



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL**

**SUSTRATO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* EN EL CULTIVO
DE BERENJENA *Solanum melongena* Y LA DIVERSIDAD DE
ARTRÓPODOS INSECTOS Y NO INSECTOS**

TESIS

Que presenta:
Alix Itzel Miranda Vazquez

Como requisito parcial para obtener el grado de:
Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:
Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez

Conkal, Yucatán, México
Diciembre, 2025



TecNM



Conkal, Yucatán, México a 12 de diciembre de 2025

El comité de tesis del candidato a grado: Alix Itzel Miranda Vazquez, constituido por los CC. Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez, Dra. Alejandra González Moreno, Dr. Eduardo Villanueva Couch y Dr. Esaú Ruiz Sánchez, habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **SUSTRATO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* EN EL CULTIVO DE BERENJENA *Solanum melongena* Y LA DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS INSECTOS Y NO INSECTOS**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Horacio Ballina Gómez
Director de Tesis

Dra. Alejandra González Moreno
Asesor de Tesis

Dr. Eduardo Villanueva Couch
Asesor de Tesis

Dr. Esaú Ruiz Sánchez
Asesor de Tesis



Conkal, Yucatán, México a 12 de Diciembre de 2025

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Alix Itzel Miranda Vazquez

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. CAPÍTULO 1.....	8
1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL	8
1.2 Antecedentes.....	9
1.3 Hipótesis.....	13
1.4 Objetivos (general y específicos).....	14
1.5 Procedimiento experimental.....	14
1.6 Literatura citada.....	16
II. CAPITULO 2.....	21
Resumen	21
2.1 Introducción.....	22
2.2 Materiales y métodos.....	23
2.3 Resultados.....	27
2.4 Discusión.....	38
2.5 Conclusiones.....	39
2.6 Literatura citada.....	41

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CAPITULO I

Cuadro 1 Ficha técnica de la berenjena.....	11
Figura 1.1 Esquema experimental en fase de campo y laboratorio.....	15

CAPÍTULOII

Figura 2.1 Variables morfológicas de crecimiento vegetal.....	27
Figura 2.2 Defensa física.....	13
Figura 2.3 Grosor.....	14
Figura 2.4 Desarrollo del fruto	14

Cuadro 2.1 Diversidad de artrópodos en meses.....	33
Figura 2.5 Análisis de diversidad, riqueza y abundancia en meses.....	34
Cuadro 2.2 Diversidad de artrópodos en las dosis de sustrato.....	35
Figura 2.6 Análisis de riqueza, diversidad y dominancia en las dosis de sustrato.....	35
Cuadro 2.6 Abundancia de insectos por mes y dosis de sustrato.....	31
Figura 2.10 Abundancia de insectos por mes.....	32
Cuadro 2.7 Propiedades físicas del suelo y pH del suelo entre tratamientos.....	37
Cuadro 2.8 Fertilidad de suelo entre tratamientos	37
Cuadro 2.9 Cationes intercambiables y porcentaje de saturación de bases entre tratamientos.....	38
Cuadro 2.10 Relación entre cationes.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Raíces de plantas de berenjena (<i>Solanum melongena</i>).....	45
Anexo 2. Tratamientos de suelo y sustratos.....	46

RESUMEN

La berenjena (*Solanum melongena*) es una especie de gran importancia dentro de la familia de las solanáceas, valorada tanto por su papel fundamental en la gastronomía local como por sus beneficios para la salud humana. No obstante, este cultivo es susceptible al ataque de diversos artrópodos plaga (insectos y no insectos). Adicionalmente, la producción en la península de Yucatán enfrenta limitantes edáficas, caracterizada por suelos jóvenes y pobres en nutrientes. Ante esto, el manejo inadecuado de la fertilización sintética puede provocar la degradación del suelo, la contaminación de acuíferos y la alteración de la susceptibilidad de las plantas a las plagas. Se sabe que los suelos con alto contenido de materia orgánica y actividad biológica suelen presentar una buena fertilidad. En este contexto, el sustrato residual de hongos comestibles, utilizado como enmienda orgánica, tiene el potencial de mejorar las propiedades edáficas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del sustrato residual del hongo *Pleurotus ostreatus* en el crecimiento vegetal y su influencia en la diversidad de artrópodos asociados. Se emplearon tres tratamientos: Testigo (TE), compuesto por 50% suelo y 50% *peat moss*; Dosis Baja (DB), con 30% de sustrato residual de *P. ostreatus* y 70% de la mezcla base (suelo y *peat moss*); y Dosis Alta (DA), con 60% de sustrato residual de *P. ostreatus* y 40% de la mezcla base. Se utilizó un diseño completamente al azar con 28 repeticiones. Se evaluaron variables morfológicas de crecimiento (altura, diámetro del tallo, número de hojas y peso seco), defensa física (dureza y grosor foliar) y rendimiento (peso, longitud y diámetro del fruto). La diversidad de artrópodos se identificó a nivel de familia. Asimismo, se analizaron muestras de suelo de cada tratamiento para determinar la disponibilidad de nutrientes. Los resultados mostraron diferencias significativas en el crecimiento vegetal; el tratamiento de Dosis Alta (DA) generó plantas con mayor altura, diámetro de tallo y número de hojas en comparación con el Testigo (TE) y la Dosis Baja (DB).

En cuanto a las propiedades edáficas, los tratamientos con sustrato residual presentaron altos niveles de macronutrientes (N, P y K) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu). Respecto a la textura, los tratamientos DA y DB resultaron en suelos franco-arenosos, clasificación recomendada para el cultivo de berenjena. Estos resultados demuestran el potencial benéfico del uso del sustrato residual de *P. ostreatus* como mejorador de la calidad del suelo y del vigor vegetal en el cultivo de berenjena.

Palabras clave: Residuos, Hortalizas, Interacciones biológicas y macronutrientes

ABSTRAC

The eggplant (*Solanum melongena*) is a species of great importance within the Solanaceae family, valued both for its fundamental role in local cuisine and for its benefits to human health. However, this crop is susceptible to attack by various arthropod pests (insects and non-insects). In addition, production in the Yucatan Peninsula faces soil limitations, characterized by young, nutrient-poor soils. Given this, improper management of synthetic fertilization can lead to soil degradation, aquifer contamination, and altered plant susceptibility to pests. Soils with high organic matter content and biological activity are known to have good fertility. In this context, the residual substrate of edible fungi, used as an organic amendment, has the potential to improve soil properties. The objective of this study was to evaluate the effect of *Pleurotus ostreatus* mushroom residual substrate on plant growth and its influence on the diversity of associated arthropods. Three treatments were used: Control (CT), composed of 50% soil and 50% peat moss; Low dose (LD), with 30% residual substrate from *P. ostreatus* and 70% of the base mixture (soil and peat moss); and High dose (HD), with 60% residual substrate from *P. ostreatus* and 40% of the base mixture. A completely randomized design with 28 replicates was used. Morphological growth variables (height, stem diameter, number of leaves, and dry weight), physical defense (hardness and leaf thickness), and yield (fruit weight, length, and diameter) were evaluated. Arthropod diversity was identified at the family level. Soil samples from each treatment were also analyzed to determine nutrient availability. The results showed significant differences in plant growth; the High Dose (HD) treatment produced plants with greater height, stem diameter, and number of leaves compared to the Control (C) and Low Dose (LD) treatments. In terms of soil properties, the treatments with residual substrate had high levels of macronutrients (N, P, and K) and micronutrients (Fe, Mn, Zn, Cu). In terms of texture, the HD and LD treatments resulted in sandy loam soils, the recommended classification for eggplant cultivation. These results demonstrate the beneficial potential of using *P. ostreatus* residual substrate as a soil quality and plant vigor enhancer in eggplant cultivation.

Keywords: Waste, Vegetables, Biological interactions, Macronutrients

I. CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La resistencia de los cultivos a plagas y enfermedades está estrechamente ligada a las propiedades físicas, químicas y, principalmente, biológicas del suelo. Los suelos ricos en materia orgánica y con alta actividad biológica presentan mayor fertilidad, cadenas tróficas complejas y abundancia de organismos benéficos (Nichols y Altieri, 2006). En este contexto, una alternativa viable de fertilización orgánica es el aprovechamiento de los residuos de la producción de hongos comestibles, específicamente el sustrato residual de *P. ostreatus* (SRPO) (De León-Monzón *et al.*, 2004), que al ser usados como materia orgánica adicional para el suelo como mejorador de su estructura, por su alto contenido de nutrientes minerales, alta capacidad de intercambio de cationes, control de enfermedades en plantas, baja mineralización que ayuda al crecimiento de las raíces por el incremento en el soporte vegetal, e intercambio de fluidos (agua y aire) (Walter Ocimati *et al.*, 2021), puede ser usado para el germinado de semillas en semillero o cultivo en contenedor (Medina-Rufete, 2012). Actualmente no se han realizado estudios sobre el impacto del sustrato degradado de *Pleurotus ostreatus* como sustituto de fertilizante o abono orgánico en cultivos agrícolas y en la interacción suelo-planta-organismo. El objetivo de este trabajo es evaluar del uso de un sustrato degradado de paja del hongo *Pleurotus ostreatus* en el cultivo de berenjena (*Solanum melongena*) y sus efectos sobre la diversidad de los grupos funcionales de artrópodos insectos y no insectos.

1.2 ANTECEDENTES

Solanum melongena

Dentro de las solanáceas cultivables, además del tomate, la patata, el pimiento y los chiles, se encuentra la berenjena. Este cultivo es fundamental a nivel mundial debido a su valor alimenticio e industrial; se desarrolla bien en suelos francos y profundos, así como en climas cálidos y secos, por lo que se considera uno de los más exigentes en cuanto a calor. Soporta temperaturas elevadas de hasta 45 °C, siempre que la humedad sea adecuada. Su fruto se consume cocido o frito, y su valor energético reside en su contenido de sales minerales y vitaminas K, A, B y C. México se encuentra en el decimoctavo lugar a nivel mundial en la producción de este alimento. Los principales estados mexicanos productores son: Sinaloa, Yucatán y Sonora. Anualmente se producen más de 184 mil toneladas de berenjena. Estados Unidos es el principal comprador, ya que el 80 por ciento del volumen que adquiere procede de México. Yucatán ocupa el segundo lugar como productor de berenjena, con 4,470 toneladas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024).

S. melongena es una planta anual, sensible al frío y también al exceso de agua, por lo que no tolera encharcamientos; asimismo, requiere un nivel alto de materia orgánica. El ciclo de la berenjena suele durar de nueve a diez meses desde que es plántula hasta la recolección de los frutos. Tarda de 100 a 125 días, dependiendo de la variedad, en desarrollar raíces profundas y pivotantes que forman una cabellera y pueden llegar a medir 122 cm de profundidad. Este sistema radicular le permite tolerar la sequía. La profundidad de la raíz está influenciada por la estructura y textura del suelo; si este está compactado o es arcilloso, las raíces no profundizarán de manera adecuada y el desarrollo de la planta se verá limitado (Reche-Marmol, 2014).

Los tallos son fuertes, de porte erguido (aunque en otras variedades el porte es rastrero), espinosos y ramificados, alcanzando longitudes de más de 1.25 metros. Las hojas son enteras, grandes y con el envés cubierto de una vellosidad grisácea; las nervaduras presentan pequeñas espinas y están insertas de forma alterna en el tallo. Las flores son de color violáceo; el cáliz perdura y crece junto al fruto envolviéndolo. El número de pétalos, sépalos y estambres oscila entre 6 y 9. Los pétalos son de color violáceo. Tanto el pedúnculo como el cáliz poseen abundantes espinas. Los estambres presentan anteras muy desarrolladas de color amarillo que se sitúan por debajo del estigma, lo que dificulta la fecundación directa. El cáliz de la flor perdura después de la fecundación y crece junto al fruto, envolviéndolo por su parte inferior, lo que puede ocasionar botritis (*Botrytis cinerea*) cuando la

humedad relativa es elevada, ya que los pétalos quedan atrapados entre el cáliz y el fruto (Reche-Marmol, 2014; Qüesta, A., 2006).

La mayor parte de las variedades florecen en ramilletes de tres a cinco flores, de las cuales una es hermafrodita, de pedúnculo corto y continuo desde el tallo hasta el cáliz, dando lugar a un fruto comercial; el resto de las flores abortan o dan lugar a un fruto pequeño y de peor calidad. Normalmente, la primera flor aparece en el vértice de la primera bifurcación o tallo principal de la planta. La fecundación de la flor es autógama, aunque también puede haber cruzamiento con flores de otras plantas e incluso de la misma planta. El exceso de humedad perjudica la dehiscencia del polen, por lo que la flor puede caerse como consecuencia de la falta de fecundación (InfoAgro, 2025).

El fruto es de forma globosa o alargada, y su color puede ser morado, violeta, negro, jaspeado o verdoso. Las semillas son pequeñas y de color amarillo; hay aproximadamente de 260 a 280 semillas por gramo. El periodo de recolección de estos frutos es de febrero a abril. Es poco exigente en cuanto al suelo debido a que posee un potente y profundo sistema radicular; no obstante, los suelos más adecuados son los francos y profundos. En suelos arcillosos pueden presentarse problemas de asfixia radicular, mostrando rápidamente los síntomas. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6 y 7, aunque en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH comprendidos entre 7 y 8.5. En suelos ácidos presenta problemas de crecimiento y producción. Es menos resistente a la salinidad del suelo y del agua de riego que el tomate, pero más que el pimiento, siendo más sensible durante las primeras fases del desarrollo (InfoAgro, 2025).

La berenjena necesita un suministro constante de nutrientes en las etapas iniciales de crecimiento, tales como: nitrógeno (N) para el crecimiento de hojas y formación de la estructura de la planta; fósforo (P) para el desarrollo de las raíces y la formación de flores y frutos; y potasio (K), que mejora la resistencia de las plantas a las enfermedades y contribuye a la calidad de los frutos. Los micronutrientes como el calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe) y zinc (Zn) pueden ser suministrados a través de un fertilizante completo o mediante la adición de enmiendas al suelo (Masabni e Illard, 2017; Núñez Ramos, 2023; Martínez Garrastazú *et al.*, 2025).

Cuadro 1. Ficha técnica de la berenjena. Tomado de Castaños, 1993.

Berenjena			
Características generales			
Nombre científico:		<i>Solanum melongena</i> L.	
Clase:	Dicotyledoneae	Familia:	Solanaceae
Origen:	China, India		
Nombre común en Inglés:		“Eggplant”	
Parte de la planta que se aprovecha:		Fruto	
Ciclo vital:	Anual		
Floración:	Completa	Polinización:	Autopolinización

Interacción (planta-insecto-suelo)

La berenjena es una planta que sufre ataques constantes de artrópodos plaga a lo largo de sus ciclos fenológicos (desarrollo, floración y fructificación), lo cual influye negativamente en la producción, la rentabilidad y la sostenibilidad de los cultivos. Ante la problemática que presentan estas poblaciones, suele recurrirse al uso desmedido de insecticidas de síntesis química; sin embargo, debido a un manejo inadecuado y a aplicaciones constantes, los insectos desarrollan resistencia. Por otra parte, el uso de fertilizantes convencionales también puede afectar a los cultivos, haciendo a las plantas más propensas a las poblaciones de plagas. Ante esta situación, es importante aplicar y conocer otros métodos de control que sean menos nocivos para el ser humano y el ecosistema (Nicholls y Altieri, 2006).

El concepto de Manejo Ecológico de Plagas (MEP) considera que el manejo del hábitat, tanto sobre el suelo como en el subsuelo, es fundamental. Este enfoque fomenta las interacciones ecológicas positivas entre el suelo y las plagas, permitiendo diseñar estrategias robustas y sostenibles para optimizar la función del agroecosistema a través de las plantas, los microorganismos y la materia orgánica (De la Cruz-Abarca, 2018).

Schuphan (1974) realizó un estudio de un cultivo orgánico y uno convencional en el contenido nutricional de cuatro hortalizas (espinaca, papa, zanahoria y col de Milán *saboya*). Encontró que, en

comparación con los cultivos convencionales, las hortalizas orgánicas contenían niveles más bajos de nitratos y niveles más altos de potasio, fósforo y hierro. La fertilidad del suelo puede influir en las defensas de las plantas ante los ataques de artrópodos plaga. El uso de sustratos orgánicos como fertilizantes, al ser ricos en materia orgánica, puede promover la conservación de artrópodos de todos los grupos funcionales e incrementar la abundancia de enemigos naturales en comparación con las prácticas convencionales (Drinkwater *et al.*, 1995).

En la región del Caribe, los artrópodos registrados como principales plagas en la berenjena pertenecen a las familias Aleyrodidae, Tetranychidae, Curculionidae, Tingidae y Aphididae (Tapia-Coronado *et al.*, 2015). Asimismo, se ha reportado la familia Formicidae, clasificada como omnívora (depredadoras-herbívoras-carroñeras) (Zumbado-Arrieta y Azofeifa-Jiménez, 2018). La influencia de este grupo de plagas en el cultivo depende de factores ambientales, manejo, épocas de siembra, abonamiento, riego, presencia de malezas, rastrojos, lluvias y temperatura.

Se han realizado estudios sobre la dinámica de artrópodos herbívoros en sistemas con fertilización orgánica. Altieri *et al.* (1998) llevaron a cabo experimentos comparativos con fertilización orgánica *versus* convencional durante las estaciones de crecimiento del cultivo de brócoli. El objetivo del trabajo fue observar los efectos de diferentes fuentes de nitrógeno (N) sobre la abundancia de las plagas *Brevicoryne brassicae* (Familia: Aphididae) y *Phyllotreta cruciferae* (Familia: Chrysomelidae).

Los cultivos fertilizados convencionalmente desarrollaron mayores infestaciones de *P. cruciferae* y *B. brassicae* que los sistemas orgánicos; esto se atribuyó a los bajos niveles de N libre en el follaje de estos últimos. Los cultivos con N químico incrementaron las poblaciones de *B. brassicae*, efecto que no se observó en las plantas vecinas fertilizadas orgánicamente. Esto sugiere que los insectos plaga pueden tener preferencias por el tipo y la cantidad de fertilizante empleado.

Sustrato *Pleurotus ostreatus* en el suelo-planta

Los hongos *Pleurotus ostreatus* son organismos saprófitos que se cultivan generalmente sobre cereales, granos o cáscaras de leguminosas. El sustrato se complementa con fuentes de lignina, tales como paja triturada, viruta de madera, hojas de maíz o de plátano, entre otras. Una vez que el sustrato de *P. ostreatus* ha cumplido su función productiva, se cataloga como desecho; sin embargo, en la horticultura tiene aplicación como fertilizante orgánico. Se considera que este subproducto, denominado sustrato degradado de *P. ostreatus* (SDPO), es un excelente acondicionador y mejorador de la calidad del suelo. Su uso permite reducir la dependencia de fertilizantes químicos tanto en la

producción de hortalizas (chile, tomate y zanahoria) como en la germinación de semillas. En un estudio realizado en Indonesia, Ramdana Sari *et al.* (2021) caracterizaron el sustrato agotado de *P. ostreatus* para su aprovechamiento como fertilizante orgánico.

Por su parte, Herrera-Gamboa (2022) evaluó el efecto del Sustrato Gastado de Hongo (SGH) de *Pleurotus* spp. en dosis de 1.5, 2.5 y 3.5 kg m⁻² en tomate. Observó diferencias significativas en el desarrollo de la planta (altura, diámetro del tallo, longitud de hojas) y un incremento del 27.61% en el rendimiento. Asimismo, reportó mejoras en las propiedades de los suelos franco-arenosos en términos de compactación, nutrientes y actividad microbiológica. El análisis químico indicó aumentos significativos en materia orgánica (4.35%), punto de saturación (14%) y capacidad de campo (7.6%).

Además, el SDPO se ha empleado como alternativa de biocontrol por su efecto nematicida en chile (*C. annuum*). También se han observado propiedades antagónicas contra fitopatógenos como *Fusarium oxysporum*, demostrando potencial para controlar enfermedades transmitidas por el suelo.

El sustrato degradado puede aplicarse como enmienda sólida o extracto acuoso. Yagüe *et al.* (2025) evaluaron la disponibilidad de nitrógeno (N) en residuos de *Pleurotus* y señalaron que la aplicación sólida no aportó N mineral inmediato, provocando su inmovilización temporal en el suelo. Postemsky y López-Castro (2016) caracterizaron física y químicamente los sustratos residuales de *Agaricus bisporus*, *P. ostreatus* y *Ganoderma lucidum*. Encontraron que el residuo de *P. ostreatus* se hidrata y desmenuza con facilidad. Físicamente, presenta baja densidad aparente debido a una alta porosidad efectiva, la cual puede superar los niveles óptimos para ciertos sustratos. En cuanto a las propiedades químicas, se registraron valores de conductividad eléctrica (CE) de 1.03 dS·m⁻¹ y un pH de 6.9 a 7.5. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) osciló entre 41 y 61 cmol·kg⁻¹. El análisis de minerales (en mg·kg⁻¹ de materia seca) mostró contenidos de: Na (29-30), Mg (173-314), P (171-206), S (170-2047), K (354-1589), Ca (1305-1561), Mn (1.1-2.8), Fe (31-38), Cu (0.7-0.8) y Zn (3.9-5.4). Estos resultados confirman que el residuo es rico en macronutrientes (P, K, Ca, Mg) y micronutrientes (Fe, Mn).

1.3 HIPÓTESIS

La incorporación del sustrato residual del hongo (*Pleurotus ostreatus*) favorece el crecimiento, el desarrollo, la defensa física y el rendimiento de la berenjena (*Solanum melongena*). Asimismo, incrementa la abundancia y diversidad de enemigos naturales y disminuye la dominancia de artrópodos plaga.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del sustrato residual de *Pleurotus ostreatus* en el desarrollo agronómico del cultivo de berenjena (*Solanum melongena*) y en la diversidad de artrópodos (insectos y no insectos) asociados.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Evaluar el crecimiento y desarrollo de *S. melongena* en sus diferentes etapas fenológicas (desarrollo vegetativo, floración y fructificación) bajo la aplicación del sustrato residual de *P. ostreatus*.
- Determinar la abundancia y diversidad de artrópodos insectos y no insectos asociados al cultivo en las distintas etapas fenológicas y dosis de sustrato evaluadas (testigo, dosis baja y dosis alta).
- Caracterizar las propiedades físicas y químicas de las mezclas de suelo utilizadas en los tratamientos (testigo, dosis baja y dosis alta) con sustrato residual de *P. ostreatus*.

1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se germinaron semillas de berenjena en bandejas de 200 cavidades, de las cuales se seleccionaron 84 plántulas. El sustrato residual del hongo (*Pleurotus ostreatus*) fue sometido a un proceso de secado al sol y posterior trituración mecánica para obtener fragmentos menores a 5 cm. Los tratamientos se definieron de la siguiente manera:

1. **Testigo:** Mezcla de suelo y peat moss.
2. **Dosis Baja y Dosis Alta:** Mezclas de suelo, peat moss y el sustrato residual de *P. ostreatus* procesado.

Se estableció un total de 28 plantas por cada tratamiento. El manejo agronómico consistió en riego manual y aplicación de fertilizante cada 15 días. Se realizaron 2 muestreos en cada etapa fenológica de la planta el desarrollo vegetal (septiembre-octubre), floración (octubre-noviembre) y fructificación (noviembre-diciembre), las variables a evaluar fueron altura (cm) empleando un flexómetro desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento, diámetro del tallo (mm) determinado con un calibrador digital (*vernier*) a 2 cm de la base del tallo y número de hojas. El peso seco se realizó

al final del ciclo del cultivo, tomando 10 plantas por tratamiento. Se disectaron las estructuras vegetales (hojas, tallos y raíz) y se colocaron en sobres de papel etiquetados secaron en una estufa a 70 °C durante dos semanas. Posteriormente, se registró el peso utilizando una balanza analítica de precisión (VELAB, VE-204) respecto a la defensa física, se evaluó el grosor foliar (mm) mediante un micrómetro digital (Mitutoyo, MDC-25MX) y la dureza foliar (kg cm^{-2}) con un penetrómetro de bolsillo (AMS Pocket Penetrometer), para evaluar el desarrollo de los frutos, se midió el diámetro (mm) con un calibrador digital, la longitud (cm) con un flexómetro y el peso del fruto (g) con una báscula comercial de 40 kg.

La recolección de artrópodos se realizó mediante aspirado directo a los 54, 75, 95 y 128 días de edad de la planta. Los especímenes capturados fueron identificados a nivel de orden, familia y grupo funcional.

Para el análisis de fertilidad, al finalizar el ciclo del cultivo se realizaron tres colectas de suelo por tratamiento (Testigo, Dosis Baja y Dosis Alta). Las muestras se secaron al sol, se tamizaron y se almacenaron en bolsas de plástico de 1 kg debidamente etiquetadas. Posteriormente, se enviaron al laboratorio (Fertilab) para su análisis, donde se determinó la conductividad eléctrica, el pH y el perfil de nutrientes.

Esquema experimental

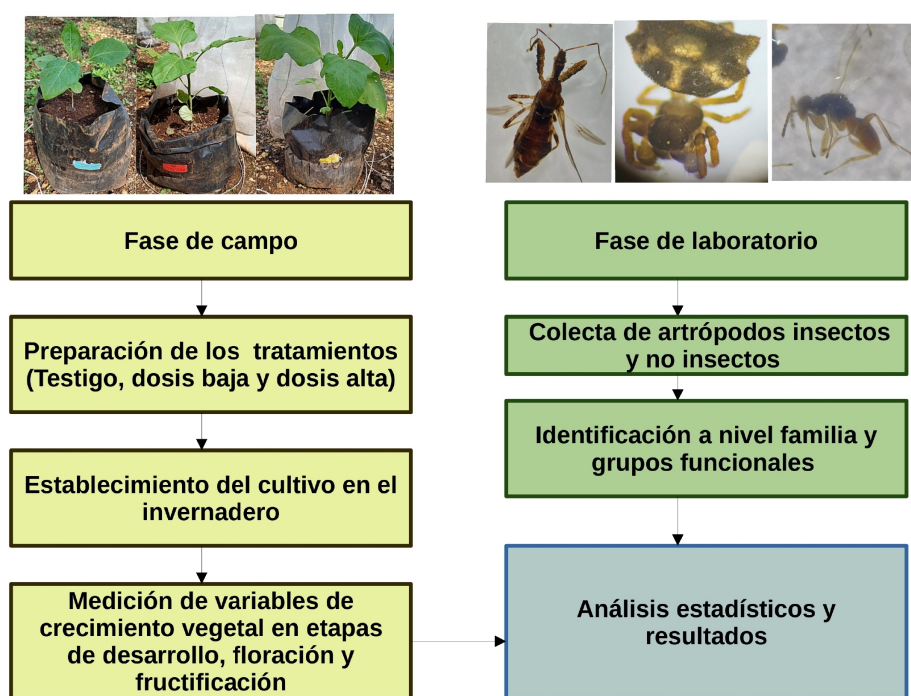


Figura 1.1 Esquema experimental en fase de campo y laboratorio.

LITERATURA CITADA

- Altieri, MA; Schmidt, LL; Montalba, R. 1998. Assessing the effects of agroecological soil managemet practices on broccoli insect pest populations. *Biodynamics* 23-26
- Bautista, F. 2021. Los territorios kársticos de la península de Yucatán: caracterización, manejo y riesgos. Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst. Ciudad de México. 196 pp.
- Castaños Carlos Manuel. 1993. Capitulo septimo. Fichas técnicas. Horticultura Manejo simplificado. Universidad autonoma chapingo. ISBN: 968-884-243-5
- De la cruz Abarca César (2018) Manejo ecológico de plagas. *LEISA Revista de Agroecología*, 34 (1)
- De León-Monzón José Heber, Sánchez E. José, Nahed-Toral José (2004) El cultivo de *Pleurotus ostreatus* en los Altos de Chiapas. *Revista Mexicana de Micología* 18 (31-38).
- Drinkwater, LE; Letourneau, DK; Workneh, F; van Bruggen, AHC. (1995) Fudmental differences between convetional and organic tomato agro-ecosystems in California. *Ecological Applications* (5) 1098-1112
- Filippi Viviana M, Cayolo Florencia, Maldonado F, Martínez A, Buglione. (2019) Control de contaminaciones durante el proceso de producción de hongos comestibles. Congreso CyTAL-ALACCT. Buenos Aires. Recuperado de: <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/5018>
- Flores García (2021) Control biológico de nemátodos fitoparásitos en cultivos de tomate (*solanum lycopersicum*) con micelio de hongos del género *pleurotus* y hongos micorrízicos. Título de Biólogo. Universidad El Bosque. 1-43p

- Flórez, J. A. (2022). Control biológico de nemátodos fitoparásitos en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*) con micelio de hongos del género *Pleurotus* y hongos micorrízicos. Universidad el Bosque, Facultad de ciencias, Programa de Biología Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12495/7903>
- Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R., y Mata G. (2006). Manual práctica del cultivo de setas aislamiento, siembra y producción, Recuperado de: https://www.academia.edu/35530611/Manual_Pleurotus_Gaitan
- Gamboa, J. H., Ricario, R. T., Hernández, I. C., Olivan, L. A. P., Soto, J. N. U., Jiménez, N. N., ... & Reyes, N. T. (2022). Efecto de sustrato gastado de (*pleurotus* spp.) con dos tipos de fertilización sobre las propiedades del suelo y la producción de tomate (*lycopersicum esculentum*). *Interciencia*, 47(9), 387-393.
- InfoAgro. (2025) Cultivo de berenjena. Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación (2024) Berenjena [Ficha técnica agroclimática] <https://guatemalanosedetiene.gt/wp-content/uploads/2024/06/FICHA-TECNICA-AGROCLIMATICA-BERENJENA.pdf>
- Martínez-Garrastazú, Sonia L.;Lugo Torres, María de L.;Armstrong Ramírez, Arístides M.;Vicente Carbonell, Nydia E.;Comas Pagán, Myrna;Irizarry Jusino, Melvin;Cabrera Asencio, Irma;Fornaris Rullán, Guillermo J.;Rivera Martínez, Luis E.;Rosa Márquez, Evelyn. (2025) Conjunto tecnológico para la producción de berenjena. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. <https://hdl.handle.net/20.500.11801/2424>
- Masabni, J. y Lillard, P. (2013) Jardinería fácil. Texas A&M Agri-Life. Texas EE.UU. 1-3p.
- Medina-Rufete Eva M, (2012) *Empleo de los sustratos residuales del cultivo de hongos comestibles como fertilizante orgánico y como medio de cultivo sin suelo* [Tesis doctoral inédita] Universidad Miguel Hernández.

- Morales F, Cardona C, Bueno J, Rodríguez I. (2006) Manejo de integrado de enfermedades de plantas causadas por virus transmitidos por moscas blancas. CIAT, DFID Y Tropical White Fly IPM Project.
- Nicholls Clara I., y Altieri Miguel (2006) Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas los agroecosistemas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No.77
- Normas Oficiales Mexicanas Fitosanitarias. (1997) Norma Oficial Mexicana (NOM 037-FITO-1995. Recuperado https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4876443&fecha=23/04/1997#gsc.tab=0
- Núñez Ramos, P. A., Jiménez, J., Almonte, I., Pérez, A., Avilés Quezada, E., Martínez, C., & López-Rodríguez, G. (2023). Efecto de sustratos y modalidades de preparación de suelo sobre el comportamiento y rendimiento de la berenjena china (*Solanum melongena* L.). *Revista De Investigación E Innovación Agropecuaria Y De Recursos Naturales*, 10(1). <https://doi.org/10.53287/micm4819ke36s>
- Pinzón Pablo, De la Fuente J, y Uitzil-Collí. (2021) Los hongos silvestres comestibles de la península de Yucatán. Herbario Centro de Investigación Científica de Yucatán. Vo. 13 102-109p. Recuperado de: http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/ISSN: 2395-8790
- Postemsky, P. D., & López Castro, R. I. (2016). Aplicaciones de sustrato residual del cultivo de hongos en la producción hortícola.
- Qüesta Ana G. (2006) Desarrollo del daño por frío en berenjenas (*Solanum melongena*) y aplicación de atmósferas modificadas pasivas [Tesis doctoral]. Facultad de Ciencias Exactas. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2339>
- Quintana Zamora. (2022). Producción del *Pleurotus ostreatus* utilizando cáscaras de maíz y leguminosas. *Revista Ciencia y Tecnología*. Vol. 15 (2) 13-18p. Recuperado de: <https://doi.org/10.18779/cyt.v15i2.578>

- Radma Sari, Astuti Arif, Muhammad Restu dan Prayudyaningsih. (2021) Potencial of Spent *Pleurotus ostreatus* Mushroom Substrate as a Compost. International Journal of Science and Management Studies (IJSMS) Vol. 4, pp. 238. DOI: [10.51386/25815946/ijsms-v4i5p119](https://doi.org/10.51386/25815946/ijsms-v4i5p119)
- Reche Mármol, J. (2014) Cultivo de la berenjena en invernadero. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Madrid. ISBN 84-341-0731-7
- Romero Arenas, Valencia-De Ita, Rivera-Tapia, Tello-Salgado, Espino-Barros, y Damián-Huato. (2017) Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. Agricultura, Sociedad y Desarrollo (15) 145-160p.
- Romero O, Huerta Manuel, Damián A, Macías A, Tapia M, Parraguirre. (2010) Evaluación de la capacidad reproductiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L.,) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. Agronomía Costarricense. Vol.1 53-63pp. [Recuperado de: www.mag.go.cr/rev_agr/index.htm](http://www.mag.go.cr/rev_agr/index.htm)
- Sánchez José, Carrera D, Mata Gerardo & Lara Hermilo. (2007). El cultivo de setas *Pleurotus* spp en México. Edition: 1a Publisher: Ecosur. Chiapas, México. ISBN: 978-970-9712-40-7
- Sánchez, J., y Royse D. (2001). La biología y cultivo de *Pleurotus* spp, Recuperado el 30 de marzo de 2019 de <http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/43.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2024 Marzo 27) Destaca México como tercer exportador de berenjena. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/destaca-mexico-como-tercer-exportador-de-berenjena-361030?idiom=es>

Schuphan, W. (1974) Nutritional value of crops as influenced by organic and inorganic fertilizer treatments: results of 12 years experiments with vegetables (1960-1972). *Qual. Plant Plant Foods Human Nutr.* (23) 333-358.

Tapia-Coronado, J. J., Cadena-Torres, J., Correa-Álvarez, E. M., Jiménez-Mass, N. C., Rodríguez-Pinto M. V, Tamayo-Molano, P. J., Arias-Bonilla, H. (2015). Modelo tecnológico del cultivo de berenjena para la región Caribe. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Walter Ocimati., Evans Were., Frederick Tazuba, Anthony., Dita Miguel., Si-Jun Zheng y Blomme Guy. (2021) Spent *Pleurotus ostreatus* Substrate Has Potential for Managing *Fusarium* Wilt of Banana. *J. Fungi*, 7, (946). <https://doi.org/10.3390/jof7110946>

Yagüe, M. R., González-Pérez, J. A., Almendros, G., & Lobo, M. C. (2025). Assessing the Potential Agronomic Value of Spent Mushroom Substrates: Evaluating Their Suitability to Contribute to Soil Carbon Storage. *Sustainability*, 17(16), 7335.

Zumbado, M. A. y Azofeifa, D. 2018. Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.

II. CAPITULO 2

SUSTRATO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* EN EL CULTIVO DE BERENJENA *Solanum melongena* Y LA DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS INSECTOS Y NO INSECTOS

Alix Itzel Miranda Vazquez^{1*}, Horacio S. Ballina Gómez^{1**}, Alejandra González Moreno¹, Eduardo Villanueva Couoh¹, Esau Ruiz Sánchez¹

MM13390404@conkal.tecnm.mx*, horacio.bg@conkal.tecnm.mx **

¹Tecnológico Nacional de México/IT de Conkal, División de Estudios de Posgrado e Investigación, México. Avenida Tecnológico s/n Conkal, Yucatán. C.P. 97345

RESUMEN

La berenjena (*Solanum melongena*) es una especie de gran importancia dentro de la familia de las solanáceas, valorada tanto por su papel fundamental en la gastronomía local como por sus beneficios para la salud humana. No obstante, este cultivo es susceptible al ataque de diversos artrópodos plaga (insectos y no insectos). Adicionalmente, la producción en la península de Yucatán enfrenta limitantes edáficas, caracterizada por suelos jóvenes y pobres en nutrientes. Ante esto, el manejo inadecuado de la fertilización sintética puede provocar la degradación del suelo, la contaminación de acuíferos y la alteración de la susceptibilidad de las plantas a las plagas. Se sabe que los suelos con alto contenido de materia orgánica y actividad biológica suelen presentar una buena fertilidad. En este contexto, el sustrato residual de hongos comestibles, utilizado como enmienda orgánica, tiene el potencial de mejorar las propiedades edáficas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del sustrato residual del hongo *Pleurotus ostreatus* en el cultivo vegetal y su influencia en la diversidad de artrópodos asociados. Se emplearon tres tratamientos: Testigo (TE), compuesto por 50% suelo y 50% *peat moss*; Dosis Baja (DB), con 30% de sustrato residual de *P. ostreatus* y 70% de la mezcla base (suelo y *peat moss*); y Dosis Alta (DA), con 60% de sustrato residual de *P. ostreatus* y 40% de la mezcla base. Se utilizó un diseño completamente al azar con 28 repeticiones. Se evaluaron

variables morfológicas de crecimiento (altura, diámetro del tallo, número de hojas y peso seco), defensa física (dureza y grosor foliar) y rendimiento (peso, longitud y diámetro del fruto). La diversidad de artrópodos se identificó a nivel de familia. Asimismo, se analizaron muestras de suelo de cada tratamiento para determinar la disponibilidad de nutrientes. Los resultados mostraron diferencias significativas en el crecimiento vegetal; el tratamiento de Dosis Alta (DA) generó plantas con mayor altura, diámetro de tallo y número de hojas en comparación con el Testigo (TE) y la Dosis Baja (DB).

En cuanto a las propiedades edáficas, los tratamientos con sustrato residual presentaron altos niveles de macronutrientes (N, P y K) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu). Respecto a la textura, los tratamientos DA y DB resultaron en suelos franco-arenosos, clasificación recomendada para el cultivo de berenjena. Estos resultados demuestran el potencial benéfico del uso del sustrato residual de *P. ostreatus* como mejorador de la calidad del suelo y del vigor vegetal en el cultivo de berenjena.

Palabras clave: Residuos, Hortalizas, Interacciones biológicas, macronutrientes