

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**ACTIVIDAD INSECTICIDA *IN VITRO* DE UN EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO
DE SUSTRATOS RESIDUALES DE LA PRODUCCIÓN DE *PLEUROTUS*
*OSTREATUS***

POR

NATALIA BELÉN FERNÁNDEZ RAVANAL

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA.**

CHILLÁN – CHILE

2025

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**ACTIVIDAD INSECTICIDA *IN VITRO* DE UN EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO
DE SUSTRATOS RESIDUALES DE LA PRODUCCIÓN DE *PLEUROTUS*
*OSTREATUS***

POR

NATALIA BELÉN FERNÁNDEZ RAVANAL

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA.**

CHILLÁN – CHILE
2025

Aprobada por:

Profesor Asesor, Gonzalo Silva A.
Ing. Agrónomo Mg. Cs., Dr. Cs.

Guía

Profesor Asesor, Macarena Gerding G.
Ing. Agrónomo, PhD.

Asesor

Profesor Asesor Externo, Liliana Aguilar M.
Lic. Biología, Mg. Cs., Dr. Cs.
CENID SAI INIFAP

Asesor

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen.....	1
Abstract.....	1
Introducción.....	2
Materiales y Métodos.....	5
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	10
Resultados y Discusión.....	10
Conclusiones.....	14
Referencias.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Figura 1	Evaluación de toxicidad por contacto mediante aplicación topical. A) Placa de Petri, B) Mosca adulta, C) Solución aplicada, D) Punta de pipeta estéril, E) Micropipeta. (Fuente: Elaboración propia).....	7
Figura 2	Dispositivo de confinamiento para evaluación post-contacto. A) Banda elástica, B) Malla de nylon, C) Entrada de moscas, D) Moscas adultas, E) Algodón humedecido con 5 mL de agua destilada y azúcar al 2,0 %. (Fuente: Elaboración propia).....	8
Figura 3	Dispositivo de evaluación efecto fumigante. A) Papel filtro, B) Tubo Eppendorf modificado, C) Malla de nylon, D) Tapa perforada, E) Parafilm, F) Moscas adultas, G) Algodón humedecido con 5 mL de agua destilada y azúcar al 2,0 %. (Fuente: Elaboración propia).....	9
Figura 4	Sistema utilizado para evaluación de repelencia (Olfactómetro). A) Jaula entomológica, B) Moscas adultas, C) Dieta con control, D) Dieta con tratamiento, E) Sonda, F) Medidor de flujo, G) Humificador, H) Filtro de carbón activado, I) Bomba de aire para acuario. (Fuente: Elaboración propia).....	9
Figura 5	Selección (%) de <i>Musca domestica</i> adultas por dieta tratada con extracto hidroalcohólico de sustrato agotado y dieta con testigo...	13
Tabla 1	Escala de intensidad de repelencia de Bustos et al. (2017).....	10
Tabla 2	Mortalidad por contacto de <i>Musca domestica</i> L. adultas tratadas con un extracto hidroalcohólico obtenido de residuos de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	11
Tabla 3	Toxicidad por actividad fumigante en <i>Musca domestica</i> adultas, a las 48 horas de tratadas con un extracto hidroalcohólico de residuos de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	12
Tabla 4	Índice de repelencia y categorización del extracto hidroalcohólico de <i>P. ostreatus</i> contra adultos de <i>M. domestica</i>	13

INSECTICIDA *IN VITRO* DE UN EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO OBTENIDO ACTIVIDAD DE SUSTRATOS RESIDUALES DE LA PRODUCCIÓN DE *PLEUROTUS OSTREATUS*

IN VITRO INSECTICIDAL ACTIVITY OF AN HYDROALCOHOLIC EXTRACT
FROM RESIDUAL PRODUCTION SUBSTRATES OF *PLEUROTUS OSTREATUS*

**Palabras índices adicionales: Hongo ostra, sustrato agotado, extracto
hidroalcohólico, concentrado, etanol.**

RESUMEN

El uso de insecticidas para el control de plagas debido a su uso irracional ha provocado el desarrollo de resistencia además de afectar organismos benéficos y causar daño ambiental. Lo anterior ha llevado a la búsqueda de nuevos compuestos con actividad insecticida de origen natural. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad insecticida de contacto, fumigante y repelencia de un extracto hidroalcohólico de residuos de producción de *Pleurotus ostreatus* contra *Musca domestica*. Los resultados indicaron que el extracto no presentó actividad insecticida significativa en los bioensayos de toxicidad por contacto (1,33 % de mortalidad) y fumigante (0 % de mortalidad). Sin embargo, al evaluar la repelencia sobre adultos de mosca doméstica se observó un porcentaje de repelencia superior a 50 % en todas las concentraciones evaluadas (5 %, 10 %, 20 %, 40 % v/v). Los resultados mostraron una relación directa con el aumento de la concentración del extracto y la actividad repelente. Del estudio realizado se concluyó que el extracto de residuos de producción *P. Ostreatus* posee actividad repelente y que se debe seguir explorando estas propiedades a partir de los residuos de la producción, incluyendo a futuro la identificación de los compuestos activos con el fin de descifrar el mecanismo de acción y desarrollar un potencial método de control sustentable y sostenible.

ABSTRACT

The use of insecticides for pest control, due to their irrational misuse, has led to the development of resistance, as well as the impact on beneficial organisms and environmental damage. This has driven the search for new compounds with

insecticidal activity of natural origin. This study aimed to evaluate the contact, fumigant, and repellent insecticidal activity of a hydroalcoholic extract from production residues of *Pleurotus ostreatus* against *Musca domestica*. The results indicated that the extract did not show significant insecticidal activity in the contact (1,33 % mortality) and fumigant (0 % mortality) bioassays. However, when assessing repellency against adult houseflies, a repellency percentage greater than 50 % was observed at all tested concentrations (5 %, 10 %, 20 %, 40 % v/v). The results showed a direct relationship between the increase in extract concentration and repellent activity. Based on the study, it was concluded that the extract from *P. ostreatus* production residues possesses repellent activity, and further exploration of these properties is warranted, including future identification of the active compounds to decipher their mechanism of action and develop a potential sustainable and environmentally friendly control method.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos son afectados por plagas y patógenos, que provocan pérdidas de importancia económica a los agricultores de hasta un 40 %, reduciéndose la seguridad alimentaria e inocuidad de la población (FAO, 2020). Entre los problemas más significativos se encuentran la disminución del rendimiento y calidad de la producción, junto con estrés y transmisión de enfermedades a las plantas, entre otros (Savary et al., 2019).

En la actualidad, la mayoría de las plagas de insectos se controlan con insecticidas sintéticos, los cuales son compuestos químicos que, por un manejo inadecuado, pueden llegar a ser tóxicos tanto para quienes los manipulan como para los que consumen los productos contaminados. Además, la composición de estos provoca que se degraden lentamente, contaminando el suelo y agua, e incluso en casos extremos pueden ser recalcitrantes; lo que implica que no sufren cambios en su composición (Mitra et al., 2024; Lazarević-Pašti et al., 2025). El mal uso de los insecticidas ha provocado que una variedad de insectos haya desarrollado resistencia a los diferentes compuestos químicos lo cual, en lugar de disminuir los problemas de plagas en los cultivos han aumentado, causando desequilibrios en la producción, ya sea por la resistencia o desbalance ecológico (Chirinos et al., 2020).

Una plaga de importancia sanitaria para seres humanos y animales domésticos es la mosca común (*Musca domestica* L.), que es el díptero más común y con mayor extensión en el mundo. Este insecto es un vector que transporta patógenos que pueden causar enfermedades graves que pueden llegar ser mortales para los seres vivos, además de presentarse en instalaciones ganaderas junto a dípteros hematófagos. Entre los organismos que transmite se incluyen bacterias, hongos, virus y parásitos (Khamesipour et al., 2018). Las moscas recolectan estos organismos a través de su aparato bucal, cuerpo, heces y regurgitación, transmitiéndose cuando se posa sobre superficies, personas u otros seres vivos (Acevedo et al., 2009). Además, perjudica las explotaciones ganaderas, provocando un impacto negativo en los productos de la industria (Villegas., 2017).

La búsqueda de alternativas sustentables y sostenibles que puedan reemplazar o complementar los insecticidas sintéticos que, presentando la misma efectividad, pero sin los problemas anexos de los sintéticos, se encuentra focalizada en los productos naturales. Entre estas opciones se destaca el hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, mayormente conocido como “hongo ostra”, que se cultiva como un producto alimenticio, medicinal y de dieta terapéutica, caracterizándose por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas y antiparasitarias contra nemátodos parásitos de animales y plantas (Noshad et al., 2015).

Pleurotus ostreatus presenta compuestos denominados lectinas, las cuales son proteínas no enzimáticas que se encuentran distribuidas en la naturaleza en una gran diversidad de organismos, caracterizándose por la forma selectiva en la que se unen a carbohidratos y por su capacidad de reconocer e interactuar de forma reversible con fracciones de azúcar y glicoproteínas (carbohidratos) (Sharon, 2007). Estas son producidas por animales, plantas, bacterias, hongos y virus (Castillo-Villanueva et al., 2005). En hongos se encuentran en basidiocarpos, estípites y micelios (Aragón-López et al., 2020).

Las lectinas presentan efectos entomotóxicos como; interrupción de la transmisión sináptica y muerte celular en insectos de los órdenes Coleóptera, Homóptera y Lepidóptera, entre otros (Carlini and Grossi-de-Sá, 2002). Lo anterior se debe a que las lectinas tienen la capacidad de unirse a la membrana de borde de pincel de las

células epiteliales intestinales, lo que interfiere en el proceso digestivo del insecto y provoca toxicidad (Chrispeels and Raikhel, 1991).

El cultivo del género *Pleurotus* se caracteriza por tener un proceso económicamente viable y potencialmente rentable debido a que recicla una amplia variedad de residuos. Sin embargo, después de que se cosechan los basidiocarpos, la industria que produce el hongo ostra genera un subproducto en base a micelio, enzimas extracelulares, biomasa y polisacáridos, el cual es denominado como “sustrato agotado”, que es posible de aprovechar por sus propiedades para producir extractos y ser utilizados como insecticidas de nueva generación (Diamantopoulou y Philippoussis, 2015; Zhang et al., 2016; Colmenares-Cruz et al., 2021).

La actividad insecticida del hongo ostra y otros del mismo género, ha sido evaluada contra distintos insectos. Rahman et al., (2011) estudiaron el efecto residual de un extracto del cuerpo fructífero de hongo ostra contra el gorgojo castaño de la harina (*Tribolium castaneum* (Herbst)), obteniéndose que la fracción residual registró una dosis letal 50 % (DL₅₀) de 0,206 mg·cm⁻², mostrando una gran eficacia. Además, la toxicidad aumentó con el tiempo de exposición. En otro estudio, Noshad et al., (2015), evaluaron la actividad insecticida de los extractos de hongo ostra impregnando un papel filtro con distintas dosis y evaluando la toxicidad en intervalos de 4, 12 y 24 horas contra *Macrosiphum rosae* (Homoptera, Aphididae) obteniendo una mortalidad de 100 % con una concentración de 80 µg·mL⁻¹. Estos autores evaluaron extractos de diferentes estructuras del hongo, reportando las siguientes CL₅₀: cuerpo fructífero CL₅₀= 12,83 µg·mL⁻¹; filtrado de fermentación CL₅₀= 25,03 µg·mL⁻¹; y extracto micelial CL₅₀= 29,96 µg·mL⁻¹, concluyendo que el número de los insectos que morían dependió del tiempo y la concentración del extracto. Similarmente, Díaz-Godínez et al., (2016) investigaron la actividad biológica de los hongos, *Pleurotus pulmonarius*, *P. ostreatus*, y *Pycnoporus cinnabarinus* sobre larvas de *Diatraea magnifactella* (Lepidóptera Crambidae), inoculando con microinyecciones encontrando que *P. cinnabarinus* mostró mayor toxicidad contra las larvas, además de producir un efecto de letargo en estas.

Con base en lo descrito anteriormente, se puede señalar que existen antecedentes del efecto insecticida de los extractos orgánicos obtenidos del

sustrato agotado de *P. ostreatus*, siendo una alternativa amigable, sustentable y sostenible con el ambiente. El objetivo de la presente investigación fue evaluar, en condiciones de laboratorio, la actividad insecticida de contacto, fumigante y repelente de un extracto hidroalcohólico del residuo de producción de *Pleurotus ostreatus* contra *Musca domestica*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Entomología y Acarología Agropecuaria de la Facultad de Agronomía, en la Universidad de Concepción, Campus Chillán, Región de Ñuble, Chile.

Extracto hidroalcohólico

Obtención de sustrato agotado. El sustrato agotado se obtuvo de la productora de hongos ostra Sra. Rosa Sáez, Comuna de San Nicolás, Región de Ñuble, Chile. Este sustrato estaba constituido por rastrojo de avena pasteurizado con cal viva. A continuación, se dejó por 24 horas estilando, y finalizado este período, se procedió a la siembra con semillas de trigo inoculadas con el hongo y 21 días después de permanecer en una sala de incubación a 25 - 30 °C y 94 – 96 % de humedad en las bolsas que lo contenían se realizó un corte en forma de “v”. Luego, se esperaron 4 días para trasladar la bolsa a la sala de producción donde se regó con agua, para después ser cosechado entre el día 15 a 20 a partir de la inoculación.

Secado del sustrato agotado. El sustrato agotado, se secó al aire libre durante el mes de febrero de 2024, dejándose 14 horas al aire libre durante dos días, en condiciones de 17 - 39 % de humedad relativa, 12 a 31 °C de temperatura y viento de 6 a 17 km·h⁻¹ (Colmenares-Cruz et al., 2021). Posteriormente, se almacenó en una bolsa de plástico y se trasladó al Laboratorio de Entomología y Acarología Agropecuaria de la Facultad de Agronomía para su procesamiento.

Procesamiento del extracto En el laboratorio y, según la metodología de Colmenares-Cruz et al., (2021), el sustrato agotado seco se pesó y ubicó en dos envases de plástico de 5 L, donde se agregaron 350 g de sustrato agotado y 2800 mL de solvente (70 % etanol y 30 % agua destilada), para luego ser agitado manualmente. Después de tres días de reposo y mostrando el solvente hidroalcohólico un color amarillo, que indicó la extracción de los componentes por

afinidad química, se filtró la solución a un contenedor de vidrio de 5 L, para luego ser filtrado nuevamente con papel filtro a otro recipiente.

El extracto filtrado se concentró en un evaporador rotatorio (FISATOM) configurado a 45 °C y 80 RPM. Se agregaron 300 mL del extracto en el matraz de evaporación inmerso parcialmente en un baño María a 45 °C, para luego evaporarlo por rotación durante 3 horas. De esta forma se obtuvo una fracción hidroalcohólica del extracto, correspondiendo a un volumen de 50 mL, que se almacenó en botellas de color ámbar de 500 mL. Finalmente, el extracto hidroalcohólico concentrado se liofilizó y se almacenó a 4 ± 5 °C para utilizarlo en los bioensayos posteriores.

El rendimiento del sustrato agotado de *P. ostreatus* durante su proceso de liofilizado se calculó por medio de la ecuación de Granados et al. (2012):

$$Rendimiento = \left(\frac{Pp}{Pm} \right) \times 100$$

Donde *Pp*: Peso del producto (g), *Pm*: peso materia prima (g).

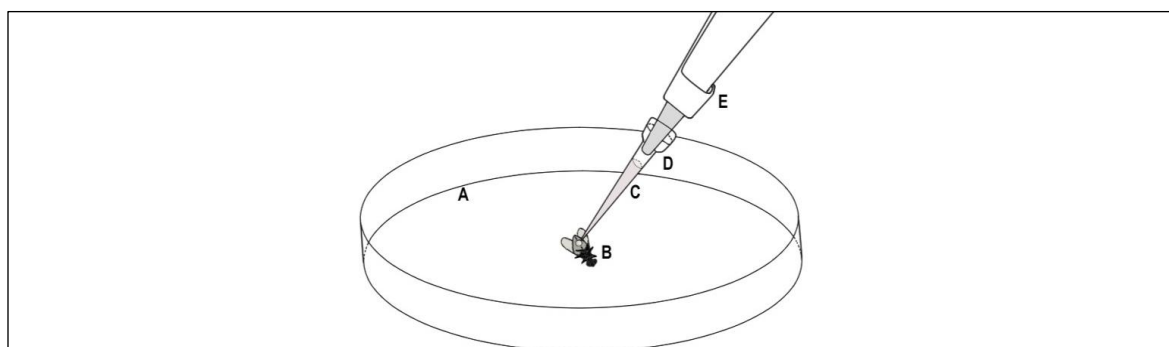
Colonia de *Musca domestica*. Los ejemplares de *M. domestica* se obtuvieron de colonias permanentes mantenidas en el Laboratorio de Entomología y Acarología Agropecuaria de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, Campus Chillán, Región de Ñuble. Estas se mantienen en una cámara bioclimática en condiciones de 25 ± 1 °C de temperatura, 50 ± 5 % de humedad relativa y 12 : 12 de fotoperíodo (Luz:oscuridad), según lo descrito por Martiradonna et al., (2009). El medio de ovipostura consistió en una preparación de salvado de trigo autoclavado mezclado con leche entera y azúcar al 2,0 %. Los huevos se recolectaron diariamente y trasladaron a un recipiente con tapa modificada con tela de tul para el paso del aire, y se estableció un medio de cría para que cuando las larvas emergieran pudieran alimentarse. El recipiente donde se realizó el medio para larvas se compuso de tiras de papel apiladas en capas, humedecidas con leche y azúcar al 2,0 %. A los 7 días se recolectaron las pupas, que se trasladaron a jaulas entomológicas cubiertas de tela de organza y se alimentaron con agua y azúcar, anotándose la fecha de recolección de los huevos y cuando las moscas adultas emergieron de las pupas.

El mantenimiento de la colonia se realizó con azúcar granulada en una placa de Petri que se cambió semanalmente y otra con algodón humedecido con agua destilada que se cambió día por medio. Los recipientes de larvas se monitorearon diariamente, revisando su humedad o si estas habían consumido parte del papel, y si esto sucedía se agregaron más tiras de papel absorbente con leche y azúcar al 2,0 %. En caso de sobrepoblación de larvas en alguno de los recipientes que las contenían, se preparó otro para evitar que moscas de menor tamaño por competencia de comida.

Bioensayos

Toxicidad por contacto. La actividad insecticida por contacto se avaluó en moscas adultas de 4 a 7 días de edad, sin diferenciar el sexo, según el protocolo de Acevedo et al., (2009). Se anestesiaron grupos de 15 moscas en frío, con -20°C , durante 90 segundos y luego se aplicó 2 μL del tratamiento con una micropipeta en la zona ventral del abdomen del insecto (Figura 1). La mortalidad se evaluó a las 24 y 48 horas de aplicado el extracto liofilizado resuspendido en etanol al 70 % y agua destilada (proporciones 70 : 30). Cada tratamiento tuvo seis repeticiones y como control se utilizó etanol al 70 % y agua destilada (proporciones 70 : 30) y se evaluaron las concentraciones de 10, 50, 80 y 100 $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$.

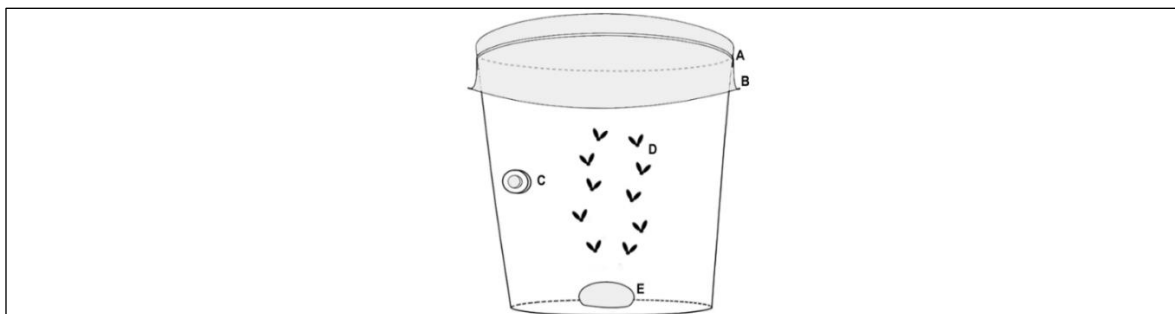
Figura 1. Evaluación de toxicidad por contacto mediante aplicación topical. A) Placa de Petri, B) Mosca adulta, C) Solución aplicada, D) Punta de pipeta estéril, E) Micropipeta. (Fuente: Elaboración propia).



Las moscas tratadas se ubicaron en un recipiente plástico modificado con agujero al costado, para ingresar las moscas anestesiadas, y con algodones de 5 g, empapados con 5 mL de agua destilada y azúcar al 2,0 %. Luego, fue cubierto por

una malla de nylon asegurada por una banda elástica en la parte superior (Figura 2).

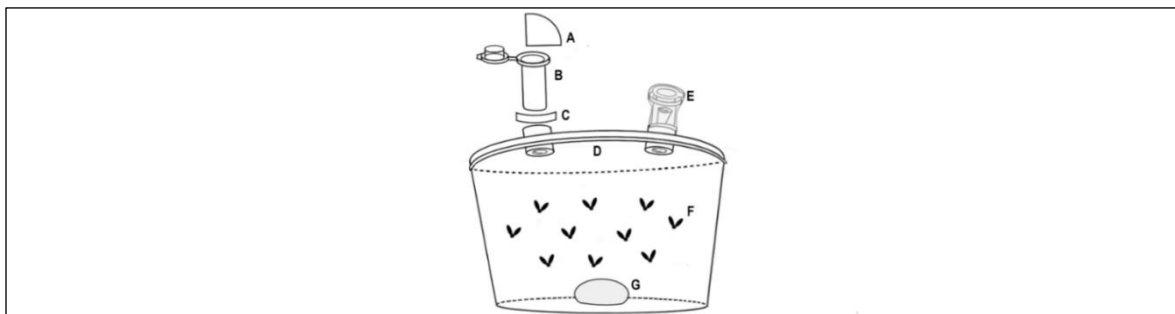
Figura 2. Dispositivo de confinamiento para evaluación post-contacto. A) Banda elástica, B) Malla de nylon, C) Entrada de moscas, D) Moscas adultas, E) Algodón humedecido con 5 mL de agua destilada y azúcar al 2,0 %. (Fuente: Elaboración propia).



Actividad fumigante. Se evaluó la actividad fumigante con un dispositivo desarrollado por el Laboratorio de Entomología y Acarología Agropecuaria (Figura 3) (Oyarce et al., 2025). Este consistió en recipientes plásticos de 500 mL, con sus tapas modificadas integrando dos tubos tipo Eppendorf modificados que contenían papel filtro impregnado con el extracto. En la parte inferior de la tapa modificada se agregó una malla de nylon que sirvió como una barrera física impidiendo el contacto entre el insecto y el papel, siendo finalmente sellados con Parafilm para evitar el intercambio gaseoso. Cada repetición consistió en 15 moscas, sin distinción de sexo, con algodones de 5 g, a los que se agregaron 5 mL de agua destilada y azúcar al 2,0 %.

Las moscas adultas previamente se anestesiaron en frío, con $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 90 segundos en grupos de cinco moscas y luego ubicaron en los recipientes, cerrando la tapa con los tubos tipo Eppendorf modificados, como se observa en la Figura 3. El papel filtro se impregnó con volúmenes de 60 y 120 μL de extracto en $100\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ de extracto liofilizado en etanol al 70 % y agua destilada (proporciones 70 : 30), para luego ser depositados en los tubos tipo Eppendorf modificados y sellados con Parafilm. El testigo consistió en los mismos volúmenes de 60 y 120 μL de etanol al 70 % y agua destilada (proporciones 70 : 30). Cada tratamiento tuvo tres repeticiones y la mortalidad se evaluó a las 24 horas y 48 horas después de la inoculación.

Figura 3. Dispositivo de evaluación efecto fumigante. A) Papel filtro, B) Tubo Eppendorf modificado, C) Malla de nylon, D) Tapa perforada, E) Parafilm, F) Moscas adultas, G) Algodón humedecido con 5 mL de agua destilada y azúcar al 2,0 %. (Fuente: Elaboración propia).

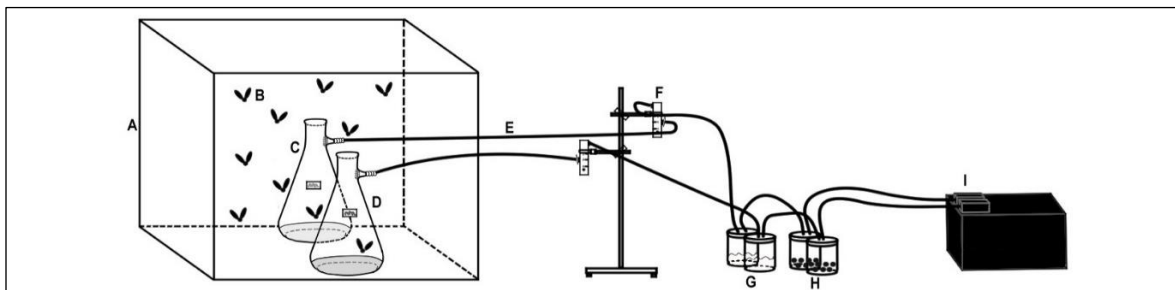


Actividad repelente. La actividad repelente se evaluó con el método de Tangpao et al., (2021) con modificaciones. Se utilizó una jaula entomológica de malla de 50 x 40 x 40 cm, que contenía dos matraces Kitazato, uno con la dieta tratada y el otro con la dieta control. Los matraces estaban conectados a una manguera que a su vez conectaba con una bomba de aire para acuario (Figura 4), que emitía un flujo de aire constante regulado por un medidor de flujo a un volumen de $0,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, filtrado con carbón activado y agua destilada para humedecer el aire.

En cada frasco se agregó leche con azúcar al 2,0 % mezclado con el extracto en una concentración de $100 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, generando una mezcla en los matraces de 10 mL. La leche se consideró como 100 % y se añadieron 5, 10, 20 y 40 % de solución de extracto para el tratamiento y etanol al 70 % y agua destilada (proporciones 70 : 30) para el control.

En la jaula se liberaron 50 moscas mayores de siete días de edad, sin distinción de sexo y a las 1 a 3 horas se contabilizó el número de moscas por matraz.

Figura 4. Sistema utilizado para evaluación de repelencia (Olfactómetro). A) Jaula entomológica, B) Moscas adultas, C) Dieta con control, D) Dieta con tratamiento, E) Sonda, F) Medidor de flujo, G) Humificador, H) Filtro de carbón activado, I) Bomba de aire para acuario. (Fuente: Elaboración propia).



Se realizaron cinco repeticiones por tratamiento y con estos datos se calculó un índice de repelencia (IR), con la fórmula de Mazzonetto, (2002), complementada con la escala de intensidad de Bustos et al. (2017):

$$IR = \left(\frac{2 \cdot G}{(G + P)} \right)$$

Donde *IR*: índice de repelencia, *G*: porcentaje de insectos en el tratamiento, *P*: porcentaje de insectos en el testigo.

Tabla 1. Escala de intensidad de repelencia de Bustos et al. (2017).

Valor índice de repelencia	Categoría
$\geq 1,0$	Sin repelencia
0,76 – 0,99	Repelencia débil
0,51 – 0,75	Repelencia moderada
0,26 – 0,50	Repelencia alta

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los tres bioensayos tuvieron un diseño experimental completamente al azar. Para comprobar las hipótesis de este estudio primero los resultados se sometieron a la prueba de Shapiro-Wilks ($\alpha = 0,05$) para analizar la homogeneidad de varianza y distribución normal de los datos. A continuación, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y un test de comparación de medias de Tukey con un nivel de confianza de 95 % ($\alpha = 0,05$), el cual buscó determinar diferencias significativas entre las medias de las diferentes concentraciones. Además, los datos de repelencia se sometieron al test de chi-cuadrado (X^2) para determinar la asociación entre la concentración del extracto y la elección de *M. domestica*. Todos los análisis se llevaron a cabo con el programa estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento del extracto liofilizado

En el proceso de liofilizado se obtuvo aproximadamente de 8,27 g de extracto hidroalcohólico liofilizado, el cual presentaba un aspecto de polvo amarillo pálido, seco y con textura oleosa. A continuación, se calculó el rendimiento con la fórmula de Granados et al. (2012) que correspondió a un 2,36 %, lo cual indica que cada 100 g de sustrato agotado seco se obtienen 2,36 g de extracto liofilizado.

Comparado a la extracción de aceites esenciales, el rendimiento del extracto hidroalcohólico de sustratos residuales de la producción de *P. ostreatus* se encuentra dentro del rango del rendimiento de estos compuestos naturales como, por ejemplo, el aceite esencial de hojas de eucalipto que fluctúa entre 1,2 a 3,0 % (Sebei et al., 2015).

Toxicidad por contacto

El extracto hidroalcohólico de sustrato agotado de la producción de *P. ostreatus* no produjo toxicidad por contacto significativa en *M. domestica* adulta, reportando una mortalidad máxima de 1,33 % en todas las concentraciones evaluadas (Tabla 2).

Tabla 2. Mortalidad por contacto de *Musca domestica* L. adultas tratadas con un extracto hidroalcohólico obtenido de residuos de producción de *Pleurotus ostreatus*.

Concentración g·L ⁻¹	Tiempo (horas)	Mortalidad (%)
0,0	0,0	0,0
	24	0,17
	48	0,83
10	0,0	0,0
	24	0,17
	48	0,5
50	0,0	0,0
	24	0,0
	48	0,33
80	0,0	0,17
	24	0,17
	48	1,33
100	0,0	0,0
	24	0,0
	48	1,33

No obstante, se observó un posible efecto de neurotoxicidad en las moscas a medida que aumentaba la concentración del producto, debido a que el insecto mostraba cierta desorientación, no siendo capaz de volar y sin reacción a estímulos

de movimiento y caminando alrededor del contenedor de forma más lenta. Por tanto, en un futuro deberían evaluarse concentraciones mayores del extracto.

Actividad fumigante

Similar a la toxicidad por contacto, el extracto, en las concentraciones evaluadas, no presentó un efecto fumigante significativo, debido a que el porcentaje de mortalidad se asoció al solvente utilizado al mostrar más de un 10 % de mortalidad en el testigo.

Tabla 3. Toxicidad por actividad fumigante en *Musca domestica* adultas, a las 48 horas de tratadas con un extracto hidroalcohólico de residuos de producción de *Pleurotus ostreatus*.

Cantidad de extracto hidroalcohólico	Tiempo (horas)	Mortalidad Extracto (%)	Mortalidad Control (%)
60 µL	0,0	0,0	0,0
	24	0,0	0,0
	48	1,0	0,67
120 µL	0,0	0,0	0,0
	24	3,33	2,0
	48	11,67	12,33

En este bioensayo no fue posible aumentar la dosis porque las concentraciones utilizadas saturaban los papeles filtro de los tubos Eppendorf. Además, cabe destacar que el etanol producía condensación al ser aplicado dentro de un contenedor cerrado, lo que provocaba que las alas de las moscas quedaran atrapadas en la condensación del contenedor y les costara movilizarse por el dispositivo de evaluación.

Actividad repelente

Los datos obtenidos indican presencia de actividad repelente del extracto hidroalcohólico del hongo *P. ostreatus* contra *M. domestica* adulta. El índice de repelencia complementando con la escala de Bustos et al. (2017), indican que a medida que se aumenta la concentración de extracto, también se incrementa la repelencia (Tabla 4). La mayor repelencia fue de 40 % y correspondió a repelencia alta.

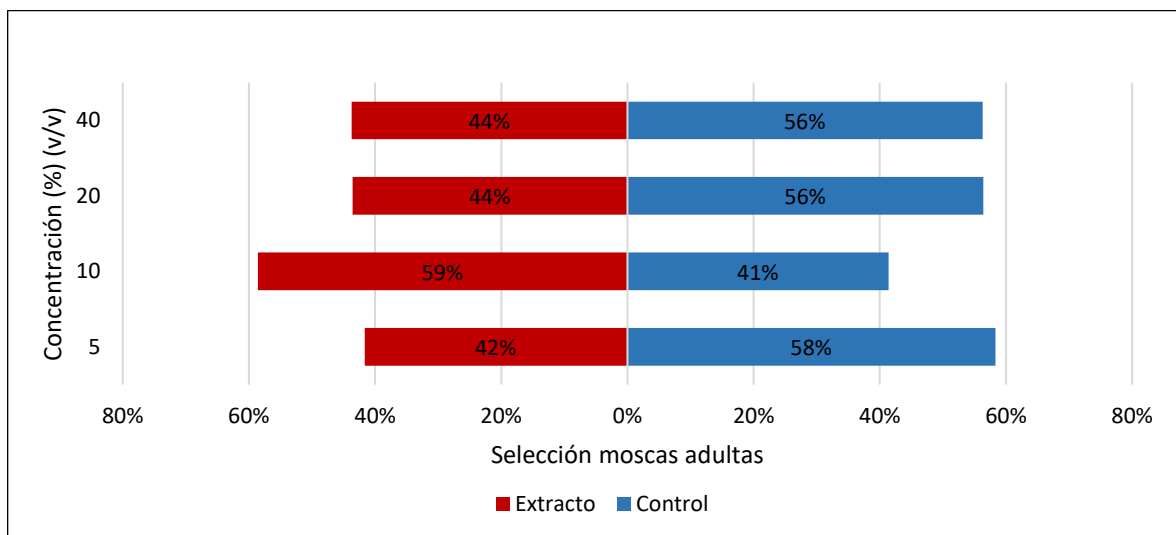
Tabla 4. Índice de repelencia y categorización del extracto hidroalcohólico de *P. ostreatus* contra adultos de *M. domestica*.

Concentración (%) (v/v)	IR*	Categoría**
5,0	0,83	Repelencia débil
10	0,82	Repelencia débil
20	0,69	Repelencia moderada
40	0,47	Repelencia alta

* Escala de Bustos et al. (2017).

** Índice de repelencia $R = \left(\frac{2 \cdot G}{(G+P)} \right)$ (Mazzonetto, 2002).

Figura 5. Selección (%) de *Musca domestica* adultas por dieta tratada con extracto hidroalcohólico de sustrato agotado y dieta con testigo.



Los resultados de la evaluación de repelencia fueron similares entre tratamientos, lo que es común en compuestos de origen natural, ya que están conformados por mezclas complejas y que varían con diversos factores, como la variabilidad genética de cada individuo, el método cómo se procesa el producto y las condiciones ambientales, entre otros (Kellogg et al., 2019). En este caso se registró una tendencia de que *M. domestica* evitaba el matraz del extracto por sobre un 50 % de las oportunidades, y a medida que aumentó la concentración del extracto, en comparación con la leche, provocó un aumento en la preferencia de las moscas. Lo anterior es contrario a lo que pasa en el caso de Palavecino et al. (2022), quienes con un extracto hidroalcohólico obtenido del cuerpo fructífero del mismo hongo ostra, aplicado en *Sitophilus zeamais* obtuvieron un índice de repelencia de 1 según

el índice de Mazzoneto and Vendramim (2003), lo que significa un efecto neutral en todas las concentraciones. En un futuro sería recomendable evaluar concentraciones más altas para observar la reacción del insecto estudiado.

El análisis de varianza se presentó un coeficiente de variación alto (14,62 %), lo que indicó que los datos poseen una variabilidad alta, y un R^2 de 44 % lo que podrá implicar que la elección de los insectos también presenta un alto nivel de azar. Además, los resultados del test de Tukey ($\alpha = 0,05$), indicaron que no existió diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones. Igualmente, el análisis de medias indicó que todas las concentraciones poseen actividad repelente superior al 50 % sobre la etapa adulta de *M. domestica*, lo que indicó que la hipótesis del estudio es correcta, es decir, el sustrato agotado de la producción de hongo *P. ostreatus* presenta propiedades repelentes. Sin embargo, el análisis chi-cuadrado ($\alpha = 0,05$) indicó que existe una asociación entre la elección de las moscas y la concentración del extracto. Por lo tanto, es posible inferir una capacidad de repelencia del extracto del hongo *P. ostreatus* contra *M. domestica*.

Es de importancia mencionar que, al usar sustrato agotado, el etanol al 70 % pudo haber adquirido ciertas propiedades del hongo, al igual que del rastrojo de avena degradada por el hongo, lo que podría haber afectado al resultado de los distintos bioensayos. Para evitar estos efectos dados en este estudio es importante poder identificar los compuestos activos del extracto, y cómo estos pueden cambiar respecto a las mezclas de materiales utilizados para la producción del hongo ostra, ya que pueden utilizarse diferentes sustratos como maíz o trigo, entre otros. Por lo que, se espera que en futuros estudios se puedan incluir análisis micoquímicos para determinar qué compuestos son responsables de los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

1. El rendimiento del extracto hidroalcohólico es similar a otros extractos o aceites esenciales.
2. El extracto hidroalcohólico de *P. ostreatus* no posee propiedades insecticidas de contacto, ni fumigante.
3. El extracto hidroalcohólico de *P. ostreatus* posee actividad repelente contra adultos de *Musca domestica*.

REFERENCIAS

1. Acevedo, G. R., M. Zapater, and A. C. Toloza. 2009. Insecticide resistance of house fly, *Musca domestica* (L.) from Argentina. *Parasitology Research*, 105, 489 - 493.
2. Aragón-López, Y., A. D. Pérez-Santiago y M. A. Sánchez-Medina. 2020. Cultivo *in vitro* de *Lactarius volemus* en la búsqueda de lectinas fúngicas. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23.
3. Bustos, G., G., Silva, S. Fisher, I. Figueroa, A. Urbina, y J.C. Rodríguez. 2017. Repelencia de mezclas de aceites esenciales de boldo, laurel chileno, y tepa contra el gorgojo del maíz. *Southwest. Entomol.* 42 (2): 551 - 563. doi: 10.3958/059.042.0224.
4. Carlini, C. R., and M. F. Grossi-de-Sá. 2002. Plant toxic proteins with insecticidal properties. A review on their potentialities as bioinsecticides. *Toxicon*, 40 (11), 1515 - 1539.
5. Castillo-Villanueva, A., y F. Abdullaev. 2005. Lectinas vegetales y sus efectos en el cáncer. *Revista de investigación clínica*, 57 (1), 55 - 64.
6. Chirinos, D. T., R. Castro, J. Cun, J. Castro, S. Peñarrieta Bravo, L. Solis, y F. Geraud-Pouey. 2020. Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1): 84 - 99. Epub December 30, 2019. doi: 10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276.
7. Chrispeels, M. J., and N. V. Raikhel. 1991. Lectins, lectin genes, and their role in plant defense. *The plant cell*, 3 (1), 1.
8. Colmenares-Cruz, S., M. González-Cortazar, G. S. Castañeda-Ramírez, R. H. Andrade-Gallegos, J. E. Sánchez, and L. Aguilar-Marcelino. 2021. Nematocidal activity of hydroalcoholic extracts of spent *substrate* of *Pleurotus djamor* on L3 larvae of *Haemonchus contortus*. *Veterinary Parasitology*, 300; 109608. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2021.109608>.
9. Diamantopoulou, P., and A. Philippoussis. 2015. Cultivated Mushrooms: Preservation and Processing, pp. 495 - 526. <https://doi.org/10.1201/b19252-26>.
10. Díaz-Godínez, G., M. Téllez-Téllez, A. Rodríguez, V. Obregón-Barbosa, M. de Lourdes Acosta-Urdapilleta, and E. Villegas. 2016. Enzymatic, antioxidant, antimicrobial, and insecticidal activities of *Pleurotus pulmonarius* and *Pycnoporus cinnabarinus* grown separately in an airlift reactor. *BioResources*, 11 (2), 4186 - 4200.

11. Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, y C. W. Robledo. 2016. InfoStat. *versión. Grupo InfoStat*. [En línea] <http://www.infostat.com.ar> [Consulta: 25 agosto 2024].
12. Kellogg, J. J., M. F. Paine, J. S. McCune, N. H. Oberlies, and N. B Cech. 2019. Selection and characterization of botanical natural products for research studies: a NaPDI center recommended approach. *Natural product reports*, 36 (8), 1196 - 1221.
13. Khamesipour, F., K. B. Lankarani, B. Honarvar, and T. E. Kwenti. 2018. A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.). *BMC Public Health*, 18, 1 - 15.
14. Lazarević-Pašti, T., V. Milanković, T. Tasić, S. Petrović and A, Leskovac. 2025. With or Without You?—A Critical Review on Pesticides in Food. *Foods*, 14 (7), 1128.
15. Martiradonna Ochipinti, G., A. Soto Vivas and J. González. 2009. Protocolo de cría de *Musca domestica* en laboratorio. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 49 (2), 317 - 319.
16. Mazzonetto, F. 2002. Efeito de genótipos de feijoeiro e de pós de origem vegetal sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col: Bruchidae). *Tese (Doutorado)*. Piracicaba, Brasil: *Universidade de São Paulo*.
17. Mazzonetto, F., e Vendramim, J.D. 2003. Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology* 32: 145 - 149. doi:10.1590/S1519-566X2003000100022.
18. Mitra, S., R. K. Saran, S. Srivastava, and C. Rensing. 2024. Pesticides in the environment: Degradation routes, pesticide transformation products and ecotoxicological considerations. *Science of The Total Environment*, 935, 173026.
19. Noshad, A., M. Iqbal, Z. Iqbal, H. Bibi, Saifullah, S. Bibi, and H. U. Shah. 2015. Aphidicidal potential of ethyl acetate extract from *Pleurotus ostreatus*. *Sarhad Journal of Agriculture*, 31 (2): 101 - 105. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2015/31.2.101.105>.
20. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020. Acerca de la labor de la FAO en materia de producción y protección vegetal. En línea] <https://www.fao.org/plant-production-protection/about/es> [Consulta: 13 enero 2025].
21. Oyarce, G. A., P. Loyola, M. Iubini-Aravena, Á. Romero, J. C. Rodríguez-Maciél, J. Becerra and G. Silva-Aguayo. 2025. Adulticidal and Repellent Activity of

Essential Oils from Three Cultivated Aromatic Plants Against *Musca domestica* L. *Insects*, 16 (5), 542.

22. Palavecino-De-La-Fuente, F., G. Silva-Aguayo, I. Figueroa-Cares, M. Gerding, J. C. Rodríguez-Maciel, A. Lagunes-Tejeda, G. S. Castañeda-Ramirez, C. Sotelo-Leyva, T. Curkovic, and L. Aguilar-Marcelino. 2022. Insecticidal effect of hydroalcoholic extracts of *Pleurotus ostreatus* against *Sitophilus zeamais*. *Chilean journal of agricultural research*, 82 (3), 399 - 406. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392022000300399>.
23. Rahman, M., M. R. Karim, M. M. Alam, M. F. Islam, M. R. Habib, M. B. Uddin, and M. T. Hossain. 2011. Insecticidal effect of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Natural Products: An Indian Journal*, vol. 7, no. 4, pp. 187 - 190.
24. Savary, S., L. Willocquet, S. J. Pethybridge, P. Esker, N. McRoberts, and A. Nelson. 2019. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3 (3), 430 - 439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>.
25. Sharon, N. 2007. Lectins: carbohydrate-specific reagents and biological recognition molecules. *Journal of Biological Chemistry*., 282 (5): 2753 - 2764. doi: 10.1074/jbc.X600004200.
26. Tangpao, T., P., W. Krutmuang, P. Kumpoun, T. Jantrawut, R. Pusadee, Cheewangkoon, and B. Chuttong. 2021. Encapsulation of basil essential oil by paste method and combined application with mechanical trap for oriental fruit fly control. *Insects*, 12 (7), 633.
27. Villegas, H. 2017. Mosca doméstica biología y control. *Artrópodos y Salud*, 8(2), 11-29.
28. Yadav, S. K., and S. Patel. 2017. Insecticidal and repellent activity of some plant extracts against *Myzus persicae* (Sulzer) and *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (2), 1434 - 143.
29. Zhang, J., G. Meng, G. Zhai, Y. Yang, H. Zhao, and L. Jia. 2016. Extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides of spent mushroom compost of *Ganoderma lucidum*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 82, 432 - 439. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.016>.