



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**USO DE HONGOS MICORRÍMICOS E INSECTICIDAS EN
TOMATE: RASGOS FUNCIONALES, DEFENSA INDUCIDA
CONTRA FITÓFAGOS**

TESIS

Que presenta:

Ramón Jesús Vela Solís

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez

Conkal, Yucatán, México

Marzo, 2026





Conkal, Yucatán, México a 27 de marzo de 2026

El comité de tesis del candidato a grado: Ramón Jesús Vela Solís, constituido por los CC. Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez, Dra. Kati Beatriz Medina Dzul, Dr. Roberto Rafael Ruiz Santiago 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: **USO DE HONGOS MICORRÍZICOS E INSECTICIDAS EN TOMATE: RASGOS FUNCIONALES, DEFENSA INDUCIDA CONTRA FITÓFAGOS**, 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 Salomón Ballina Gómez
Director de Tesis

Dra. Kati Beatriz Medina Dzul
Codirectora de Tesis

Dr. Roberto Rafael Ruiz Santiago
Asesor de Tesis

Dr. Esaú Ruiz Sánchez
Asesor de Tesis



Conkal, Yucatán, México a 27 de marzo de 2026

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.

Ramón Jesús Vela Solís

INDICE

RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.2.1 Cultivo de tomate	2
1.2.2 Principales plagas y enfermedades del cultivo de tomate	2
1.2.3 Alternativas para mitigar el daño por fitófagos y aumentar el rendimiento: uso de hongos micorrícicos e insecticidas	3
1.2.4 Rasgos funcionales: mecanismos de tolerancia y resistencia vegetal; defensa inducida ante la fitofagia.....	4
1.3 Hipótesis.....	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 General	8
1.4.2 Específicos	8
1.5 Esquema experimental	9
1.6 Literatura citada	10
CAPITULO II. VARIACION DE RASGOS FUNCIONALES DE TOLERANCIA Y RESISTENCIA INDUCIDAS POR MICORRIZAS E INSECTICIDAS EN <i>Solanum lycopersicum</i> L	13
2.1 Resumen.....	13
3 CAPÍTULO III. DIVERSIDAD Y REDES ECOLÓGICAS DE ARTRÓPODOS ANTE LA APLICACIÓN DE MICORRIZAS E INSECTICIDAS EN TOMATE	15
3.1 Resumen.....	15

RESUMEN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) representa una de las actividades agrícolas más relevantes a nivel mundial y en México, debido a su alta producción y demanda de exportación, lo que exige estrictos estándares de calidad e inocuidad. Sin embargo, este cultivo enfrenta constantes afectaciones por diversas plagas como mosquita blanca, pulgones, minadores y ácaros, que impactan negativamente su desarrollo y rendimiento. Ante esta problemática, se han implementado distintas estrategias de manejo, como el uso de insecticidas químicos, biorracionales y control biológico. No obstante, el uso excesivo de insecticidas puede generar efectos adversos en el ambiente, la salud humana y la calidad del suelo.

En este contexto, los hongos micorrícicos arbusculares surgen como una alternativa sostenible, ya que favorecen la absorción de nutrientes y agua, además de incrementar la tolerancia de las plantas al estrés. A su vez, las plantas poseen rasgos funcionales que les permiten desarrollar mecanismos de tolerancia y resistencia frente a la herbivoría, ya sea mediante barreras físicas o la producción de compuestos químicos defensivos. Con base en ello, se plantea la hipótesis de que los rasgos funcionales de *S. lycopersicum* L. permitirán predecir su respuesta ante plagas, y que la aplicación de insecticidas y micorrizas contribuirá a mitigar el daño, promoviendo una mayor inversión en rasgos químicos de defensa.

En este sentido, el objetivo general es: Evaluar el efecto de los hongos micorrícicos arbusculares y la aplicación de insecticidas sobre los rasgos de tolerancia y resistencia vegetal, así como en la comunidad de artrópodos (insectos y no insectos) asociados a *Solanum lycopersicum* L.

Palabras clave: tomate, micorrizas, insecticidas, rasgos funcionales, plagas.

ABSTRACT

Tomato cultivation (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most important agricultural activities worldwide and in Mexico, due to its high production and export demand, which requires strict quality and safety standards. However, this crop faces constant problems from various pests such as whiteflies, aphids, leafminers, and mites, which negatively impact its development and yield. In response to this problem, different management strategies have been implemented, such as the use of chemical insecticides, biorational insecticides, and biological control. Nevertheless, the excessive use of insecticides can generate adverse effects on the environment, human health, and soil quality.

In this context, arbuscular mycorrhizal fungi emerge as a sustainable alternative, as they promote the absorption of nutrients and water, in addition to increasing plant tolerance to stress. Furthermore, plants possess functional traits that allow them to develop tolerance and resistance mechanisms against herbivory, either through physical barriers or the production of defensive chemical compounds. Based on this, it is hypothesized that the functional traits of **Solanum lycopersicum** L. will allow for the prediction of its response to pests, and that the application of insecticides and mycorrhizae will contribute to mitigating damage, promoting greater investment in chemical defense traits.

In this sense, the general objective is to evaluate the effect of arbuscular mycorrhizal fungi and the application of insecticides on plant tolerance and resistance traits, as well as on the arthropod community (insects and non-insects) associated with **Solanum lycopersicum** L.

Keywords: tomato, mycorrhizae, insecticides, functional traits, pests

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Introducción

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) representa una actividad agrícola de gran relevancia a nivel mundial, y en particular para México, donde se producen anualmente cerca de 3.6 millones de toneladas, destinadas principalmente al mercado de exportación (SIAP, 2024). Este cultivo se desarrolla bajo sistemas intensivos, tanto a campo abierto como en ambientes protegidos (Maldonado-Peralta *et al.*, 2016), y enfrenta constantes desafíos fitosanitarios debido al ataque de diversos fitófagos como *Bemisia tabaci*, *Myzus persicae*, *Lyriomyza trifolii* y *Tetranychus urticae*, que afectan su rendimiento y calidad (Ciceoi *et al.*, 2021; Santamaria *et al.*, 2020). Frente a esta problemática, los agricultores han recurrido tradicionalmente al uso de insecticidas, entre los que destacan el imidacloprid (Confidor) y el spinetoram (Palgus), cuyo empleo excesivo ha generado efectos adversos en la salud humana, la microbiota del suelo y la inocuidad de los frutos (Silveira-Gramont *et al.*, 2018; Montejo-Canul *et al.*, 2019). En respuesta a la necesidad de contar con alternativas más sostenibles, el uso de hongos micorrícicos arbusculares ha cobrado relevancia, ya que estos microorganismos biotróficos obligados establecen simbiosis con las raíces, mejorando la absorción de nutrientes y agua, y contribuyendo a la tolerancia de las plantas ante factores de estrés biótico y abiótico (Smith y Read, 2010; Carrillo-Saucedo *et al.*, 2022). Las plantas, por su parte, han desarrollado mecanismos de defensa contra los herbívoros, los cuales pueden expresarse a través de rasgos funcionales de resistencia —como barreras físicas y compuestos químicos que disuaden la herbivoría— o de tolerancia, que minimizan los efectos negativos del daño sobre el rendimiento (Mitchell *et al.*, 2016; Kim y Felton, 2013). Estos rasgos funcionales, que abarcan características morfológicas, fisiológicas y químicas, permiten predecir la respuesta de las plantas ante condiciones ambientales adversas y constituyen una herramienta clave para entender cómo las plantas enfrentan la fitofagia (Rodríguez-Alarcón *et al.*, 2020; Reese *et al.*, 2016). En este contexto, la interacción entre la micorrización, la aplicación de insecticidas y la expresión de rasgos funcionales en el tomate representa un campo de estudio relevante para desarrollar estrategias de manejo integrado de plagas que combinen productividad y sustentabilidad. Por ello, el presente trabajo se enfoca

en evaluar el efecto de hongos micorrícicos e insecticidas sobre los rasgos de tolerancia y resistencia vegetal, así como sobre la comunidad de artrópodos asociados al cultivo, con el fin de generar conocimiento que contribuya a un manejo más eficiente y ambientalmente responsable del tomate.

Palabras clave: Rasgos funcionales, componentes de crecimiento, metabolitos secundarios, artrópodos insectos.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Cultivo de tomate

Una de las hortalizas que más se siembra en el ámbito mundial es el tomate; México tiene una producción cerca de 3.6 millones de toneladas, de las cual poco más del 95% es para exportación a Estados Unidos, Canadá, Japón, Guatemala, por lo que es necesario que cumpla con altos estándares de calidad e inocuidad. Los principales productores de tomate en México son Sinaloa, Sonora y Baja California Sur con más del 5% de participación, mientras que Yucatán se encuentra en el 22° lugar con apenas una participación del 0.1%, sin embargo, es uno de los principales estados que importa tomate a la zona sureste y centro del país (SIAP, 2024).

Tiene la característica de ser un cultivo intensivo, realizado todo el año por pequeños y medianos productores. Con respecto a la producción el 90% se realiza a campo abierto (época seca) o en un ambiente semiprotegido, mientras que el 10% se efectúa en un ambiente protegido. Mundialmente el tomate es la hortaliza más consumida y de mayor valor económico, por lo que los agricultores se ven en la necesidad de aplicar tecnologías para poder elevar los rendimientos (Maldonado-Peralta *et al.*, 2016).

1.2.2 Principales plagas y enfermedades del cultivo de tomate

El tomate no está libre de ser atacada por insectos artrópodos para su alimentación, haciéndola vulnerable en sus distintas etapas fenológicas. Dentro de las principales plagas que afectan al cultivo de tomate se encuentra la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), la cual puede ser portadora del begamovirus (Zeist *et al.*, 2021), el pulgón verde (*Myzus persicae*), portador de diversos virus, el minador (*Lyriomyza trifolii*) el cual se alimenta del tejido

(estado larval), la araña roja (*Tetranychus urticae*), entre otros (Ciceoi *et al.*, 2021; Santamaria *et al.*, 2020). Así mismo se pueden asociar a este cultivo otros insectos que resultan ser benéficos, como es el caso de los insectos parasitoides, los depredadores, que resultan ser un controlador biológico para plagas y los polinizadores (Montejo-Canul *et al.*, 2019). Ante tal situación, el ser humano ha recurrido a diversas técnicas para mitigar el impacto de estas plagas, ya sea con insecticidas convencionales, en algunos casos de manera controlada y en otros no; con insecticidas biorracionales, que es el uso de otros microorganismos o extractos que ayudan a repeler y mediante control biológico, con la finalidad de proteger los cultivos (Pérez-Hedo *et al.*, 2022).

1.2.3 Alternativas para mitigar el daño por fitófagos y aumentar el rendimiento: uso de hongos micorrícicos e insecticidas

1.2.3.1 Uso de hongos micorrícicos arbusculares en la agricultura

Una de las grandes alternativas ecológicas para el aumento de la producción en la agricultura, es el uso de los hongos micorrícicos arbusculares ya que son organismos biotróficos obligados que al asociarse al sistema radical estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas y mejoran su nutrición, principalmente por la exploración de mayor volumen del suelo facilitando a la planta la absorción de nutrientes de baja movilidad y agua (Salgado *et al.*, 2014). Se dice que son biotróficos obligados, ya que requieren a la planta para completar su ciclo de vida y colonizan al menos el 80% de las plantas (Smith y Read, 2010).

Por su estructura las micorrizas se clasifican en dos grupos principales: endomicorrizas, que son aquellas donde el micelio penetra tanto como intra como intercelularmente en las células corticales de las raíces; por su parte, las ectomicorrizas presentan un micelio que envuelve la raíz y forma un manto (Brundrett, 2004; Smith y Read, 2010).

La función de esta asociación entre la planta y la micorriza es el intercambio de nutrientes, por su parte, la planta provee al hongo de carbono que ha adquirido en la vía fotosintética, mientras que el hongo le ofrece principalmente nitrógeno y fósforo (Smith y Read, 2010). De igual modo, proporcionan a la planta agua mediante absorción y participan indirectamente en la tolerancia a factores de estrés abióticos y bióticos (Carrillo-Saucedo *et al.*, 2022).

1.2.3.2 Uso de insecticidas en la agricultura

Una de las técnicas utilizadas por los agricultores para mitigar el daño por fitófagos es la aplicación de insecticidas, siendo usada de modo excesivo, causando graves consecuencias al suelo e incluso a los seres humanos. Una de las principales funciones, además de la mitigación de daño por insectos, es para tener aumento de productividad y rentabilidad del cultivo.

Dentro de los insecticidas más usados en el cultivo de tomate se encuentra el Confidor y el Palgus (**Cuadro 1**), que tiene aplicación sistémica o de contacto y en muchas ocasiones quien lo aplica no utiliza los equipos necesarios para su protección, afectando la salud de los agricultores, así como la salud del suelo e inclusive provocando residualidad en los frutos del cultivo (Silveira-Gramont *et al.*, 2018; Montejo-Canul *et al.*, 2019).

Cuadro 1. Información de los insecticidas de mayor uso en cultivo de tomate.

	Confidor	Palgus
Ingrediente activo	Imidacloprid	Spineteram
Grupo	Neonicotinoides (4A)	Spinosinas
Modo de acción	Sistémico	Contacto
Principales plagas que ataca	Insectos chupadores, minadores, raspadoras	Trips, larvas, minadores
Modo de acción	Modulador competitivo del receptor nicotínico de acetilcolina	Actúa sobre los receptores nicotínicos del sistema nervioso central

1.2.4 Rasgos funcionales: mecanismos de tolerancia y resistencia vegetal; defensa inducida ante la fitofagia

Ante el ataque de fitopatógenos las plantas han desarrollado mecanismos de defensa que le permiten tolerar y resistir el efecto que estas plagas provocan en ellas, pero a un alto costo (Mitchell *et al.*, 2016). Según Mitchell *et al.* (2016) la resistencia ocurre cuando los rasgos estructurales o químicos de la planta impiden que los herbívoros se alimenten y así minimizan la cantidad de daño causado; mientras que la tolerancia ocurre cuando los rasgos de las

plantas reducen los efectos negativos del daño de los herbívoros en el rendimiento de los cultivos.

Dentro de los principales rasgos de resistencia de los cultivos a los herbívoros se encuentra la disuasión al aterrizaje de plagas, la prevención de fijación y alimentación y la reducción de la palatabilidad de las plantas (Kim y Felton, 2013). Una forma de protección de las plantas es la producción de volátiles que hace que la misma sea desagradable para el fitófago reduciendo así el daño causado por estos; también pueden producir compuestos que atraen a los parasitoides que depredan a la plaga. Así mismo, poseen estructuras que actúan como barrera física para los artrópodos, como lo son los tricomas, cutículas cerosas, espiniscencias, estas evitan que las plagas se adhieran a la superficie de la planta, e inclusive limitar su movimiento en los cultivos (Figueiredo *et al.*, 2013; Ruiz *et al.*, 2021).

El daño causado por artrópodos, la herbivoría, es un proceso que da forma a las comunidades de las plantas y la evolución de estas. Por lo que desarrollar modelos para predecir los efectos de la herbivoría en la estructura de la comunidad vegetal resulta difícil, ya que las plantas pueden responder a este daño a través de una compleja variedad de vías, cada una con diferentes costos, desde la reducción del área foliar hasta cambios en la fijación de carbono y la fotosíntesis. Los rasgos funcionales proporcionan un medio para comparar especies que es independiente de la identidad de la especie y comparable entre taxones. Este enfoque puede resultar útil cuando se investiga la ecología de fenómenos complejos que implican muchos costos como la respuesta a la herbivoría (Reese *et al.*, 2016).

Los rasgos funcionales son características morfológicas, fisiológicas, estructurales o fenológicas que influyen en el rendimiento de un individuo a través de sus efectos sobre el crecimiento, la reproducción o la supervivencia (Rodríguez *et al.*, 2020). Estos rasgos pueden utilizarse como indicadores, para predecir o explicar distintos procesos, estrategias o respuestas de las plantas ante diferentes condiciones ambientales. Se ha encontrado que el área específica foliar (SLA) o la razón de área foliar (LAR), están

relacionados positivamente con el crecimiento de las plantas. Otra relación implicada es la de biomasa de raíz y la parte aérea (R:S), o la densidad del tallo son rasgos que están implicados en una respuesta de mayor tolerancia a la sequía. Además, otros rasgos como la composición química explican igual el funcionamiento de las plantas; como por el ejemplo la concentración de nitrógeno se ha relacionado con una alta tasa de crecimiento relativo (López *et al.*, 2014).

1.3 Hipótesis

Los rasgos funcionales de *S. lycopersicum* L. nos permitirán conocer y predecir comportamientos de tolerancia y resistencia a sus principales plagas. La aplicación de insecticidas y promotores de crecimiento como los hongos micorrícicos arbusculares ayudan a la planta a mitigar el daño por plagas del cultivo. Por lo que se espera que *S. lycopersicum* L destine mayores recursos a los rasgos químicos para defenderse.

1.4 Objetivos

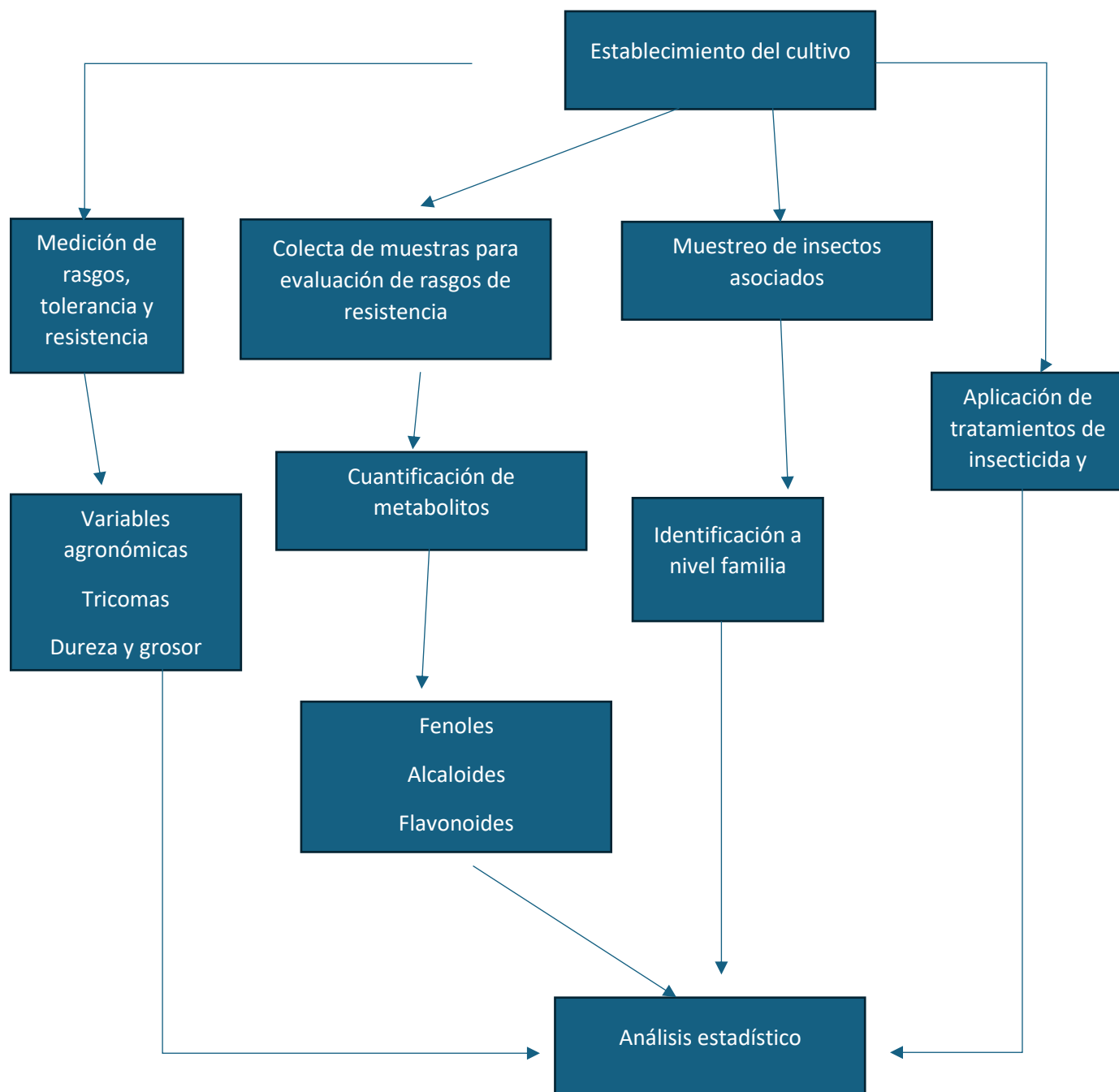
1.4.1 General

- Evaluar el efecto de hongos micorrícicos e insecticidas en los rasgos de tolerancia y resistencia vegetal, y la comunidad de artrópodos insectos y no insectos asociados a *Solanum lycopersicum* L.

1.4.2 Específicos

- Determinar la variación de rasgos funcionales de tolerancia y resistencia inducidas por micorrizas e insecticidas en *S. lycopersicum* L.
- Analizar la diversidad y redes ecológicas de artrópodos insectos y no insectos ante la aplicación de micorrizas e insecticidas en tomate.

1.5 Esquema experimental



1.6 Literatura citada

- Alvarado, M. Díaz, A., Peña, M. (2014) Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 5. Núm. 3
- Brundrett, M. (2004) Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biological Reviews* 79(3): 473-495. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1464793103006316>
- Carrillo-Saucedo, S., Puente-Rivera, J., Montes-Recinas, S., & Cruz-Ortega, R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta botánica mexicana*, (129). <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932>
- Ciceoi, R., Iordachescu, M., Udriste, A., Badulescu, L. (2021) Insights on solanaceous resistance against tomato leafminer (*Tuta absoluta*), with emphasis on chemical compounds usefull in integrated pest management. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* Vol 49, 4 Article number 12543. DOI: 10.15835/nbha49412543.
- Del Val de Gortari, Ek. (2022). Redes de interacciones para el estudio de la biodiversidad. *Revista Digital Universitaria (rdu)*, 23(2). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.9>
- Eichholtzer, J., Ballina-Gómez, H., Gómez-Tec, K., Medina-Dzul, K. (2021) Arbuscular mycorrhizal fungi influence whitefly abundance by modifying habanero pepper tolerance to herbivory. *Arthropod-Plant Interactions*. DOI: 10.1007/s11829-021-09868-8.
- Figueiredo, AST, Resende, JTV, Morales, RGF, Goncalves, APS, Da Silva, PR. (2013) The role of glandular and non-glandular trichomes in the negative interactions between strawberry cultivar and spider mite. *Arthropod Plan Interac.* 7, 53 – 58. DOI: 10.1007/s11829-012-9218-z.
- Garruña-Hernández R., Latournerie-Moreno, L., Ayala-Garay, O., Santamaria, J., Pinzón-Lopez, L. (20014) Pre-sowing treatments: an option to increase germination of habanero pepper seeds (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia* 48:413-423
- Kim, J., Felton, G. (2013) Priming of antiherbivore defensive response in plants. *Insect Sci.* 20, 273 – 285. DOI: 10.1111/j.1744-7917.2012.01584.x

- López-Iglesias, B., Villar, R., Poorter L. (2015) Functional traits predict drought performance and distribution of Mediterranean Woody species. *Acta Oecologica*, 56 (2014) 10 – 18. DOI: 10.1016/j.actao.2014.01.003
- Maldonado-Peralta, R., Ramirez-Vallejo, P., Gonzalez-Hernández, V., Castillo-González, F., Sandoval-Villa, M.m Livera-Muñoz, Mm Cruz-Huerta, N. (2016) Riqueza agronómica en colectas mexicanas de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) nativos. *Agroproductividad*: Vol. 9, No 12, pp 68 – 75.
- Montejo-Canul, E., Aguiñaga-Bravo, A., Ruiz- Sánchez, E., Ballina-Gómez, H., González-Moreno, A., Latournerie-Moreno, L., Martín-Mex, R., Garruña-Hernández, R. (2019): Effects of the inclusion of biorational insecticides for pest management on phytophagous insects, fruit yield, and bee abundance in tomato and tomatillo, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, DOI: 10.1080/03235408.2019.1703300
- Mitchell, C., Brennan, R., Graham, J., Karley, A. (2016) Plant defense against herbivorous pest: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. *Plant Sci*, 7:1132. DOI: 10.3389/fpls.2016.01132
- Pérez-Hedo, M., Bouagga, S., Zhang, N., Moerkens, R., Messelink, G., Jaques, J., Flors, V., Broufas, G., Urbaneja, A., Pappas, M. (2022). Induction of plant defenses: the added value of zoophytophagous predators. *Journal of Pest Science*, 1-17. DOI 10.1127/entomología/2021/1196
- Reese, AT., Ames, GM., Wright, JP. (2016) Variation in plant response to herbivory underscored by functional traits. *PLoS ONE* 11(12):0166714. DOI: 10.1371/journal.pone.0166714
- Rodríguez-Alarcón, S.J., Pinzón- Pérez, L., López-Cruz, J. Cabrera-Amaya, D. (2020). Rasgos funcionales de plantas leñosas en áreas verdes de Bogotá, Colombia. *Biota colombiana*, 21(2), 108-133. DOI: 10.21068/c2020.v21n02a08.
- Ruiz, R., Ballina, H., Ruiz, E., Martínez, J., Hernández, R., Andueza, R. (2021) Determining relevant traits for selecting landrace accession of *Phaseolus lunatus* L. for insect resistance. *PeerJ*:el2088. DOI: 10.7717/peerj.12088

- Salgado, S., Castelán, M., Jiménez, R., Gómez, J., & Osorio, M. (2014). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en suelos cultivados con caña de azúcar en la región de la Chontalpa, Tabasco. *Revista mexicana de micología*, 40, 7-16.
- Santamaria, M., Arnaiz, A., Rosa-Díaz, I., Gonzales-Melendi, P., Romero-Hernandez, G., Ojeda-Martínez, D., García, A., Contreras, E., Martínez, M. Díaz, I. (2020) Plant defenses against *Tetranychus urticae*: Mind the gaps. *Plants* 2020, 9, 464. DOI 10.3390/plants9040464
- SIAP. 2024. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción agrícola por cultivo y por estado <http://www.siap.gob.mx>
- Silveira-Gramont, M., Aldana-Madrid, M., Piri-Santana, J., Valenzuela-Quintanar, A., Jasa-Silveira, G., & Rodríguez-Olibarria, G. (2018). Plaguicidas agrícolas: un marco de referencia para evaluar riesgos a la salud en comunidades rurales en el estado de sonora, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34(1), 7-21. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.01.01>
- Smith, S. y D. Read. (2010) *Mycorrhiza l Symbiosis* . 3rd. ed. Elsevier. London, UK. 803 pp. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6>
- Zeist, A., Viluela de Resende, J., Carvalho, A., Gabriel, A., Maluf, W., Verhalem, J., Youssef, K. (2021). Resistance to *Bemisia tabaci* in tomato species and hybrids and its association with leaf trichomes. *Euphytica* 217:85. DOI: 10.1007/s10681-021-02815-x

CAPITULO II. VARIACION DE RASGOS FUNCIONALES DE TOLERANCIA Y RESISTENCIA INDUCIDAS POR MICORRIZAS E INSECTICIDAS EN *Solanum lycopersicum* L

Ramón Jesús Vela-Solís^{1*}, Horacio Salomón Ballina-Gómez¹, Kati Beatriz Medina Dzul¹, Esaú Ruiz-Sánchez¹, Roberto Rafael Ruiz-Santiago².

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal, Av. Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán. C.P. 97345

²Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, 97205

Autor para correspondencia: mm15800220@conkal.tecnm.mx

2.1 Resumen

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial por su amplio uso en la alimentación. En México, su producción alcanza cerca de 3.6 millones de toneladas, destinándose en su mayoría a la exportación, lo que exige altos estándares de calidad. Sin embargo, este cultivo es altamente susceptible al ataque de plagas de artrópodos, lo que ha llevado al uso de distintas estrategias de manejo, como insecticidas convencionales, métodos biorracionales y el uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los cuales mejoran la nutrición y resistencia de las plantas.

El estudio se llevó a cabo en un invernadero bajo un diseño completamente al azar con 60 plantas distribuidas en cuatro tratamientos: insecticida, micorriza, combinación de ambos y un control. Se evaluaron rasgos de tolerancia y resistencia en diferentes etapas del cultivo (desarrollo, floración y fructificación), considerando variables morfológicas, fisiológicas y químicas, como altura, área foliar, biomasa, tricomas y metabolitos secundarios (fenoles, alcaloides y flavonoides).

Los resultados mostraron que el área foliar fue la única variable con diferencias significativas entre tratamientos. No obstante, se observaron tendencias importantes: las plantas con micorriza presentaron mayor crecimiento en altura y grosor de hoja, mientras que la combinación de micorriza e insecticida favoreció características como grosor de tallo y dureza foliar. En cuanto a metabolitos, los fenoles no variaron significativamente, pero los

alcaloides y flavonoides sí mostraron diferencias, destacando un mayor contenido de flavonoides en plantas tratadas con insecticida.

En la producción de frutos, los tratamientos con insecticida y su combinación con micorriza obtuvieron mayores rendimientos, mientras que el control presentó los valores más bajos. Asimismo, los frutos de la combinación mostraron mayor peso y tamaño. El análisis de crecimiento indicó que la etapa de floración presentó mayor desarrollo, mientras que en fructificación se observó una disminución, posiblemente asociada al efecto de herbívoros.

Finalmente, se encontró que los rasgos funcionales y el crecimiento de las plantas dependen tanto del tratamiento aplicado como de la etapa fenológica, evidenciando que la interacción entre micorrizas e insecticidas puede modificar la asignación de recursos, favoreciendo el crecimiento y la producción bajo ciertas condiciones.

3 CAPÍTULO III. DIVERSIDAD Y REDES ECOLÓGICAS DE ARTRÓPODOS ANTE LA APLICACIÓN DE MICORRIZAS E INSECTICIDAS EN TOMATE

Ramón Jesús Vela-Solís¹, Horacio Salomón Ballina-Gómez^{1*}, Kati Beatriz Medina Dzul¹, Esaú Ruiz-Sánchez¹, Roberto Rafael Ruiz-Santiago², Julio César Ahuatzin-Hernández³.

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal, Av. Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán. C.P. 97345

²Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, 97205

³Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco AC, Unidad Sureste. Km 5.5 Carretera Sierra Papacal-Chuburná Puerto s/n. CP. 97302 Sierra Papacal, Mérida, Yucatán, México.

Autor para correspondencia: horacio.bg@conkal.tecnm.mx

3.1 Resumen

El uso indiscriminado de agroquímicos impacta fuertemente en la diversidad de artrópodos asociados al cultivo de tomate. Es por ello que el uso de hongos micorrízicos, se emplean como una técnica sostenible, ya que permite a las plantas asimilar mejor los minerales de suelo, así como, el aumento en la absorción del agua. Por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de hongos micorrízicos e insecticidas en la diversidad de artrópodos en un cultivo de tomate. El estudio se realizó en el TecNM Conkal, bajo un diseño completamente al azar, con 15 plantas por tratamiento: Combinación de micorriza e insecticida, hongos micorrízicos, insecticida y el control sin aplicación. Se aplicó 1 g de *Rhizophagus irregularis* al momento del trasplante y Confidor (1mL/L) a los 1, 7 y 20 días después del trasplante (DDT) y Palgus (1mL/L) a los 35 y 42 DDT a los tratamientos correspondientes. El muestreo de artrópodos se realizó de forma directa por un tiempo de dos minutos por planta semanalmente en las etapas de floración y fructificación. Se identificó los artrópodos en el laboratorio de plagas a nivel familia. Se realizó análisis de diversidad, curvas de Whitakker y redes de interacción con el programa RStudio. Se colectó 654 individuos de los cuales se identificó 26 familias; el tratamiento con hongos micorrízicos presentó mayor

abundancia tanto de individuos como de familias, mientras el tratamiento con combinación tuvo menor abundancia de individuos pero el tratamiento con insecticida tuvo menos familias presentes. Con respecto a la diversidad verdadera (q_0 , q_1 y q_2) no hubo diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo por etapa fenológica si hubo diferencia significativa (pvalor: 0.0301). Las familias más abundantes en la etapa de floración fueron Miridae y Tingidae para los cuatro tratamientos mientras que en la fructificación los tratamientos de combinación, hongos micorrízicos y control fueron Miridae, Tingidae y Thripidae, a diferencia del tratamiento con insecticida que se presentó la familia Aleyrodidae. Las redes de interacción mostraron que el tratamiento con combinación presentó menor diversidad de artrópodos, debido al efectos del tratamiento, mientras que el tratamiento con hongos micorrízicos presentó mayor diversidad de artrópodos, lo que puede indicar la preferencia de artrópodos a plantas vigorosas