Antioxidante	101
4,6-Dimetildodecano	Antimicrobiana	102
Ácido 3-hidroxidodecanoico	Antifúngica	103
Tetradecanol	Potencial actividad anticancerígena	104
Hexadecanol	Antimicrobiana y antiinflamatoria	59
2,8-Dimetilundecano	Antibacterial	105
Éster metílico del ácido mirístico	Antimicrobiana y antioxidante	106
1,7-Dimetil-4-(1-metiletil)ciclododecano	Antimicrobiana	107
Octadeceno	Antibacterial, antioxidante y anticancerígena	100
<i>trans</i> -3- Octadeceno	Antibacterial, antioxidante y anticancerígena	108
Hexa-hidro-farnesol	Antibacterial	72
<i>tert</i> -Hexadecanotiol	Antibacterial, antioxidante	109
Éster metílico del ácido hexadecanoico	Promueve la dilatación aórtica, promueve la autólisis, inhibe la fagocitosis	100
(<i>E</i>)-9-Eicoseno	Antimicrobiana y antioxidante	110
Palmitato de isopropilo	Antiinflamatorio	111
Éster metílico del ácido linoleáidico	Antibacterial, antiviral	112
Ácido linoleico	Regula la melanogénesis	113
Éster metílico del ácido 8-Octadecenoico	Antibacterial, antioxidante	114
Éster metílico del ácido elaídico	Potencial espasmolítico, broncodilatador, vasodilatador	80
Éster metílico del ácido octadecanoico	Antihelmíntica, inhibe la GABA aminotransferasa, antinociceptivo, regula el metabolismo lipídico intestinal, antiinflamatorio e inhibe la actividad del ácido gástrico	100
Éster etílico del ácido linoleico	Antiinflamatorio	115
Ácido oleico	Antimicrobiana, antibacterial, antiinflamatoria y antioxidante	100
Docoseno	Antibacterial	100
Ácido palmítico	Anticancerígena, antiinflamatoria, antioxidante, hipocolesterolémica, pesticida, nematocida, antiandrógeno	85, 100
Dipalmitato de <i>L</i> -ascorbilo	Potencial actividad anticancerígena	116
Tetracosano	Anticancerígena	117

<i>N,N</i> -dimetiloctanamida	Antibacterial	88
Heptatriacotanol	Antibacterial	118
Hexacosano	Antimicrobiana	90
Octacosano	Antimicrobiana, antiinflamatoria y antioxidante	119
Heneicosano	Antimicrobiana	120
2-metil-nonadecano	Antibiofilm	102
Dehidroergosterol	Potencial para el tratamiento contra la demencia	121
Ergosterol	Provitamina D2 (Potencial para el tratamiento de cáncer de color y próstata)	122

Discusión

De la información recaba sobre el perfil químico de *H. erinaceus*, se registraron estructuras de compuestos identificados para el hongo (por RMN), una tabla que presenta la actividad biológica descubierta hasta el momento para estos compuestos, en donde se puede identificar la gran capacidad del hongo para buscar tratamientos alternativos para enfermedades neurodegenerativas, tumores y cáncer. Además, se presenta una tabla comparativa con compuestos reportados por GC-MS hasta abril de 2023, esta reúne 244 compuestos.

Se cultivo el hongo en dos diferentes medios y se pudo determinar visualmente que el medio óptimo para el crecimiento de biomasa del hongo es malta con cereal, ya sea en cultivo solido o líquido.

Después de realizar los cultivos, se llevaron a cabo análisis por GC-MS, los cuales mostraron la presencia de 48 compuestos, de los cuales solamente 10 (11, 16, 24, 28, 32, 33, 35, 41, 44, 48) se encontraban ya reportados, agregándose 38 compuestos (1-10, 12-15, 17-23, 25-27, 29-31, 34, 36-40, 42, 43, 45-47) al perfil químico del hongo. De los 48 compuestos se pudieron identificar toluenos, terpenos, alcoholes, cicloalcanos, ácidos grasos, fenoles, alcanos ramificados, hidrocarburos de cadena larga, alcanotioles, quinonas, flavonoides, hidrocarburos alifáticos, alquenos de cadena lineal y esteroides.

Con respecto a las condiciones del proceso experimental, se puede observar que el disolvente con mayor capacidad de extracción fue el hexano, llegándose a observar 11 compuestos del extracto de cuerpo fructífero solamente realizando filtración, en comparación con los cuatro observados extrayendo con diclorometano igualmente en cuerpo fructífero.

A su vez, se denota que, utilizando micelio, se observaron una mayor cantidad de compuestos en muestra, esto se hizo en conjunto de rotavaporación. Al realizar una comparación se indican 19 compuestos en esta muestra contra los 13 presentes en cuerpo fructífero utilizando las mismas condiciones de extracción. Este hecho podría deberse a que en el proceso de crecimiento del hongo es necesaria

una producción de metabolitos elevada para asegurar que el medio donde crecerá es óptimo. Si esto es correcto, entonces los procesos analíticos realizados sobre el hongo podrían enfocarse a futuro para ser realizados con micelio. Este punto es importante debido a que todos los reportes encontrados sobre procesos analíticos para el perfil químico del hongo, se realizaron utilizando cuerpos fructíferos. Tomando esto en cuenta, se podrían obtener productos comerciales de la especie con mayor concentración de compuestos importantes, utilizando principalmente micelio para su preparación.

Revisando el proceso de extracción, se puede ver que en los casos en donde se llegó solamente a la rotavaporación, los análisis presentaron una mayor cantidad de compuestos, tales casos son las muestras 81 y 84, que fueron realizadas con el mismo disolvente y con diferentes partes del hongo, pero para una comparación más válida, muestras realizadas con la misma parte del hongo y diferente proceso de extracción, el caso de las muestras 84 con rotavaporación y 93 con columna, se puede ver que la disminución de 13 a 10 compuestos, esto nos indicaría que el uso del rotavapor es importante para visualizar compuestos en la especie.

Con el fin de presentar los compuestos presentes en mayor cantidad en los análisis, se hicieron dos conjuntos, el primer conjunto contiene los ocho compuestos presentes en mayor cantidad en cada una de las muestras. Este conjunto se hizo tomando como criterio de elección el segundo menor número total de compuestos por muestra, que es de ocho y le corresponde a la muestra 90. Para el segundo conjunto, se tomó el menor número total de compuestos por muestra, que es de cuatro compuestos y le corresponde a la muestra 107. Estos conjuntos se reúnen en la tabla 7, el conjunto de cuatro compuestos se indica en una primera sección y el conjunto de ocho compuestos se completa con los compuestos presentes en la segunda y primera sección.

Tabla 7. Compuestos con mayor presencia por muestra (selección por dos criterios)

No.	CAS	RT (min)	Nombre	Formula	Biomasa (Micelio)			Cuerpo fructífero			
					Área bajo la curva (x10 ⁷)						
					CH ₂ Cl ₂		Hexano		CH ₂ Cl ₂		
					Ext. Rotvap	Ext. Col. #12	Ext. Filtr	Ext. Filtr	Ext. Rotvap	Ext. Col. #1	Ext. Col. #10
81	89	82	107	84	90	93					
Conjunto de cuatro y ocho compuestos por muestra											
2	125-12-2	11.09	Acetato de isobornilo	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	-	0.184	-	-	-	-	0.198
11	629-73-2	14.896	Ceteno	C ₁₆ H ₃₂	0.064	-	-	-	0.103	0.119	-
12	36653-82-4	14.899	Hexadecanol	C ₁₆ H ₃₄ O	-	-	0.086	-	-	-	-
18	112-88-9	17.12	Octadeceno	C ₁₈ H ₃₆	-	0.138	-	-	-	0.217	-
19	7206-19-1	17.127	<i>trans</i> -3-Octadeceno	C ₁₈ H ₃₆	0.11	-	0.136	-	0.152	-	-
20	6750-34-1	17.186	Hexa-hidro-farnesol	C ₁₅ H ₃₂ O	-	0.031	-	-	-	0.043	0.149
23	38520-30-8	18.5	Ester metílico del ácido 9- <i>cis</i> -epoxi-oleico	C ₁₉ H ₃₆ O ₃	-	-	-	0.039	-	0.025	0.026
24	112-39-0	18.51	Éster metílico del ácido hexadecanoico	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.329	0.027	0.044	-	0.042	-	-
25	74685-29-3	19.15	Éster metílico del ácido hexadecanoico	C ₂₀ H ₄₀	0.109	-	0.138	-	-	-	-
28	112-63-0	20.149	Éster metílico del ácido linoleáidico	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	0.853	-	-	-	-	-	-
30	1937-62-8	20.196	Éster metílico del ácido 8-Octadecenoico	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	0.626	-	-	-	-	-	-
33	112-80-1	20.996	Éster etílico del ácido linoleico	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	-	0.144	-	0.221	-	0.183	0.086
34	1599-67-3	21.001	Ácido oleico	C ₂₂ H ₄₄	0.087	-	0.116	-	0.15	-	-
35	57-10-3	21.804	Docoseno	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	-	-	0.03	-	-	-
39	105794-58-9	25.456	<i>N,N</i> -dimetiloctanamida	C ₃₇ H ₇₆ O	-	-	-	-	-	-	0.624
40	630-01-3	26.742	Heptatriacotanol	C ₂₆ H ₅₄	0.185	-	-	-	-	-	-
43	52557-29-6	28.458	Octacosano	C ₂₀ H ₂₈ O ₆	-	-	-	-	-	-	0.25
44	629-94-7	32.061	16-Hidroingenol	C ₂₁ H ₄₄	-	-	-	-	0.06	-	-
46	516-85-8	33.2	2-metil-nonadecano	C ₂₈ H ₄₂ O	-	0.414	-	-	-	-	0.993
48	57-87-4	33.779	3-metil-5-propilnonano	C ₂₈ H ₄₄ O	-	-	-	2.373	-	-	-
Conjunto de ocho compuestos por muestra restantes											
3	118452-32-7	12.404	3,6-dimetil-octan-2-ona	C ₁₀ H ₂₀ O	-	0.089	-	-	-	-	0.146
4	295-17-0	12.425	Ciclotetradecano	C ₁₄ H ₂₈	-	-	0.038	-	0.047	-	-
6	4412-16-2	13.173	Ácido <i>trans</i> -2-dodecenoico	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	-	-	-	-	-	-	0.091
9	1883-13-2	14.881	Ácido 3-hidroxidodecanoico	C ₁₂ H ₂₄ O ₃	-	0.018	-	-	-	-	0.096
10	112-72-1	14.894	Tetradecanol	C ₁₄ H ₃₀ O	-	0.084	-	-	-	-	-
15	14905-56-7	16.109	2,6,10-Trimetil-tetradecano	C ₁₇ H ₃₆	-	-	-	-	-	0.03	-
16	124-10-7	16.423	Éster metílico del ácido mirístico	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	-	-	0.036	-	-	-	-
21	25360-09-2	17.285	<i>tert</i> -Hexadecanotiol	C ₁₆ H ₃₄ S	-	-	-	-	-	0.028	-
26	142-91-6	19.455	(<i>E</i>)-9-Eicoseno	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	-	-	-	-	0.027	0.035	-
31	112-61-8	20.419	Éster metílico del ácido elaídico	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	0.066	-	0.041	-	-	-	-
36	28474-90-0	21.994	Ácido palmítico	C ₃₈ H ₆₈ O ₈	-	0.06	-	-	-	-	-
41	60-33-3	27.952	Hexacosano	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	-	0.056	-	-	-	-	-
42	630-02-4	28.423	Ácido linólico	C ₂₈ H ₅₈	0.162	-	-	-	-	-	-

En la tabla 7 podemos observar que, de todas las muestras, los compuestos presentes en al menos tres de estas son los siguientes (entre paréntesis se indica la cantidad de muestras en las que está presente): ceteno (3), *trans*-3-octadeceno (3), hexa-hidro-farnesol (3), éster metílico del ácido 9-*cis*-epoxi-oleico (3), éster metílico del ácido hexadecanoico (4), éster etílico del ácido linoleico (4) y ácido oleico (3). Con esta información se puede decir que el tipo de compuestos característicos de los cultivos del hongo son ácidos grasos, más específicamente el ácido oleico.

Con respecto a la actividad reportada para algunos de los compuestos identificados, se encontró la antimicrobiana, antibacterial, anticancerígena, antiinflamatoria, antioxidante, antiviral y neuroprotectora, esta última es la actividad reportada para el hongo. Además, se encontró que algunos compuestos presentes en las muestras poseen actividad cardioprotectora, los compuestos son el éster metílico del ácido elaídico, y el éster metílico del ácido hexadecanoico. Esta actividad biológica aún no ha sido registrada para compuestos presentes en el hongo.

Conclusiones

- Hasta abril de 2023, 332 compuestos (244 identificados por GC-MS y 88 caracterizados por métodos espectroscópicos y espectrométricos) conforman el perfil químico de *H. erinaceus*. Estos 332 compuestos se agrupan en las siguientes categorías: ácidos carboxílicos, aminoácidos, ácidos grasos, esteroides, aminas, flavonoides, alcoholes, aldehídos, haloalcanos, alcanotioles, cetonas, nitroalcanos y terpenos, de los cuales, los tipos de compuestos que caracterizan la especie son ácidos grasos, aminoácidos y alcoholes.
- *H. erinaceus* se cultivó como micelio y cuerpo fructífero en dos diferentes medios de crecimiento, utilizando dos fuentes de carbono. Del análisis de estas matrices, en el presente trabajo se identificó un total de 48 compuestos mediante GC-MS.
- De los 48 compuestos identificados, 10 ya han sido reportados para el género, agregando 38 nuevos compuestos al perfil químico de *H. erinaceus*, los cuales pertenecen a los siguientes tipos estructurales de compuestos: toluenos, terpenos, alcoholes, cicloalcanos, ácidos grasos, fenoles, alcanos ramificados, hidrocarburos de cadena larga, alcanotioles, quinonas, flavonoides, hidrocarburos alifáticos, alquenos de cadena lineal y esteroides. De estos últimos, los más representativos de *H. erinaceus* son ácidos grasos y ésteres de los mismos.
- De acuerdo con el número de compuestos extraídos, la matriz más productiva de *H. erinaceus* es el micelio cuando se utiliza hexano como disolvente de maceración.
- El análisis de las actividades biológicas reportadas para los 48 compuestos identificados en este trabajo indica que, en su conjunto validan los usos atribuidos al hongo en la medicina tradicional.
- También se encuentra reportado para algunos de los compuestos la actividad cardioprotectora, la cual no ha sido reportada hasta ahora para este hongo.

Perspectivas

- Llevar a cabo el estudio químico de *H. erinaceus* por métodos espectrométricos y espectroscópicos, para establecer el perfil químico de sus componentes no detectables por GC-MS.
- Considerar análisis más amplios para el micelio, para así determinar todo su potencial de producción química
- Establecer el potencial de *H. erinaceus* como cardioprotector

Bibliografía

- (1) Thongbai, B.; Rapior, S.; Hyde, K.D.; Wittstein, K.; Stadler, M. *Hericium Erinaceus*, an Amazing Medicinal Mushroom. *Mycol. Prog.* **2015**, *14* (91), pp. 1–23. <https://doi.org/10.1007/s11557-015-1105-4>.
- (2) Morley, J.E.; Farr, S.A.; Nguyen, A.D. Alzheimer Disease. *Clin. Geriatr. Med.* **2018**, *34* (4), pp. 591-601. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2018.06.006>.
- (3) Sharifi-Rad, J.; Butnariu, M.; Ezzat, S.M.; Adetunji, C.O.; Imran, M.; Sobhani, S.R.; Tufail, T.; Hosseinabadi, T.; Ramírez-Alarcón, K.; Martorell, M.; Maroyi, A.; Martins, N. Mushrooms-Rich Preparations on Wound Healing: From Nutritional to Medicinal Attributes. *Front. Pharmacol.* **2020**, *11* (2020), pp. 1-9. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.567518>.
- (4) Valverde, M.E.; Hernández-Pérez, T.; Paredes-López, O. Edible Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life. *Int. J. Microbiol.* **2015**, *2015*, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1155/2015/376387>.
- (5) L. Primm, S. *Huitlacoche*. <https://www.inaturalist.org/observations/138190794> (consultado 2023-03-20).
- (6) Weber, H. Politics of ‘Leaving No One Behind’: Contesting the 2030 Sustainable Development Goals Agenda. *Globalizations.* **2017**, *14* (3), pp. 399-414. <https://doi.org/10.1080/14747731.2016.1275404>.
- (7) Harland, W. *Hongo Matamoscas*. <https://www.inaturalist.org/observations/152007987> (consultado 2023-03-26).
- (8) Lucía Camargo-Ricalde, S.; Montañón, N.M.; De La Rosa-Mera, C.J.; Adriana, S.; Arias, M. Micorrizas: una gran unión debajo del suelo. *RDU.* **2012**, *13* (7), pp. 1-19. <https://www.ru.tic.unam.mx/handle/123456789/2038>
- (9) Morquecho Pedraza, M.; Bellettini, M.B.; Fiorda, F.A.; Maieves, H.A.; Teixeira, G. L.; Ávila, S.; Hornung, P.S.; Júnior, A.M.; Ribani, R.H. Valorización Del Bagazo De Malta Para Producción De Biogás Mediante Digestión Anaerobia Y Comparación Con Su Digestato Para Cultivo De *Pleurotus Ostreatus*. *UAEMéx RI.* **2020**, p. 20. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/109983>
- (10) Bezuidenhout, L. *Setas*. <https://www.inaturalist.org/observations/151939483> (consultado 2023-03-26).
- (11) Rojas Allende, D.; Figueras Díaz, F.; Durán Agüero, S. Ventajas y Desventajas Nutricionales de Ser Vegano o Vegetariano. *Rev. Chil. Nutr.* **2017**, *44* (3), pp. 218–225. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182017000300218&script=sci_arttext

- (12) Ho, L.H.; Asyikeen Zulkifli, N.; Tan, T.C. Edible Mushroom: Nutritional Properties, Potential Nutraceutical Values, and Its Utilisation in Food Product Development. En *An Introduction to Mushroom*. **2020**, pp. 19-37. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91827>.
- (13) Vargas, C. Importancia Nutricional de La Carne. *IIAREN-INIAP*. **2018**, 5 (ESPECIAL), pp. 54-61. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182018000300008&script=sci_arttext
- (14) Mazza, A. *Champiñón de Monte*. <https://www.inaturalist.org/observations/145692794> (consultado 2023-03-26).
- (15) hidehiko_i. *Shiitake*. <https://www.inaturalist.org/observations/149823388> (consultado 2023-03-26).
- (16) Sosnovshchenko, A. *Setas*. <https://www.inaturalist.org/observations/152380906> (consultado 2023-03-26).
- (17) Clarfield, C. *Hongo de Invierno*. <https://www.inaturalist.org/observations/152194259> (consultado 2023-03-26).
- (18) De Vega Luttmann, G. Evaluación de La Actividad Enzimática de *Hericiium erinaceus* En Residuos Agroforestales. *UAEH*. Tulancingo, Hidalgo, México. **2021**, p. 33. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/2751>.
- (19) Ko, H.G.; Park, H.G.; Park, S.H.; Choi, C.W.; Kim, S.H.; Park, W.M. Comparative Study of Mycelial Growth and Basidiomata Formation in Seven Different Species of the Edible Mushroom Genus *Hericiium*. *Bioresour. Technol*. **2005**, 96 (13), pp. 1439–1444. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.12.009>.
- (20) Tokay, B.A. Biomass Chemicals en *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. **2000**, pp. 1-7. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/14356007.a04_099
- (21) Encinas Soto, K.K. Determinación del Mecanismo de Hidrólisis Ácida de Hemicelulosa de *Cenchrus Ciliaris*. *UNISON*. Hermosillo, Sonora, México. **2016**, pp. 11-12. <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/20.500.12984/520>
- (22) Chávez-Sifontes, M.; Domine, M.E. Lignina, Estructura y Aplicaciones: Métodos de Despolimerización para la Obtención de Derivados Aromáticos de Interés Industrial. *ACI*. **2013**, 4 (4), pp. 15–46. <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323629266003.pdf>
- (23) Pássaro Carvalho, C.P.; Rivera Narváez, C.M.; Román Páez, M.A.; Cardona Bermúdez, L.M.; Muñoz Echeverri, L.M.; David Gómez, D.; Quiceno Rico, J.M.; Rojas Bedoya, L.C. Guía sobre Principios Básicos de Cromatografía y sus

- Aplicaciones. *SENA*. Rionegro, Antioquia, Colombia. **2016**, p. 23. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4694/guia_cromatograf%EDa.pdf;jsessionid=ACC30497269608591828BC2003E5D2B3?sequence=1
- .
- (24) Martínez Alvarez, R. La Espectrometría de Masas. Nacimiento, Desarrollo, Evolución y Aplicaciones Modernas. *An. R. Soc. Esp. Fis. Quim.* **2002**, Segunda época, Julio-Septiembre, pp. 5–15. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/870855.pdf>
- (25) Banerjee, S.; Mazumdar, S. Electrospray Ionization Mass Spectrometry: A Technique to Access the Information beyond the Molecular Weight of the Analyte. *Int J Anal Chem* **2012**, 2012, pp. 1–40. <https://www.hindawi.com/journals/ijac/2012/282574/>
- (26) Gallegos Perez, J.L. Aplicación de La Espectrometría de Masas En Proteómica Para La Búsqueda de Biomarcadores (Application of Mass Spectrometry for Biomarkers Searching). *Mensaje Bioquímico*. **2009**, 33 (2009), pp. 131-146. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/41663329/Aplicacin_de_la_Espectrometra_de_Masas_e20160127-3609-1laf3pe-libre.pdf?1453943315=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAplicacion_de_la_Espectrometria_de_Masas.pdf&Expires=1686188677&Signature=fYddIYPZ3bJxhiJGLe2lXmOUUDUQLEBhfvn1vbzD8cWhAU01Z-ux03BpCMmBhe2lZns8JT09EcFzlnna3-gcz30ZSgETkhbceqLztVZTZBW7kY3A7MusNg2UppPvegnlVXjsKc-TvpRd2sxQbafGtFQTnZwn9-Utin4mLu0Gib1dMexMsULBMFbWTHQokqEiYpVcCdc4ZQA0fXzyJpoaKL5oJL3fvBkN0v0EkeKlHKT8Offtp9eP-0Mj25OGNCdChSzi38QALYnsJlfq3TojSduKaDh7kZ6z2sVWkc-E06YUGQJ46HYCYCY7w4o0TzpjT0qoMA8S9NEJh7xF-w26Mg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- (27) S, A. *Hericium erinaceus*. <https://www.inaturalist.org/observations/150849271> (consultado 2023-03-19).
- (28) Camp Scheff, T. M. *Hericium coralloides*. <https://www.inaturalist.org/observations/150864308> (consultado 2023-03-19).
- (29) Wittstein, K.; Rascher, M.; Rupcic, Z.; Löwen, E.; Winter, B.; Köster, R.W.; Stadler, M. Coralloicins A-C, Nerve Growth and Brain-Derived Neurotrophic Factor Inducing Metabolites from the Mushroom *Hericium coralloides*. *J. Nat. Prod.* **2016**, 79 (9), pp. 2264–2269. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b00371>.
- (30) Kim, J.Y.; Woo, E.E.; Lee, I.K.; Yun, B.S. New Antioxidants from the Culture Broth of *Hericium coralloides*. *J. Antibiot.* **2018**, 71 (9), pp. 822–825. <https://doi.org/10.1038/s41429-018-0067-6>.
- (31) Chen, Z.(Grace); Bishop, K.S.; Zhang, J.; Quek, S.Y. Neuroprotective and Anticarcinogenic Properties of *Hericium* Mushrooms and the Active Constituents Associated with These Effects: A Review. *FSE*. **2022**, 3 (1), pp. 69-90. <https://doi.org/10.37256/fse.3120221166>.

- (32) Ma, B.J.; Ma, J.C.; Ruan, Y. Hericenone L, a New Aromatic Compound from the Fruiting Bodies of *Hericium erinaceums*. *Chin. J. Nat. Med.* **2012**, *10* (5), pp. 363-365. [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(12\)60072-7](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(12)60072-7).
- (33) Lew, S.Y.; Lim, S.H.; Lim, L.W.; Wong, K.H. Neuroprotective Effects of *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers. against High-Dose Corticosterone-Induced Oxidative Stress in PC-12 Cells. *BMC Complement. Med. Ther.* **2020**, *20* (1), pp. 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03132-x>.
- (34) Saito, T.; Aoki, F.; Hirai, H.; Inagaki, T.; Matsunaga, Y.; Sakakibara, T.; Sakemi, S.; Suzuki, Y.; Watanabe, S.; Suga, O.; Sujaku, T.; Smogowicz, A. A.; Truesdell, S. J.; Wong, J. W.; Nagahisa, A.; Kojima, Y.; Kojima, N. Erinacine E as a Kappa Opioid Receptor Agonist and Its New Analogs from a Basidiomycete, *Hericium ramosum*. *J. Antibiot.* **1998**, *51* (11), pp. 983-990. <https://doi.org/10.7164/antibiotics.51.983>.
- (35) Ueda, K.; Tsujimori, M.; Kodani, S.; Chiba, A.; Kubo, M.; Masuno, K.; Sekiya, A.; Nagai, K.; Kawagishi, H. An Endoplasmic Reticulum (ER) Stress-Suppressive Compound and Its Analogues from the Mushroom *Hericium erinaceum*. *Bioorg. Med. Chem.* **2008**, *16* (2018), pp. 9467-9470. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2008.09.044>.
- (36) Wu, J.; Tokunaga, T.; Kondo, M.; Ishigami, K.; Tokuyama, S.; Suzuki, T.; Choi, J. H.; Hirai, H.; Kawagishi, H. Erinaceolactones A to C, from the Culture Broth of *Hericium erinaceus*. *J. Nat. Prod.* **2015**, *78* (1), pp. 155–158. <https://doi.org/10.1021/np500623s>.
- (37) Zhang, Y.; Liu, L.; Bao, L.; Yang, Y.; Ma, K.; Liu, H. Three New Cyathane Diterpenes with Neurotrophic Activity from the Liquid Cultures of *Hericium erinaceus*. *J. Antibiot.* **2018**, *71* (9), pp. 818–821. <https://doi.org/10.1038/s41429-018-0065-8>.
- (38) Rupcic, Z.; Rascher, M.; Kanaki, S.; Köster, R.W.; Stadler, M.; Wittstein, K. Two New Cyathane Diterpenoids from Mycelial Cultures of the Medicinal Mushroom *Hericium erinaceus* and the Rare Species, *Hericium flagellum*. *Int. J. Mol. Sci.* **2018**, *19* (3), pp. 1-12. <https://doi.org/10.3390/ijms19030740>.
- (39) Bailly, C.; Gao, J.M. Erinacine A and Related Cyathane Diterpenoids: Molecular Diversity and Mechanisms Underlying Their Neuroprotection and Anticancer Activities. *Pharmacol. Res.* **2020**, *159* (2020), pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.104953>.
- (40) Wu, J.; Uchida, K.; Ridwan, A.Y.; Kondo, M.; Choi, J.H.; Hirai, H.; Kawagishi, H. Erinachromanes A and B and Erinaphenol A from the Culture Broth of *Hericium erinaceus*. *J. Agric. Food. Chem.* **2019**, *67* (11), pp. 3134–3139. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06050>.

- (41) Li, W.; Zhou, W.; Cha, J.Y.; Kwon, S.U.; Baek, K.H.; Shim, S.H.; Lee, Y.M.; Kim, Y.H. Sterols from *Hericium erinaceum* and Their Inhibition of TNF- α and NO Production in Lipopolysaccharide-Induced RAW 264.7 Cells. *Phytochemistry* **2015**, *115* (1), pp. 231-238. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.02.021>.
- (42) Yang, Y.L.; Tao, Q.Q.; Han, J.J.; Bao, L.; Liu, H.W. Recent Advance on Bioactive Compounds from the Edible and Medicinal Fungi in China en *Medicinal and Aromatic Plants of the World*. **2017**, *4*, pp. 253–312. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5978-0_9.
- (43) Ma, B.J.; Yu, H.Y.; Shen, J.W.; Ruan, Y.; Zhao, X.; Zhou, H.; Wu, T.T. Cytotoxic Aromatic Compounds from *Hericium erinaceum*. *J. Antibiot.* **2010**, *63* (12), pp. 713–715. <https://doi.org/10.1038/ja.2010.112>.
- (44) Chen, L.; Yao, J.N.; Chen, H.P.; Zhao, Z.Z.; Li, Z.H.; Feng, T.; Liu, J.K. Hericinoids A–C, Cyathane Diterpenoids from Culture of Mushroom *Hericium erinaceus*. *Phytochem Lett.* **2018**, *27*, pp. 94-100. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2018.07.006>.
- (45) Tripodi, F.; Falletta, E.; Leri, M.; Angeloni, C.; Beghelli, D.; Giusti, L.; Milanese, R.; Sampaio-Marques, B.; Ludovico, P.; Goppa, L.; Rossi, P.; Savino, E.; Bucciantini, M.; Coccetti, P. Anti-Aging and Neuroprotective Properties of *Grifola frondosa* and *Hericium erinaceus* Extracts. *Nutrients* **2022**, *14* (20), pp. 1-22. <https://doi.org/10.3390/nu14204368>.
- (46) Suleiman, W.B.; Shehata, R.M.; Younis, A.M. In Vitro Assessment of Multipotential Therapeutic Importance of *Hericium erinaceus* Mushroom Extracts Using Different Solvents. *Bioresour Bioprocess.* **2022**, *9* (1), pp. 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40643-022-00592-6>.
- (47) Darmasiwi, S.; Aramsirirujwet, Y.; Kimkong, I. Biological Activities and Chemical Profile of *Hericium erinaceus* Mycelium Cultivated on Mixed Red and White Jasmine Rice. *Food Sci. Technol. (Brazil)* **2022**, *42*, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1590/fst.08022>.
- (48) Saini, R.K.; Rauf, A.; Khalil, A.A.; Ko, E.Y.; Keum, Y.S.; Anwar, S.; Alamri, A.; Rengasamy, K.R.R. Edible Mushrooms Show Significant Differences in Sterols and Fatty Acid Compositions. *South African Journal of Botany* **2021**, *141*, pp. 344-356. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.022>.
- (49) Daba, G.M.; Elkhateeb, W.A.; El-Dein, A.N.; Ahmed, E.F.; Hagrassi, A.M. El; Fayad, W.; Wen, T.C. Therapeutic Potentials of N-Hexane Extracts of the Three Medicinal Mushrooms Regarding Their Anti-Colon Cancer, Antioxidant, and Hypocholesterolemic Capabilities. *Biodiversitas* **2020**, *21* (6), pp. 2437-2445. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210615>.

- (50) Rahman, M.A.; Abdullah, N.; Aminudin, N. Inhibitory Effect on in Vitro LDL Oxidation and HMG Co-a Reductase Activity of the Liquid-Liquid Partitioned Fractions of *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (Lion's Mane Mushroom). *Biomed. Res. Int.* **2014**, *2014*, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1155/2014/828149>.
- (51) Miyazawa, M.; Usami, A. Character Impact Odorants from Mushrooms [*Pleurotus citrinopileatu*, *Pleurotus eryngii* Var. *Ferulae*, *Lactarius hatsudake*, and *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers.] Used in Japanese Traditional Food. *Journal of Nagoya Gakuin University. Humanities and natural sciences* **2014**, *50* (2), pp. 1–24. http://www2.ngu.ac.jp/uri/jinbun/pdf/jinbun_vol5002_03.pdf
- (52) Kim, S.P.; Kang, M.Y.; Kim, J.H.; Nam, S.H.; Friedman, M. Composition and Mechanism of Antitumor Effects of *Hericium erinaceus* Mushroom Extracts in Tumor-Bearing Mice. *J. Agric. Food. Chem.* **2011**, *59* (18), pp. 9861–9869. <https://doi.org/10.1021/jf201944n>.
- (53) Miyazawa, M.; Matsuda, N.; Tamura, N.; Ishikawa, R. Characteristic Flavor of Volatile Oil from Dried Fruiting Bodies of *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers. *J. Essent. Oil Res.* **2008**, *20* (5), pp. 420-423. <https://doi.org/10.1080/10412905.2008.9700046>.
- (54) Merino Alcántara, D. APORTACIONES MICOLÓGICAS 23 *Hericium erinaceus*. *Micobotánica-Jaén* **2015**, *10* (4), p. 1. <http://www.micobotanicajaen.com/Revista/Articulos/DMerinoA/Aportaciones023/HeridiumErinaceus.pdf>
- (55) El Fels, L.; Lemee, L.; Ambles, A.; Hafidi, M. Identification and Biotransformation of Lignin Compounds during Co-Composting of Sewage Sludge-Palm Tree Waste Using Pyrolysis-GC/MS. *Int Biodeterior Biodegradation* **2014**, *92*, pp. 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.04.001>.
- (56) Schepetkin, I.A.; Kushnarenko, S.V.; Özek, G.; Kirpotina, L.N.; Sinharoy, P.; Utegenova, G.A.; Abidkulova, K.T.; Özek, T.; Başer, K.H.C.; Kovrizhina, A.R.; Khlebnikov, A.I.; Damron, D.S.; Quinn, M.T. Modulation of Human Neutrophil Responses by the Essential Oils from *Ferula akitschkensis* and Their Constituents. *J. Agric. Food. Chem.* **2016**, *64* (38), pp. 7156–7170. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03205>.
- (57) Aljarah, A. K.; Hameed, I. H. In Vitro Anti-Diabetic Properties of Methanolic Extract of *Thymus vulgaris* Using α -Glucosidase and α -Amylase Inhibition Assay and Determination of Its Bioactive Chemical Compounds. *Indian J. Public Health Res. Dev.* **2018**, *9* (3), pp. 388-392. DOI Number: 10.5958/0976-5506.2018.00241.3. https://www.researchgate.net/profile/Imad-Hameed/publication/323834766_In_Vitro_Anti-diabetic_Properties_of_Methanolic_Extract_of_Thymus_vulgaris_Using_a-glucosidase_and_a-amylase_Inhibition_Assay_and_Determination_of_Its_Bioactive_Chemical_Compounds/links/5ad2339f458515c60f51d722/In-Vitro-Anti-diabetic-Properties-of-Methanolic-Extract-of-Thymus-vulgaris-Using-a-glucosidase-and-a-amylase-Inhibition-Assay-and-Determination-of-Its-Bioactive-Chemical-Compounds.pdf

- (58) Mojab, F.; Nickavar, B. Composition of the Essential Oil of the Root of *Heracleum persicum* from Iran. *IJPR*. **2003**, 2 (4), pp. 245-247. <https://doi.org/10.22037/IJPR.2010.64>.
- (59) Mary, A.; Giri, S. GC-MS Analysis of Bioactive Compounds of *Achyranthes aspera*. *World J Pharm Res* **2018**, 7 (1), pp. 1045-1056. https://wjpr.s3.amazonaws.com/article_issue/1514876736.pdf
- (60) Nasiri, N.; Shamkhani, H.; Ghelichpour, Z.; Mohammadi, M.A.; Sonboli, A. Essential Oil Constituents of the Aerial Parts and Root of *Cymbocarpum anethoides* (Apiaceae) from Iran. *Nat Prod Res* **2017**, 31 (8), pp. 980-983. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1255884>.
- (61) Tripathi, T.; Singh, A.; Dhobi, M.; Kalaiselvan, V. Comparative Metabolic Profiling, Isolation of Alkylated Phenols and Antioxidant Activity of Roots of *Plumbago* Species Using GC-MS and NMR Based Metabolomics Study. *Nat Prod Res* **2022**, 36 (23), pp. 6126-6131. <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2055014>.
- (62) Daben, J.M.; Dashak, D.A. Extraction, Isolation and Mass Spectral Analysis of *Crinum zeylanicum* (Beautiful Crinum) Bulbs. *Ewemen Journal of Herbal Chemistry & Pharmacology Research* **2017**, 3 (1), 52–58. https://dspace.unijos.edu.ng/jspui/bitstream/123456789/2304/1/Daben-and-Dashak_EJHCPR_Download-PDF.pdf
- (63) El-Naggar, H.M.; Shehata, A.M.; Morsi, M.A. A. Micropropagation and GC–MS Analysis of Bioactive Compounds in Bulbs and Callus of White Squill. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. **2023**, 59, pp. 154–166. <https://doi.org/10.1007/s11627-023-10333-9>.
- (64) Devendran, G.; Sivamani, G. Phytochemical Analysis of Leaf Extract of Plant *Costus spicatus* by GCMS Method. *JDDT*. **2015**, 5 (4), pp. 24-26. <https://doi.org/10.22270/jddt.v5i4.1160>.
- (65) Ameera, O.H.; Imad, H.H.; Huda, J.; Muhanned, A.K. Determination of Alkaloid Compounds of *Ricinus communis* by Using Gas Chromatography- Mass Spectroscopy (GC-MS). *J. Med. Plant Res*. **2015**, 9 (10), pp. 349-359. <https://doi.org/10.5897/jmpr2015.5750>.
- (66) Ehiabhi Okhale, S.; Imoisi, C. Characterization of the Volatile Bioactive Compounds in Ethylacetate Leaf Extract of *Annona muricata* Linn. *Life Sci. J*. **2022**, 19 (11), 56–62. https://www.researchgate.net/profile/Chinyere-Imoisi/publication/366205683_Characterization_of_the_Volatile_Bioactive_Compounds_in_Ethylacetate_Leaf_Extract_of_Annona_muricata_Linn/links/6397bfd3095a6a7774250479/Characterization-of-the-Volatile-Bioactive-Compounds-in-Ethylacetate-Leaf-Extract-of-Annona-muricata-Linn.pdf

- (67) Khan, N.; Ali, A.; Qadir, A.; Ali, A.; Warsi, M.H.; Tahir, A.; Ali, A. GC-MS Analysis and Antioxidant Activity of *Wrightia tinctoria* R.Br. Leaf Extract. *J. AOAC. Int.* **2021**, *104* (5), pp. 1415–1419. <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsab054>.
- (68) Ma, Q.Z.; Peng, W.X.; Zhang, D.Q.; Liu, Q.M.; Wu, Y.Q. Study on Healthful Function of Superheated Water Extractives of *Phyllostachys heterocycla* by GC/MS. *Materials Science Forum* **2008**, pp. 1320–1324. <https://www.scientific.net/MSF.575-578.1320>
- (69) Anuradha, R.; Krishnamoorthy, P. Screening of Phytochemicals and Identification of Chemical Constituents of Pongamia Pinnata by GC-MS. *Int. J. Chemtech. Res.* **2012**, *4* (1). https://d1wqtxs1xzle7.cloudfront.net/37214587/ct-libre.pdf?1428247880=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DScreening_of_Phytochemicals_and_Identifi.pdf&Expires=1686238927&Signature=flrqVw~7SWyOjhlH~X2AyVEUdis7rhFaN~wsR4v2E0xFTRQipEmgJZg7NXTpOcgwUzMU~LdU28OWBhOTbwhEq0vNV6wAgPJN7~IKQHKIF309KtisEpD4afiYkpMys7nS6JhfM2sxGuFWlkcwXaTULk3feYpdWWGQCftbeCzFlnt4NuKdbvbnCDyLubH6K~ucSVWC8ovp8l0Qs50wto5GGq~g1Yv1e6bODmL~7DdZn3vmOZn3~wZPIWM0NAmbJw2sWSZAwAj0zrANXUFH1XpH3eDyvRdh4nC9SRS0cv1KlcnQaHFK1jKJc0X~n0W1dQLk0wWlj9bsPvCev8wQ5Kvog_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- (70) Larkeche, O.; Zermane, A.; Meniai, A.H.; Crampon, C.; Badens, E. Supercritical Extraction of Essential Oil from *Juniperus communis* L. Needles: Application of Response Surface Methodology. *J. Supercrit. Fluids.* **2015**, *99*, pp. 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.01.026>.
- (71) Onanuga, A.O.; Okpala, E.O. Chemical Compositions and Antioxidant Activity of Volatile Oils from *Morinda citrifolia* and *Beta vulgaris* Leaves from Nigeria. *Biol. med. natural prod. chem.* **2022**, *11* (2), pp. 161-167. <https://doi.org/10.14421/biomedich.2022.112.161-167>.
- (72) Naser, E.H.; Kashmer, A.; Ahmed Abed, S.; Kashmer, A.M.; Abed, S.A. Antibacterial Activity and Phytochemical Investigation of Leaves of *Calotropis procera* Plant in Iraq by GC-MS. *IJPSR.* **2019**, *10* (4), pp. 1988-1994. https://www.researchgate.net/profile/Estabraq-Naser/publication/332107548_ANTIBACTERIAL_ACTIVITY_AND_PHYTOCHEMICAL_INVESTIGATION_OF_LEAVES_OF_CALOTROPIS_PROCERA_PLANT_IN_IRAQ_BY_GC-MS/links/5ca0f56392851cf0aea55e57/ANTIBACTERIAL-ACTIVITY-AND-PHYTOCHEMICAL-INVESTIGATION-OF-LEAVES-OF-CALOTROPIS-PROCERA-PLANT-IN-IRAQ-BY-GC-MS.pdf
- (73) Zhang, X.X.; Xia, C.; Li, C.J.; Nan, Z.B. Chemical Composition and Antifungal Activity of the Volatile Oil from *Epichloë gansuensis*, Endophyte-Infected and Non-Infected *Achnatherum inebrians*. *Sci. China Life Sci.* **2015**, *58*, pp. 512–514. <https://doi.org/10.1007/s11427-015-4837-0>.
- (74) Hong, Y.; Huang, S.; Wu, J.; Lin, S. Identification of Essential Oils from the Leaves of 11 Species of *Eriobotrya*. *Pak J Bot* **2010**, *42* (6). [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/42\(6\)/PJB42\(6\)4379.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/42(6)/PJB42(6)4379.pdf)

- (75) Al-Marzoqi, A.H.; Hadi, M.Y.; Hameed, I.H. Determination of Metabolites Products by *Cassia angustifolia* and Evaluate Antimicrobial Activity. *JPP*. **2016**, 8 (2), pp. 25-48. <https://doi.org/10.5897/JPP2015.0367>.
- (76) Adeosun, C.B.; Olaseinde, S.; Opeifa, A.O.; Atolani, O. Essential Oil from the Stem Bark of *Cordia sebestena* Scavenges Free Radicals. *J Acute Med* **2013**, 3 (4), pp. 138-141. <https://doi.org/10.1016/j.jacme.2013.07.002>.
- (77) Chusniasih, D.; Tutik, T. Identification Phytochemical Compound of Ethanol and Acetone Extract of Cocoa Pods (*Theobroma cacao* L.) Using GC-MS. *J. Phys. Conf. Ser.* **2021**, 1882 (2021), pp. 1-9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012103>.
- (78) Zhou, T.; Guo, W.; Ren, S.; Li, Y.; Wu, J.; Yang, B. Flavonoid Glycosides and Other Bioactive Compounds in Citrus Reticulate ‘Chachi’ Peel Analysed by Tandem Mass Spectrometry and Their Changes during Storage. *Carbohydr Res* **2021**, 510. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2021.108462>.
- (79) Bershiyal, S.; Kanagaraj, C.; Aravindh, S.; Mohanapriya, B. GCMS Analysis in Methanolic Extract of Residential Plant *Eclipta prostrata* (L.). *IJCRCPS*. **2021**, 8 (6), pp. 1-4. DOI: 10.22192/ijrcrps. https://www.researchgate.net/profile/Kanagaraj-Chinnasamy-2/publication/352181148_INTERNATIONAL_JOURNAL_OF_CURRENT_RESEARCH_IN_CHEMISTRY_AND_PHARMACEUTICAL_SCIENCES_GCMS_Analysis_in_Methanolic_Extract_of_Residential_plant_Eclipta_prostrata_L/links/60be143692851cb13d860ffd/INTERNATIONAL-JOURNAL-OF-CURRENT-RESEARCH-IN-CHEMISTRY-AND-PHARMACEUTICAL-SCIENCES-GCMS-Analysis-in-Methanolic-Extract-of-Residential-plant-Eclipta-prostrata-L.pdf
- (80) Shukurlu Emil N. Chemical Content of *Lactuca serriola* L.: Fatty Acid Esters and Triterpene Compounds from the Roots. *Plant fungal res*. **2020**, 3 (1), pp. 61–65. <http://dx.doi.org/10.29228/plantfungales.70>
- (81) Kamalambigeswari, R.; Sharmila, S.; Kowsalya, E.; Janani, S.S.; Deva, V.; Rebecca, L. J. Extraction of Omega-3 Fatty Acid-Methyl Stearate from Soil Fungi (*Fusarium* Sp.). *Res. J. Pharm. Technol.* **2019**, 12 (9). <https://doi.org/10.5958/0974-360x.2019.00738.8>.
- (82) Koo, H.J.; Park, H.J.; Byeon, H.E.; Kwak, J.H.; Um, S.H.; Kwon, S.T.; Rhee, D.K.; Pyo, S. Chinese Yam Extracts Containing β -Sitosterol and Ethyl Linoleate Protect against Atherosclerosis in Apolipoprotein E-Deficient Mice and Inhibit Muscular Expression of VCAM-1 In Vitro. *J. Food. Sci.* **2014**, 79 (4), pp. H719-H729. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12401>.
- (83) Rathore, H.; Prasad, S.; Sharma, S. Mushroom Nutraceuticals for Improved Nutrition and Better Human Health: A Review. *PharmaNutrition*. **2017**, 5 (2), pp. 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2017.02.001>.
- (84) Albratty, M.; Alhazmi, H.A.; Meraya, A.M.; Najmi, A.; Alam, M S.; Rehman, Z.; Moni, S.S. Spectral Analysis and Antibacterial Activity of the Bioactive Principles of *Sargassum tenerrimum* J. Agardh Collected from the Red Sea, Jazan,

- Kingdom of Saudi Arabia. *Braz. J. Biol.* **2023**, 83, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.249536>.
- (85) Ravi, L.; Krishnan, K. Cytotoxic Potential of N-Hexadecanoic Acid Extracted from *Kigelia pinnata* Leaves. *Asian J. Cell Biol.* **2016**, 12 (1), pp. 20-27. <https://doi.org/10.3923/ajcb.2017.20.27>.
- (86) Igwe, O. Characterization of Bioactive Sesquiterpenes, Organic Acids and Their Derivatives from the Leaves of *Psidium guajava* Linn. *Int. Res. J. Pure. Appl. Chem.* **2014**, 4 (4), pp. 456-467. <https://doi.org/10.9734/irjpac/2014/8592>.
- (87) Uddin, S.J.; Grice, D.; Tiralongo, E. Evaluation of Cytotoxic Activity of Patriscabratine, Tetracosane and Various Flavonoids Isolated from the Bangladeshi Medicinal Plant *Acrostichum aureum*. *Pharm. Biol.* **2012**, 50 (10), pp. 1276-1280. <https://doi.org/10.3109/13880209.2012.673628>.
- (88) Ab Rahman, S.F.S.; Sijam, K.; Omar, D. Chemical Composition of *Piper sarmentosum* Extracts and Antibacterial Activity against the Plant Pathogenic Bacteria *Pseudomonas fuscovaginae* and *Xanthomonas oryzae* Pv. *oryzae*. *JPDP* **2014**, 121 (6), pp. 237–242. <https://doi.org/10.1007/bf03356518>.
- (89) Gohar, A.A. Heptatriacontanol and Phenolic Compounds from *Halochris hispida*. *Nat. Prod. Sci.* **2001**, 7 (3), pp. 843-845. <https://doi.org/10.3923/jbs.2001.843.845>.
- (90) Rukaiyat, M.; Garba, S.; Labaran, S. Antimicrobial Activities of Hexacosane Isolated from *Sanseveria liberica* (Gerome and Labroy) Plant. *Adv. Med. Plant Res.* **2015**, 3 (3), pp. 120-125. <https://www.netjournals.org/pdf/AMPR/2015/3/15-028.pdf>
- (91) Yilmaz, N.; Solmaz, M.; Türkecul, I.; Elmastaş, M. Fatty Acid Composition in Some Wild Edible Mushrooms Growing in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Food Chem.* **2006**, 99 (1), pp. 168-174. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.017>.
- (92) Rajkumar, S.; Jebanesan, A. Mosquitocidal Activities of Octacosane from *Moschosma polystachyum* Linn. (Lamiaceae). *J. Ethnopharmacol.* **2004**, 90 (1), pp. 87-89. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.09.030>.
- (93) Gminski, R.; Sorg, B.; Hecker, E. Quantitative Determination of Polyfunctional Diterpene Esters of the Ingenane Type in *Euphorbia lathyris* by HPLC. *Planta Med.* **1988**, 54 (06), p. 580. <https://doi.org/10.1055/s-2006-962594>.
- (94) Vanitha, V.; Vijayakumar, S.; Nilavukkarasi, M.; Punitha, V.N.; Vidhya, E.; Praseetha, P.K. Heneicosane—A Novel Microbicidal Bioactive Alkane Identified from *Plumbago zeylanica* L. *Ind. Crops. Prod.* **2020**, 154. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112748>.

- (95) Ganegamage, S.K.; Arawwawala, L.D.A.M. Chemical Composition of Inflorescence of *Alpinia calcarata* Rosc. (Zingiberaceae) Grown in Sri Lanka. *PSM*. **2016**, *7* (3), pp. 186-192. http://www.pharmasm.com/pdf_files/20161015045552_20160907010551_17_Ganegamage.pdf
- (96) Kapri, M.; Singh, U.; Behera, S.M.; Srivastav, P.P.; Sharma, S. Nutraceutical Augmentation of Agro-Industrial Waste through Submerged Fermentation Using *Calocybe indica*. *LWT*. **2020**, *134*, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110156>.
- (97) Kim, J.H.; Choi, M.Y.; Oh, H.S. The Volatile Flavor Components of Fresh *Codonopsis lanceolata* Cultivated on a Wild Hill. *Korean J Food Cook Sc*. **2006**, *22* (6), pp. 253-256. <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201520448048728.page>
- (98) Gessner, M.O. Ergosterol as a Measure of Fungal Biomass. *En Methods to Study Litter Decomposition*; **2020**, pp 247–255. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30515-4_27.
- (99) Kumar, K.A.; Sharvane, S.; Patel, J.; Choudhary, R.K. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil of *Desmostachya bipinnata* Linn. *Int. J. Phytomedicine*. **2010**, *2* (4), pp. 436–439. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113112055>
- (100) Keke, C.O.; Nsofor, W.N.; Kumabia, F.K.R.; Iloabuchi, G.C.; Ejiofor, J.C.; Osuagwu, O.L. GCMS and FTIR Analysis of Ethanol and Methanol Leave Extract of *Urena lobata* (Caesar Weed) for Bioactive Phytochemical Constituents. *JDDT*. **2023**, *13* (1), pp. 99-115. <https://doi.org/10.22270/jddt.v13i1.5722>.
- (101) Milaeva, E.R.; Gerasimova, O.A.; Jingwei, Z.; Shpakovsky, D.B.; Syrbu, S.A.; Semeykin, A.S.; Koifman, O.I.; Kireeva, E.G.; Shevtsova, E.F.; Bachurin, S.O.; Zefirov, N.S. Synthesis and Antioxidative Activity of Metalloporphyrins Bearing 2,6-Di-Tert-Butylphenol Pendants. *J. Inorg. Biochem*. **2008**, *102* (5–6), pp. 1348-1358. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2008.01.022>.
- (102) Zou, N.; Zhou, D.; Chen, Y.; Lin, P.; Chen, Y.; Wang, W.; Xie, J.; Wang, M. A Novel Antifungal Actinomycete *Streptomyces* Sp. Strain H3-2 Effectively Controls Banana Fusarium Wilt. *Front. Microbiol*. **2021**, *12* (2021), pp. 1-13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.706647>.
- (103) Sjögren, J.; Magnusson, J.; Broberg, A.; Schnürer, J.; Kenne, L. Antifungal 3-Hydroxy Fatty Acids From *Lactobacillus Plantarum* MiLAB14. *Appl. Environ. Microbiol*. **2003**, *69* (12), pp. 7554 - 7557. <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/AEM.69.12.7554-7557.2003>

- (104) Sudha, M.; Poongothai, A.; Anandaraj, K. Insilico Docking and Gc Ms Analysis of Selected Bioactive Compounds from *Lantana camara* Methanolic Leaf Extract Against Breast Cancer Activity. *J. Surv. Fish. Sci.* **2023**, *10* (4S), pp. 2920-2929.
<http://sifisheressciences.com/journal/index.php/journal/article/view/1736>
- (105) Okhale, S.E.; Imoisi, C. Characterization of the Volatile Bioactive Compounds in Ethylacetate Leaf Extract of *Annona muricata* Linn. *Life Sci. J.* **2022**, *19* (11), 56–62.
https://www.researchgate.net/profile/Chinyere-Imoisi/publication/366205683_Characterization_of_the_Volatile_Bioactive_Compounds_in_Ethylacetate_Leaf_Extract_of_Annona_muricata_Linn/links/6397bfd3095a6a7774250479/Characterization-of-the-Volatile-Bioactive-Compounds-in-Ethylacetate-Leaf-Extract-of-Annona-muricata-Linn.pdf
- (106) Salem, M.Z.M.; Ali, H.M.; Mansour, M.M. Fatty Acid Methyl Esters from Air-Dried Wood, Bark, and Leaves of *Brachychiton diversifolius* R. Br: Antibacterial, Antifungal, and Antioxidant Activities. *Bioresources.* **2014**, *9* (3), pp. 3835-3845.
<https://doi.org/10.15376/biores.9.3.3835-3845>.
- (107) Momin, Y.H.; Yeligar, V.C. Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis of Chloroform Extract of *Coccinia grandis* Voigt. *Res. J. Pharm. Technol.* **2020**, *13* (12), pp. 5889-5892. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2020.01027.6>.
- (108) Gnanashree, G.; Sirajudeen, P.M.; Sirajudeen, M. Determination of Bioactive Compounds in Ethanolic Extract of *Caralluma indica* Using GC-MS Technique. *J. pharmacogn. phytochem.* **2018**, *7* (6), pp. 1675-1677.
<https://www.phytojournal.com/archives/2018.v7.i6.6449/determination-of-bioactive-compounds-in-ethanolicextract-of-ltemgtcaralluma-indicaltemgt-using-gc-ms-technique>.
- (109) Qanash, H.; Yahya, R.; Bakri, M.M.; Bazaid, A.S.; Qanash, S.; Shater, A.F.; Abdelghany, T. M. Anticancer, Antioxidant, Antiviral and Antimicrobial Activities of Kei Apple (*Dovyalis caffra*) Fruit. *Sci. Rep.* **2022**, *12* (1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-09993-1>.
- (110) Dehpour, A.A.; Yousefian, M.; Jafary Kelarjani, S.A.; Koshmoo, M.; Mirzanegad, S.; Mahdavi, V.; Mousavi, S.E.; Shirzad, E.; Afzali, M.; Javad Bayani, M.J.; Olyaei juybari, E.; Yahyapor, M. K. Antibacterial Activity and Composition of Essential Oils of Flower *Allium rotundum*. *Adv. Environ. Biol.* **2012**, *6* (3), pp. 1020-1025. https://www.researchgate.net/profile/Ehsan-Mousavi-11/publication/281888440_Antibacterial_activity_and_composition_of_essential_oils_of_flower_allium_rotundum/links/594a3d3daca272a30c70aa8b/Antibacterial-activity-and-composition-of-essential-oils-of-flower-allium-rotundum.pdf
- (111) Boddu, S.H.S.; Alsaab, H.; Umar, S.; Bonam, S.P.; Gupta, H.; Ahmed, S. Anti-Inflammatory Effects of a Novel Ricinoleic Acid Poloxamer Gel System for Transdermal Delivery. *Int. J. Pharm.* **2015**, *479* (1), pp. 207–211.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037851731400948X>
- (112) Chima Ogoko, E. Chemical Information from GCMS of Ethanol Extract of *Solanum Melongena* (Aubergine) Leaf. **2020**, *6* (1), pp. 658-668.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64396449/Online_6%281%29_658-667-%2804%29-libre.pdf?1599697946=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DChemical_Information_from_GCMS_of_Ethano.pdf&Expires=1686245974&Signature=RGrDAS4Rm1ZATdyfJCJ9tShvhb-bEnJhMWISSibTPe8YehX3e3A9zL9Ba4KXwK-JDbpA9vT~Nw6CLO~DJ2u1Sq0GXhH-Rkq4GhCQBtJ1Kk8hS1I8wi5DfN5m45PRhqsIE0rGWPrREVDbzox6gIV4wRTXjkXShs1VzrjlvB1wCGrwnfd-Ppo5scZiC5e3u0sSHbcGBMrQU-9Y7XM~iCWeCEyT46EzPc3F8PN84qsLByKJptJw0NXff1OedaRTYQMohaueUG-5036n27qfBKr1bXSPF3zwemDm~FH7zYnMsQP1naMcFn8LCBPYP~RpM9xoSucqCRVwZNqkeUuvi1L8g_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

- (113) Ko, G.A.; Shrestha, S.; Cho, S.K. *Sageretia Thea* Fruit Extracts Rich in Methyl Linoleate and Methyl Linolenate Downregulate Melanogenesis via the Akt/GSK3 β Signaling Pathway. *Nutr. Res. Pract.* **2018**, *12* (1), pp. 3-12. <https://doi.org/10.4162/nrp.2018.12.1.3>.
- (114) Farhan, S.R., AL-Azawi, A.H., Salih, W.Y., & Abdulhassan, A.A. The Antibacterial and Antioxidant Activity of Moringa Oleifera Seed Oil Extract Against Some Foodborne Pathogens. *Indian. J. Med. Forensic Med. Toxicol.* **2021**, *15* (4), pp. 2529-2538. <https://doi.org/10.37506/ijfmt.v15i4.17085>.
- (115) Park, S.Y.; Seetharaman, R.; Ko, M.J.; Kim, D.Y.; Kim, T.H.; Yoon, M.K.; Kwak, J.H.; Lee, S.J.; Bae, Y.S.; Choi, Y.W. Ethyl Linoleate from Garlic Attenuates Lipopolysaccharide-Induced pro-Inflammatory Cytokine Production by Inducing Heme Oxygenase-1 in RAW264.7 Cells. *Int Immunopharmacol.* **2014**, *19* (2), pp. 253–261. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1567576914000319>
- (116) Arumugam, V.; Venkatesan, M.; Murugesan, S.; Ayyasamy, R.; Ramachandran, S.; Sundaresan, U.; Pugazhendhi, A. Metabolite Profiling, Molecular Docking and in Vitro Anticancer Potential of Marine Ascidian *Didemnum* Sp. *Process Biochem.* **2019**. <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/6703927>
- (117) Uddin, S.J.; Grice, D.; Tiralongo, E. Evaluation of Cytotoxic Activity of Patriscabratine, Tetracosane and Various Flavonoids Isolated from the Bangladeshi Medicinal Plant *Acrostichum aureum*. *Pharm. Biol.* **2012**, *50* (10), pp. 1276–1280. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/13880209.2012.673628>
- (118) Makeen, H.A.; Menachery, S.J.; Moni, S.S.; Alqahtani, S.S.; Rehman, Z. ur; Alam, M.S.; Mohan, S.; Albratty, M. Documentation of Bioactive Principles of the Exudate Gel (EG) from the Stem of *Caralluma retropiciens* (Ehrenb) and in Vitro Antibacterial Activity – Part A. *Arab. J. Chem.* **2020**, *13* (8), pp. 6672–6681. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535220302264>
- (119) Manglanim, N.; Soni, I.; John, P. Preparation and GC-MS Analysis of Sweet Mustard Oil. *Int. J. Appl. Res.* **2023**, *9* (4), pp. 93–98. https://www.researchgate.net/profile/Nisha-Manglani/publication/370004168_Preparation_and_GC-MS_analysis_of_sweet_mustard_oil/links/64390d812eca706c8b5beb6d/Preparation-and-GC-MS-analysis-of-sweet-mustard-oil.pdf

- (120) Vanitha, V.; Vijayakumar, S.; Nilavukkarasi, M.; Punitha, V. N.; Vidhya, E.; Praseetha, P. K. Heneicosane—A Novel Microbicidal Bioactive Alkane Identified from *Plumbago zeylanica* L. *Ind. Crops. Prod.* **2020**, *154*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669020306658>
- (121) Ano, Y.; Kutsukake, T.; Hoshi, A.; Yoshida, A.; Nakayama, H. Identification of a Novel Dehydroergosterol Enhancing Microglial Anti-Inflammatory Activity in a Dairy Product Fermented with *Penicillium candidum*. *PLoS One.* **2015**, *10* (3), pp. 1-16. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0116598>
- (122) Nowak, R.; Drozd, M.; Mendyk, E.; Lemieszek, M.; Krakowiak, O.; Kisiel, W.; Rzeski, W.; Szewczyk, K. A New Method for the Isolation of Ergosterol and Peroxyergosterol as Active Compounds of *Hygrophoropsis aurantiaca* and in Vitro Antiproliferative Activity of Isolated Ergosterol Peroxide. *Molecules.* **2016**, *21* (7), p. 946. <https://www.mdpi.com/1420-3049/21/7/946>

Anexos y apéndices



Figura 39. Cuerpos fructíferos secos de *H. erinaceus*



Figura 40. Cuerpos fructíferos secos y cuerpo apenas en crecimiento de *H. erinaceus*

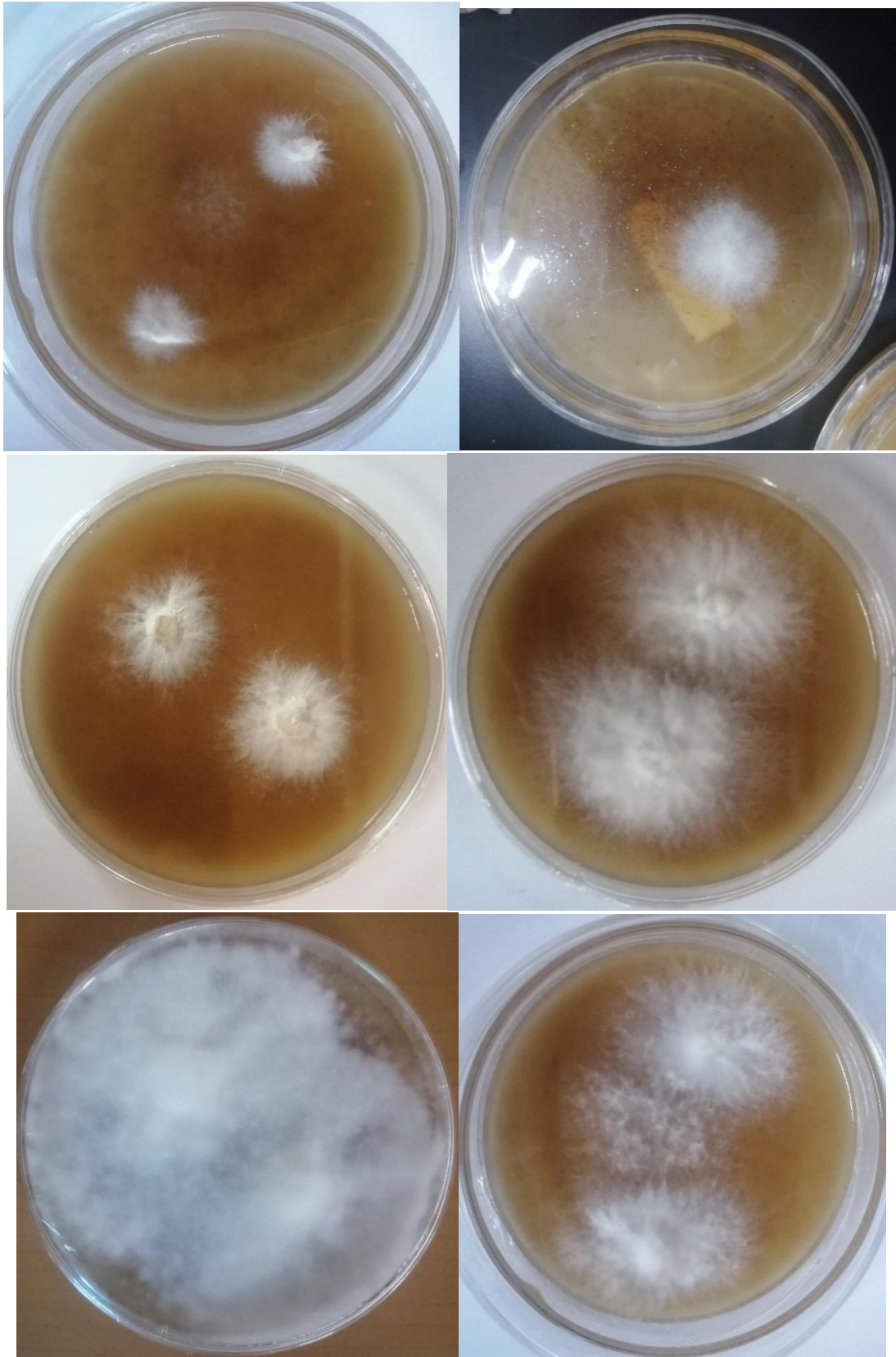


Figura 41. Micelio en varios períodos de crecimiento de *H. erinaceus* creciendo en malta-cereal



Figura 42. Cuerpos fructíferos de *H. erinaceus* cultivados en medio sumergido de malta-cereal

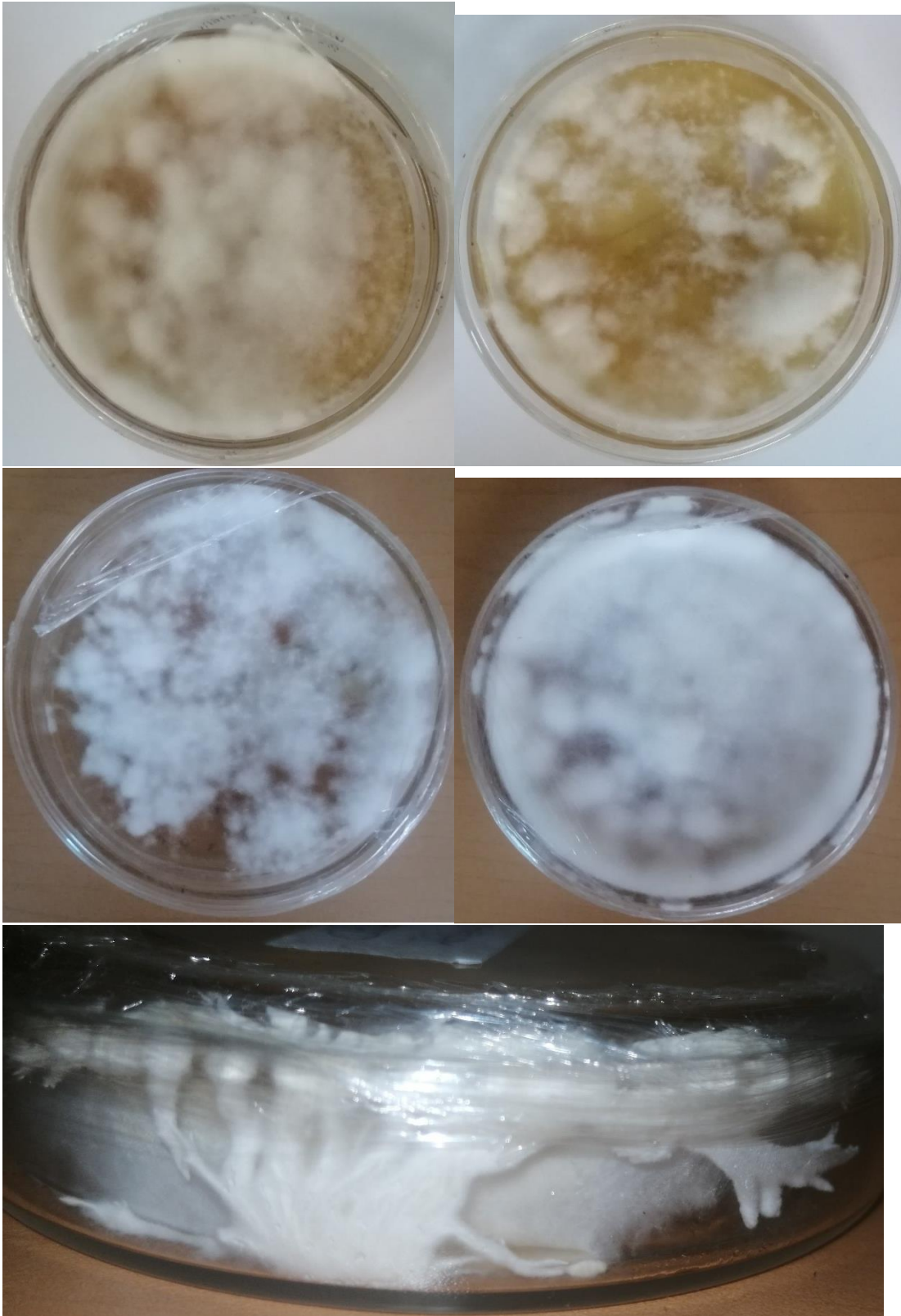


Figura 43. Micelio y un pequeño cuerpo fructífero, todo proveniente de crecimiento de *H. erinaceus* cultivado en malta-sacarosa

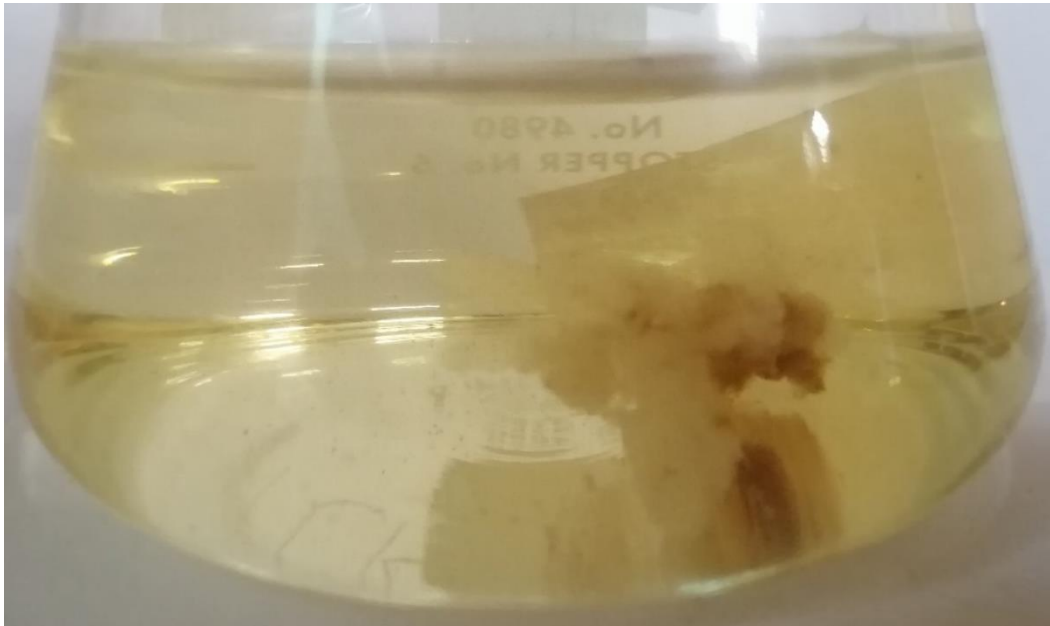


Figura 44. Cultivo en medio sumergido de *H. erinaceus* utilizando malta-sacarosa



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
CONTROL ESCOLAR DE LICENCIATURA



VOTOS DE APROBATORIOS

SECRETARIA EJECUTIVA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS APLICADAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

PRESENTE

Por medio del presente le informamos que después de revisar la versión escrita de la tesis que realizó el **C. APARICIO VALDEZ TEXSON SEALTIEL** con número de matrícula **10019713** cuyo título es:

Revisión y estudio del perfil químico del hongo *Hericiium erinaceus* mediante el uso de Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS)

Consideramos que **SI** reúne los méritos que son necesarios para continuar los trámites para obtener el título de **LICENCIADO EN DISEÑO MOLECULAR Y NANOQUIMICA**

Cuernavaca, Mor a 17 de abril del 2024

Atentamente

Por una universidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM de los siguientes:

DRA. LAURA PATRICIA ÁLVAREZ BERBER
DR. VICTOR BARBA LÓPEZ
DRA. MA. YOLANDA RIOS GÓMEZ
DR. ISAAC TELLO SALGADO
DR. HUGO ALBEIRO SALDARRIAGA NOREÑA

(PRESIDENTE)
(SECRETARIO)
(VOCAL)
(SUPLENTE)
(SUPLENTE)

VRRC/eae





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

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

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

Sello electrónico

MA. YOLANDA RIOS GOMEZ | Fecha:2024-04-17 15:48:47 | FIRMANTE

fzYc0GvCJ04VetWCelx7WN3ruy42Lgld8pKF0m3ZvCXEknglRAUeUs4rmFmHZ1p3ea7Eld6WuHcFvAhcTTHFRYHfvdKRgd8cCuhnOU8dgMxZs2nHbG67FKQr7U7Kuea7sDqvt8sLDhD/nVW5T+hzhjVjoGsvUyWvjuHFjnhZzQy/QNm06ULfx2S4YcsG1ucKM0MJMU8BGogFjYYziZc5wVGEjBiEPjhPdDroKed3GctQziKciufBAcl5fHosPxyo/TtD693zGvmcf+uGahuQD5nRCdp1KwI7KawYimTqAFZ8jDNwDrA/u0pZ3IBc7Z7Z+11T8v6KgmYHXVAebMQ==

HUGO ALBEIRO SALDARRIAGA NOREÑA | Fecha:2024-04-17 16:07:19 | FIRMANTE

QzX5a6h5PKr0VLQJNskD1Rg79PIw1mn4adP1C9Ime/uAZJMi+i69k5Zw6sGAA+ONxENY4u2LgipicTVjM6ffCtOskvtv+Mbv08BoyVIXtbZkqAW3o7fdZHZObUZA/afWY AobSuJU K7HUXCBmSqmir2Lz21BQcol7RTQ1FD2RjcFOJ1WMMWiGN2iqh2DgL8yn4P/oaTE8+6ulT/bupvUUYsLwToSv12atqKFxnEjB7nGLVa8FV7ltDID4g4TKLeQwzfOcku8zZ8I5hRR9WIXfN3Cmpf3yVWU+9rrejnviaVzgx8HQzBHWnKgzh9y91P8vG9ABmkEwzTfjbCQQ==

LAURA PATRICIA ALVAREZ BERBER | Fecha:2024-04-17 19:28:04 | FIRMANTE

pTnKrNmDaTRB+rIUv3JtY6bw3M/oeog53wS+81vV92RiPsWLN8oycGjO9nFKalMgygaRswJ61VlnSjxJbJihx/DxSK7BJP7umWwTAyV4sHg07+zhTaxHCgXRu3zIF4/g8gxWTr9hJcs2ajThCEbyl5IKQlauDuo0llexJXkK5BrERV7d1Z8AQ3w0afwSZtKK2p7AyadRriH46yDknKi6uDovt5Sm8IHUwdCcFERS6tr4/7Ll34VE0MJUtrINndpjDbeLDZlOzHRkck9EWuzgX0cdjUCec6Fj3CdS1ljd87T1Yf5aSXOK3QjWtpdZrHpwZmlfebX/8lky7DEJiHA==

ISAAC TELLO SALGADO | Fecha:2024-04-18 11:06:59 | FIRMANTE

knXHgRcvezwGRWFEdxExr6K6lrPIPLzXuK08kHQ/82AjzW4mbpkeO6rLOQtvhisjsiHK9ht4o1fHnJR9TY6dm/a3Cw3trG9KhVnDWbtWFy/uF51+dLApLyyeVO+d2enQsjDw9xjEfyqAilsrAAI90FXT5XCrK9IBHPIEQZBjAK+Y0mbffENivTKQvMNLK6aDRudpYYoV7rh7ZwmhsCnnZRJ0IHYNblvxGoW/sIDGA4NkvsPwepgADrQbF86wwiZOip/r+kJg67UIPvYsUMGmnH0DFgy9g8dv4+dvmBGwjrtdjGpn0HqQ5VBmywcdiu6pN1nny9co3fjgwh2GTw==

VICTOR BARBA LOPEZ | Fecha:2024-04-18 19:34:45 | FIRMANTE

D3jtmYRwq+AfZUEVnEeciHS9XkHmqble9m+9wEkxNqGY/21CSMQZpL+RSXwL4FPpMLx/qMD4IEo4/07mATPRuxacgRZhaZUY+u9y3fUI1Rb2DBZh9OVwicdJfad/+aZTdTKtoYvNItCC630+StwyEx5EKLJ5dJsGGOs3o8KX+O+lK9rKXtn1Qa2/YSEAJWU90K2ldyYaDWNX5z+TdvBrUA9pkBk6eDbqOxGn2tTw1UdsSLPBqyCG/AFDbbq6pECm0G3hfa4quXYvDTbjd0TTzRb2AaKrxja8C44Os5V7443IQhp4qclLIVENGzvtu7HrUu9rt5ibQT6+8TJQh8atXw==

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



TrKmwYEsD

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/2B3ztHdQiluZik9VqnhFO28S5MZ5cgp>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029