



Insecticidas químicos y biorracionales utilizados por pequeños productores de hortalizas de Yucatán

Chemical and Biorational Insecticides by Small-scale Vegetable Growers of Yucatan

Esaú Ruiz-Sánchez¹ <https://orcid.org/0000-0003-0245-3305> | esau.ruiz@itconkal.edu.mx

Ana Lilia Ruiz-Jiménez^{1*} <https://orcid.org/0009-0000-0871-7522>

Luis Latournerie-Moreno¹ <https://orcid.org/0000-7684-2111> | luis.lm@conkal.tecnm.mx

Jacques Fils Pierre² <https://orcid.org/0000-0001-7507-175X> | jacquesfils pierre@gmail.com

¹Tecnológico Nacional de México Campus Conkal, Av. Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán, México

²International Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, AL 35662, USA

*Correspondencia: aruiz_ji@hotmail.com

Recibido: 27 de mayo de 2025

Aceptado: 05 de agosto de 2025

Publicado: 19 de agosto de 2025

Resumen

Objetivo. Realizar un diagnóstico del uso de insecticidas químicos y la percepción de uso de insecticidas biorracionales en productores de hortalizas de Yucatán. **Materiales y métodos.** Se empleó una metodología de encuesta descriptiva para recopilar datos de pequeños productores de hortalizas en Yucatán. El estudio se centró en áreas clave de producción agrícola, abarcando las regiones Noroeste, Oriente, Poniente, Sur y Litoral centro del Estado. **Resultados.** Las plagas representan uno de los principales desafíos para los agricultores dedicados a la producción de hortalizas. El 70 % de los productores recurre predominantemente al uso de insecticidas químicos, entre los com-

Abstract

Objective. To assess the use of chemical insecticide and the perception of biorational insecticides use among vegetable producers in Yucatán. **Materials and methods.** A descriptive survey method was used to collect data from small vegetable producers in Yucatán. The study focused on key agricultural production areas, covering the Northwestern, Eastern, Western, Southern, and Central coastal regions of the state. **Results.** Pests are one of the main challenges for vegetable production. Seventy percent of producers primarily use chemical insecticides, and the most used compounds belong to the neonicotinoid and organophosphate groups. The preference for these products is

puestos más empleados destacan los insecticidas pertenecientes a los grupos de los neonicotinoides y organofosforados. La preferencia por los productos químicos se atribuye a su versatilidad, accesibilidad y bajo costo. Solo el 46 % incorpora productos biorracionales como parte de sus estrategias de manejo, ya sea mediante el uso de formulaciones comerciales o preparados caseros. Entre los productos más utilizados destacan PROGRANIC® Gamma (extracto de *Cinnamomum zeylanicum* Blumme, *Allium sativum* L. y *Capsicum frutescens* L.) y Kabon® (jabón potásico formulado con ácido grasos de origen vegetal). **Conclusión.** Los agricultores identificaron el daño ocasionado por plagas como el principal problema en la producción de hortalizas, lo que explica el uso insecticida químicos como estrategia principal de control.

Palabras clave

Agroquímicos, prácticas agrícolas, bioinsumos, plagas.

attributed to their versatility, accessibility, and low cost. However, only 46 % incorporate bio-rational products into their management strategies, either through commercial formulations or homemade preparations. The most widely used products are PROGRANIC® Gamma (extract of *Cinnamomum zeylanicum* Blumme, *Allium sativum* L., and *Capsicum frutescens* L.) and Kabon® (potassium soap formulated with vegetable fatty acids). **Conclusion.** Farmers identify pest damage as the main problem in vegetable production, which explains why they use chemical insecticides as their main control strategy.

Keywords

Agrochemicals, agricultural practices, bioinputs, pests.

Introducción

Los plaguicidas químicos constituyen un pilar fundamental de la agricultura moderna, con un uso estimado de 3.5 millones de toneladas de principios activos a nivel mundial en 2021. Una parte sustancial de esta cantidad aproximadamente 735 754 toneladas corresponden a insecticidas químicos destinados al control de plagas, con México contribuyendo al uso con alrededor de 9 968 toneladas (FAO, 2024). Aunque los plaguicidas pueden mejorar la productividad agrícola, también pueden representar riesgos para la salud humana y el medio ambiente, además de poner en peligro a especies benéficas (Pelosi *et al.*, 2017; Petal y Sangeeta, 2019; Mu *et al.*, 2022).

Actualmente existe una subestimación generalizada de los riesgos asociados con el manejo de plaguicidas entre los agricultores, un fenómeno que a menudo resulta en el uso de plaguicidas prohibidos o restringidos, con las consecuentes repercusiones negativas (Polanco-Rodríguez *et al.*, 2015; 2019; Chaudhary *et al.*, 2022). Si bien el uso de plaguicidas químicos desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la productividad agrícola y la mitigación de pérdidas por plagas, es fundamental reconocer la existencia de productos alternativos con un menor impacto ambiental (Pérez *et al.*, 2010).

La creciente dependencia de los insecticidas químicos en el panorama agrícola de Yucatán, México es preocupante, en particular en los cultivos de hortalizas y cítricos, seguido por el maíz (Ponce-Caballero *et al.*, 2022). Numerosos estudios documentan el uso intensivo de diversos insecticidas químicos en la región, destacando los organofosforados y carbamatos, entre otros (Ponce-Caballero *et al.*, 2022). Estas sustancias tienen un impacto perjudicial

en las actividades fisiológicas y metabólicas de los distintos grupos de microorganismos y en la bioquímica del suelo, lo que a su vez conduce a la contaminación de los mantos freáticos (Meena *et al.*, 2020). Los efectos de estas sustancias en los acuíferos (cenotes) se ven agravados por los suelos kársticos de la región, lo que hace que las aguas subterráneas sean altamente vulnerables (Giácoman-Vallejos *et al.*, 2017). Se ha documentado que, en localidades de Yucatán, como Dzilam, Celestún y Tecoh, el uso de plaguicidas ha causado degradación de la calidad del agua (Polanco-Rodríguez *et al.*, 2015).

Investigaciones realizadas para explorar alternativas de manejo de plagas incluyen el uso de productos biorracionales derivados de plantas y microorganismos. Estos productos tienen la ventaja de degradarse rápidamente y presentar un impacto mínimo en especies benéficas, con poca o ninguna residualidad (Horowitz *et al.*, 2009). Los productos botánicos obtenidos de especies como *Allium sativum* L., *Capsicum frutescens* L., *Cinnamomum zeylanicum* Blumme y *Azadiracta indica* L. demuestran una eficacia significativa en el control de diversas plagas agrícolas. En el estado de Yucatán, México, diversos investigadores han evaluado con éxito diferentes formulaciones de *Azadiracta indica* L. que contienen azadiractina como principio activo (Chaudhary *et al.*, 2017), así como extractos de *Cinnamomum zeylanicum* Blumme que tiene compuestos como cinamaldehído, ácido cinámico y eugenol (Shimna *et al.*, 2017). Asimismo, formulaciones elaboradas con aceite vegetales, como los de maíz y soya (Montejo-Canul *et al.*, 2019; Góngora-Gamboa *et al.*, 2020; Ruiz-Jiménez *et al.*, 2024). En el caso de microorganismos, como *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1911 (Bacillales: Bacillaceae), *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin, 1883 (Hypocreales: Clavicipitaceae) y *Beauveria bassiana* (Bals.-Cric.) Vuill., 1912 (Hypocreales: Cordycipitaceae), representan una alternativa en cultivos a campo abierto en Yucatán (Torres-Cab *et al.*, 2022).

Dado este escenario, el objetivo de este estudio fue registrar los insecticidas químicos y biorracionales usados por pequeños productores de Yucatán, así como obtener información sobre la percepción de uso de insecticidas biorracionales, para coadyuvar el desarrollo de estrategias amigables al ambiente contra plagas en pequeños productores de hortalizas de Yucatán, México.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el estado de Yucatán, México (figura 1). La región se caracteriza por un clima cálido subhúmedo, con temperaturas anuales que oscilan entre 24.6 y 27.7 °C en promedio. Los tipos de suelo predominantes son calcáreos y pedregosos, siendo el Leptosol el más común, cubriendo aproximadamente el 80 % del estado de Yucatán (Rodríguez-Buenfil *et al.*, 2017). La agricultura en la región está influenciada por su clima, las características de los suelos y el sistema agrícola tradicional maya que se caracteriza por el establecimiento de policultivos; es decir, la siembra simultánea de diversas especies vegetales en un mismo espacio. Entre estos sistemas se incluyen la hortaliza de temporal, conocida en lengua maya como *pach pak'al* o *pet pach*, los huertos

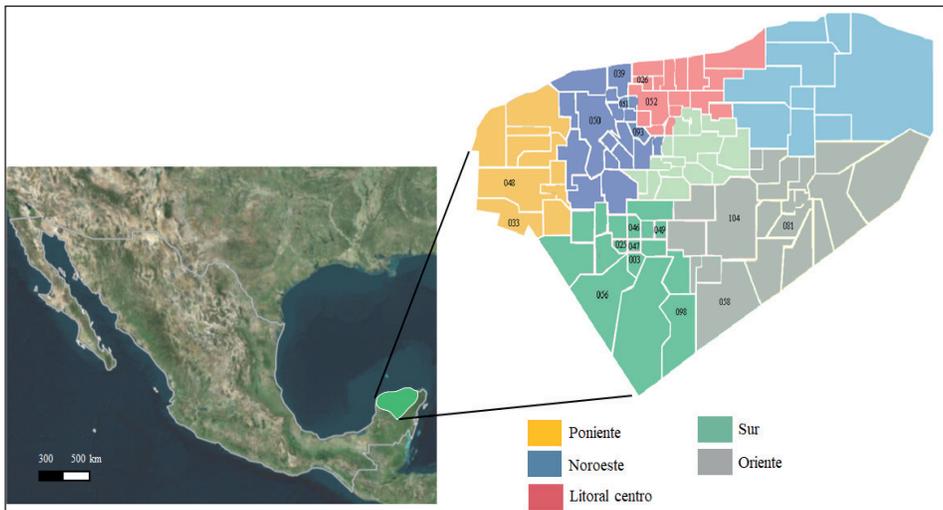
familiares y, principalmente, la milpa. Los cultivos principales incluyen chile (*Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum annuum* L.), calabaza (*Cucurbita moschata* Duch, *C. pepo* L.), mientras que el maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L., *P. lunatus* L., *Vigna unguiculata* (L.) Walp) también se cultivan ampliamente (Lara, 2010).

Colección de datos

Se empleó un muestreo aleatorio estratificado, y el tamaño de la muestra se determinó tomando el 20 % de la población. Se aplicaron 50 entrevistas, en sus residencias o predios agrícolas, los criterios de selección fueron que cultivaran un área de menos de una hectárea y al menos un año de experiencia en la producción de hortalizas. Estos se distribuyeron en las zonas geográficas noroeste (Ixil, Mococho, Mérida, Tixkokob), donde se incluyeron a 13 productores: oriente (Tekom, Yáxcabá y Peto) a tres productores; poniente (Halachó y Maxcanú) a ocho productores; sur (Akil, Dzan, Maní, Mama, Mayapan, Tzucacab y Oxkutzcab) a 16 productores; y litoral centro (Dzemul y Motul) a 10 productores del estado de Yucatán, México (figura 1).

Figura 1

Mapa de México con el estado de Yucatán y las zonas geográficas con los municipios de estudio



La metodología empleada para la evaluación de prácticas y manejo agrícola se basó en los descrito por Bellon (2002) y Ernest *et al.* (2008), para la recopilación cualitativa y cuantitativa de datos.

La cédula de entrevista incluyó cuatro secciones: 1) aspectos sobre características demográficas (edad, sexo) y años de experiencia; 2) características del sistema de producción (tipo de cultivo y superficie cultivada) y principales problemáticas en el sistema (plagas, enfermedades, fertilizantes, obtención de material vegetal, poscosecha, comercialización

y precio del producto); 3) prácticas de manejo de plagas (tipo de plaga, estrategias de control y tipos de plaguicidas usados y frecuencia de uso); 4) conocimiento y percepción de productos biorracionales, se incluyeron las siguientes preguntas: ¿ha escuchado hablar de los productos biorracionales?, ¿usa algún producto biorracional?, ¿por qué no lo usa? (falta de información, costo, baja efectividad, disponibilidad, dificultad de uso), ¿adoptaría el uso o continuaría el uso de estos productos?, criterios de selección para elegir a los productos biorracionales (efectividad, asequibilidad, seguridad ambiental, gastos adicionales mínimos, vida de anaquel), ¿qué le haría falta para empezar a usar estos productos?

Análisis de datos

Todos los datos fueron analizados usando programa InfoStat ver. 2020, para describir, resumir y organizar los datos se utilizó estadística descriptiva, para calcular la frecuencia y porcentajes de las respuestas emitidas por los agricultores. El análisis del coeficiente de correlación de Pearson fue utilizado para evaluar la relación entre el conocimiento y el uso de productos biorracionales, así como la adopción y los criterios principales criterios de selección; además, se utilizó la prueba de Chi-cuadrado de análisis de independencia para determinar si existía una asociación entre el conocimiento y la adopción de productos biorracionales.

Resultados

Características de los productores y agroecosistemas

El perfil demográfico de la población encuestada revela que la mayoría de los productores son hombres (90 %), con una edad promedio de 49 años (± 15.36) y un promedio de 16.24 años (± 10.34) dedicados a la actividad agrícola. En contraste, las mujeres constituyen una proporción menor (10 %) de la muestra, con una edad promedio de 41.2 años (± 9.68) y un promedio de cinco años (± 1.22) dedicados a la agricultura.

La producción agrícola en las áreas encuestadas se caracteriza por prácticas de pequeña escala y de subsistencia, con un área de producción promedio de menos de una hectárea. Los cultivos más frecuentes fueron calabaza, chile habanero, cilantro, pepino, rábano y tomate (figura 2). En segundo término, cebolla, lechuga y sandía, y con menos frecuencia acelga, apio, arúgula, berenjena, betabel, camote, cebollina, chile dulce, chile poblano, col, epazote, melón, melón agrio, perejil, repollo, yerbabuena y zanahoria.

En el análisis por zona, se encontró que al sur los cultivos más frecuentes fueron tomate (18 %); cilantro y pepino (12 %); rábano, chile habanero y calabaza (10 %); al noroeste se reportó calabaza (12 %), cilantro y tomate (8 %); en el litoral centro fue predominante el cultivo de calabaza (10 %), sandía y chile habanero (8 %); mientras que en el oriente y poniente rábano y cilantro (6-8 %, respectivamente), tomate y calabaza (6 %) en el poniente.

Los agricultores identifican a los daños por plagas (98 %), daños por enfermedades (88 %) y acceso limitado a fertilizantes (60 %) como las principales limitantes en la producción (figura 3). También se identificaron como limitantes intermedias a la obtención de semillas/material vegetal (24 %), problemas poscosecha (20 %) y la comercialización

del producto cosechado (18 %). La limitante menos indicada por los agricultores fue el precio del producto cosechado en el mercado (8 %).

Figura 2
Principales especies de hortalizas cultivas por pequeños productores en Yucatán

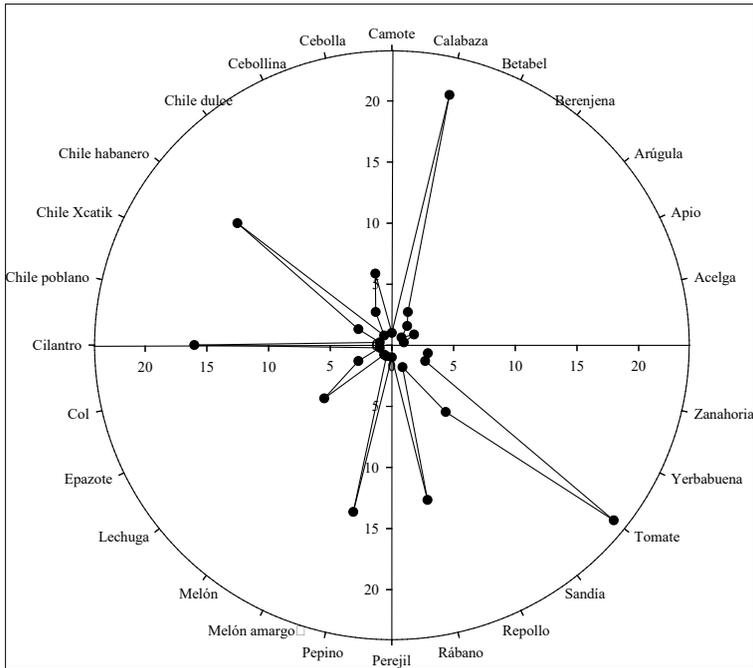
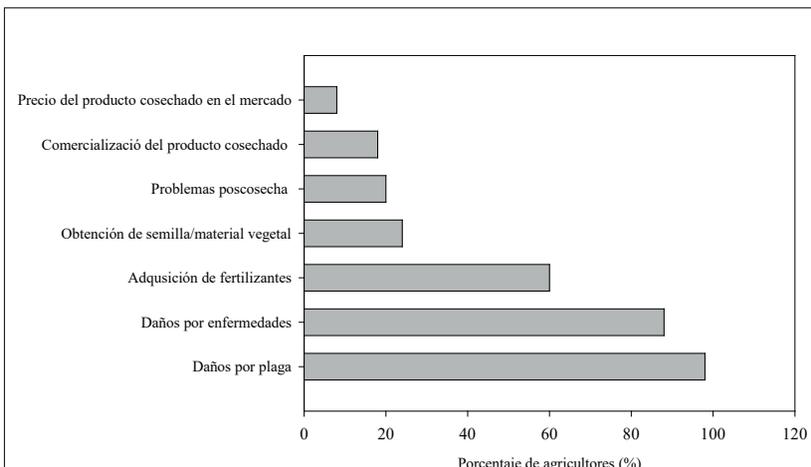


Figura 3
Principales limitantes en la producción de hortalizas por pequeños productores en Yucatán



Daño por plagas y uso de insecticidas para su control

El estudio reveló que la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Hemiptera: Aleyrodidae)) es la plaga más comúnmente reportada como limitante de la producción entre los productores de hortalizas en Yucatán; seguido por la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae)); pulgón (*Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae)); gusano barrenador (*Diaphania hyalinata* L., 1767 (Lepidoptera: Crambidae)) y picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano, 1894 (Coleoptera: Curculionidae)). Las plagas reportadas con menor frecuencia fueron los trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande, 1895 (Thysanoptera: Thripidae)) y minador (*Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae)).

Con relación al nivel de daño, se determinó por medio de una escala y de acuerdo con lo reportado por los agricultores, la mosca blanca (*B. tabaci*) y la araña roja (*T. urticae*) se asociaron con daños leves y moderados (cuadro 1).

Cuadro 1

Principales plagas que ocasionan daños en los cultivos reportados por pequeños productores en Yucatán

	Leve (%)	Moderado (%)	Severo (%)
Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	34	38	6
Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	10	12	4
Picudo del chile (<i>Anthonomus eugenii</i>)	8	4	2
Pulgón (<i>Aphis gossypii</i>)	4	10	6
Gusano barrenador (<i>Diaphania hyalinata</i>)	8	8	0

El uso de insecticidas químicos predomina en 70 % de los productores, siendo los neonicotinoides (57 %) y los organofosforados (34 %) los más utilizados (cuadro 2). Mientras que los carbamatos, los derivados cetoenoles y piretroides son usados con menos frecuencia por los productores. Las espinosinas, butenolidos, triazinas, fenilpirazoles y pirrol son poco usados para el control de plagas.

Asimismo, se reportó el uso de productos con dos ingredientes activos, el más empleado fue la combinación de piretroides + organofosforados, seguido de piretroide + avermectina, neonicotinoide + piretroide y por último la combinación de neonicotinoides + benzofenilurea (cuadro 2). La aplicación de insecticidas es variable; sin embargo, la mayoría de los agricultores los aplica de forma semanal (cuadro 3).

Con respecto al uso de insecticidas biorracionales, el 46 % de los productores incorpora productos biorracionales en sus prácticas de manejo de plagas, siendo los extractos botánicos la opción principal, ya sea en presentaciones comerciales (18 %) (cuadro 4) o elaborados directamente por los agricultores (28 %).

Cuadro 2

Grupos químicos e ingrediente activo empleado por pequeños productores de hortalizas en Yucatán

Grupo químico	Ingrediente activo	Productores que usan los insecticidas (%)
Neonicotinoides	Imidacloprid (201-350 g IA/L)	57
	Tiacloprid (480 g IA/L)	
	Acetamiprid (200 g IA/L)	
	Dinotefuran (200 g IA/Kg)	
Piretroides	Cipermetrina (200 g IA/L)	14
	Betaciflutrin (125 g IA/L)	
Organofosforados	Metamidofos (600 g IA/L)	34
	Malation (1000 g IA/L)	
	Diazinón (500 g IA/L)	
Carbamatos	Metomilo (900 g IA/Kg)	17
	Carbofuran (350 g IA/L)	
Derivados de cetoenoles	Spiromesifen (24 g IA/L)	17
Avermectinas	Abamectina (1.8-2.99 g IA/L)	31
	Benzoato de emamectina (19.20 g IA/L)	
Espinosina	Spinetoram (60 g IA/L)	6
Butenolido	Flupiradifurona (200 g IA/L)	3
Triazina	Ciromazina (750 G IA/Kg)	3
Fenilpirazoles	Fipronil (200 g IA/Kg)	3
Pirrol	Clorfenapir (240 g IA/L)	3
Neonicotinoides + Piretroide	Imidacloprid (201-350 g IA/L) + Lambda-cialotrina (102.5 g IA/L)	9
	Imidacloprid (201-350 g IA/L) + Betacifluritrina (90-125 g IA/L)	
Neonicotinoides + Benzofenilurea	Acetamiprid (200 g IA/L) + Novaluron (100 g IA/L)	6
Piretroide + Avermectinas	Bifentrina (29.97 g IA/L) + Abamectina (1.8-2.99 g IA/L)	9
Piretroide + Organofosforado	Permetrina (50 g IA/L) + Clorpirifos etil (350 g IA/L)	11

Cuadro 3

Frecuencia de aplicación de los principales insecticidas químicos reportados por pequeños productores en Yucatán

Insecticida (grupo químico) /Aplicación	Semanal (%)	Cada 15 días (%)	Cada mes (%)
Imidacloprid (Neonicotinoides)	40	47	13
Cipermetrina (Piretroide)	75		
Metamidofos (Organofosforado)	83	17	25
Metomilo (Carbamatos)	50	50	
Spiromesifen (Derivados cetoenoles)	100		
Abamectina (Avermectinas)	23	77	

Cuadro 4

Productos biorracionales comerciales utilizados por pequeños productores de hortalizas en Yucatán

Nombre comercial	Ingrediente activo	Productores que usan los insecticidas (%)
BioDie®, StarAgricola®	Alcaloides argemonina y berberina (<i>Argemone mexicana</i> L.), ricinina (<i>Ricinus communis</i> L.) y a-terthienil.	13
Cinanim®	Extracto de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>), neem (<i>Azadirachta indica</i>) y chilcuague (<i>Heliopsis longipes</i> A. Gray (Blake))	13
CinnAcar®	Extracto de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	9
PROGRANIC®Gamma	Extracto de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>), ajo (<i>Allium sativum</i>) y chile (<i>Capsicum frutescens</i>)	17
Kabon®	Jabón potásico con base de ácidos grasos vegetales	17

Con respecto a los preparados de forma casera, los agricultores reportan principalmente infusiones de hojas de neem (*Azadirachta indica*), ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa* L.) y chile (*Capsicum* sp.) como los principales ingredientes aplicados.

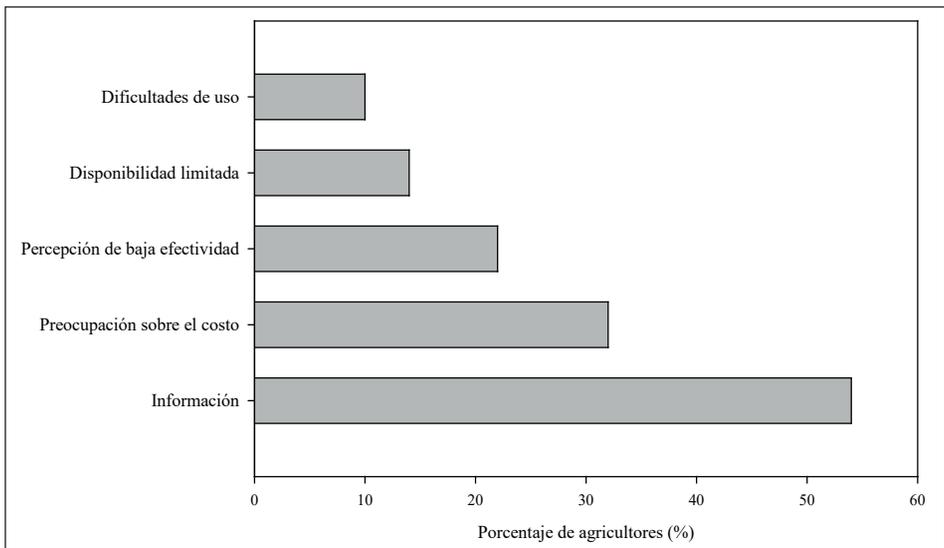
El 22 % de los productores emplea un método mixto; es decir, alternan el uso de insecticidas químicos y biorracionales, el 24 % emplea sólo productos biorracionales y el 48 % exclusivamente insecticidas químicos. La dosis de aplicación y la frecuencia (número de aplicaciones y el intervalo entre ellas) se basa en las especificaciones del fabricante, tipo de cultivo y plaga, así como en las prácticas agrícolas documentadas en el presente estudio.

Percepción sobre los productos biorracionales

El 74 % de los agricultores encuestados en Yucatán conoce los productos biorracionales, aunque sólo el 46 % los incorpora actualmente en sus prácticas agrícolas. Entre los encuestados, el conocimiento se correlacionó positivamente ($r=0.434$) con el uso de los insecticidas biorracionales, lo cual indica que los agricultores que conocen estos productos tienen mayor probabilidad de usarlos; sin embargo, las razones para no usarlos incluyen la falta de información (54 %), preocupaciones sobre el costo (32 %), percepción de baja efectividad (22 %) y las menos mencionadas fueron disponibilidad limitada (14 %) y dificultades en su uso (10 %) (figura 4).

Figura 4

Razones principales por las que los agricultores no usan productos biorracionales en el manejo de plagas en Yucatán



A pesar del uso relativamente bajo en la actualidad, un 90 % de los agricultores encuestados expresa disposición para adoptar o continuar usando productos biorracionales. Los criterios clave de adopción identificados por los productores incluyen la efectividad (88 %), asequibilidad (66 %), seguridad ambiental (56 %) y gastos adicionales mínimos (22 %). Además, los agricultores muestran un fuerte interés en recibir capacitación, talleres y demostraciones para mejorar su comprensión y uso de los productos biorracionales.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan datos fundamentales sobre los productos usados para el manejo de plagas en la producción hortícola a pequeña escala en Yucatán. También se obtuvo información básica sobre los cultivos que establecen los

productores y las limitantes durante el proceso de cultivo, incluyendo lo que representa el daño por plagas dentro del proceso productivo de las hortalizas.

En este sentido, se encontró que las especies cultivadas por los pequeños productores de Yucatán son calabaza, chile habanero y tomate. Esto coincide con un estudio previo reportado por Ocampo (2014) y Ponce-Caballero *et al.* (2022). Es importante notar que estas especies, al ser altamente susceptibles a plagas, requieren de la aplicación de estrategias que supriman de manera eficiencia las poblaciones de estas plagas. En particular las reportadas, como la mosca blanca, araña roja y picudo del chile, son altamente dañinas cuando se establecen en los cultivos hortícolas.

En general se observó que los insecticidas químicos son ampliamente usados para el manejo de plagas (70 % de los encuestados). En Yucatán, el amplio uso de insecticidas químicos en la producción agrícola fue documentado con anterioridad. Al respecto, Tamayo-Manrique *et al.* (2018) reportaron que 98 % de los encuestados usó insecticidas en la zona centro-norte del estado, y que el organofosforado metamidofos es uno de los productos de aplicación frecuente. Por otra parte, Pérez-Herrera *et al.* (2018) encontraron que en la zona sur del estado los insecticidas químicos que más se usan son los organofosforados metamidofos y clorpirifos, y el carbamato metomilo. Recientemente, Serralta-Batun *et al.* (2024) reportaron el uso de organofosforados (metamidofos, clorpirifos, malation), piretroides (permetrina, cipermetrina y lambda cialotrina), neonicotinoides (imidacloprid), avermectinas (benzoato de emamectina) y fenilpirazoles (fipronil) son predominantes en las milpas y en los cultivos hortícolas al sur de Yucatán. Otros estudios registraron el uso de insecticidas químicos de diferentes grupos en diversas localidades del estado de Yucatán (Ponce-Caballero *et al.*, 2022; Polanco-Rodríguez *et al.*, 2019). Estos datos coinciden con lo recabado en el presente estudio, donde se observó que los neonicotinoides (57 %) y organofosforados (34 %) son los grupos más utilizados por pequeños productores de hortalizas.

En el presente trabajo se encontró que un porcentaje bajo (46 %) de productores emplea productos biorracionales para el manejo de plagas. La percepción de los productores del bajo uso de productos biorracionales es que en el control de plagas se requiere rapidez de acción, y para ello los productos químicos tienen esta propiedad. Lo anterior coincide con la revisión de Llanes-Salazar (2024), quien también señala que los insecticidas químicos continúan siendo la opción predominante debido a su eficacia inmediata. Con respecto al conocimiento de los productos biorracionales, 74 % de los entrevistados manifestó conocer los productos biorracionales. En este sentido, aunque existe cierto conocimiento sobre los insecticidas biorracionales, su adopción continúa siendo limitada. En particular, los coeficientes de correlación entre adopción y los criterios fueron bajos, lo que sugiere que la decisión de la adopción de uso de productos biorracionales no está claramente influida por estos factores específicos (efectividad, asequibilidad, seguridad ambiental y gastos adicionales mínimos).

Para los sistemas de producción agrícola en Yucatán se generó información valiosa sobre las ventajas y efectos de la inclusión de insecticidas biorracionales en el manejo de plagas en hortalizas y otros cultivos (Montejo-Canul *et al.*, 2019; Góngora-Gamboa *et al.*,

2020, Torres-Cab *et al.*, 2022; Ruiz-Jiménez *et al.*, 2024); sin embargo, los agricultores no siempre tienen acceso a la información generada. La falta de divulgación dificulta la adopción de la tecnología. Este hallazgo es consistente con lo reportado Polanco-Rodríguez *et al.* (2015) y Midingoyi *et al.* (2018), quienes señalaron que la transición hacia insumos más sostenibles se ve obstaculizada por la falta de acceso, escasa capacitación técnica y percepciones de baja eficacia por parte de los productores. Investigaciones futuras deberían centrarse en cerrar esta brecha de conocimiento y divulgación de información sobre los productos biorracionales.

Conclusión

Los resultados de la encuesta arrojan información sobre los desafíos y prácticas prevalentes en la producción agrícola y el manejo de plagas en Yucatán. Los agricultores identifican el daño por plagas como el principal problema, destacándose la mosca blanca como una amenaza en diversos cultivos. La encuesta también mostró la continua dependencia de los agricultores a los insecticidas químicos, siendo los neonicotinoides y organofosforados los más utilizados.

Los resultados revelaron un alto nivel de conocimiento sobre los productos biorracionales entre los productores; sin embargo, existe una brecha significativa en el conocimiento y comprensión de los beneficios de los productos biorracionales y la decisión de uso en las unidades de producción. El acceso a la información surge como un factor crítico que influye en la adopción del uso de insecticidas biorracionales.

Agradecimientos

Se agradece a la SECIHTI por la beca de estancias postdoctorales por México a ALRJ.

Literatura citada

- Bellon, M.R. (2002). Métodos de investigación participativa para evaluar tecnologías: Manual para científicos que trabajan con agricultores. CIMMYT. México, D.F. 96 p.
- Chaudhary, P.; Singh, S.; Chaudhary, A.; Agri, U. y Bhandari, G. (2022). Chapter 3 Agrochemicals and their effects on soil microbial population. In R. Soni, D. Suyal y R. Goel (Ed.), *Plant Protection: From Chemicals to Biologicals*. Ed. De Gruyter. Berlin, Alemania. Pp. 45-58. <https://doi.org/10.1515/9783110771558-003>
- Ernest, E.G.; Falconí-Castillo, E.; Peralta-Idrovo, E. y Kelly, J. (2008). Encuesta a productores para orientar el fitomejoramiento de frijol en ecuador. *Agronomía Mesoamericana*. 19(1): 07-18.
- FAO. (2024). Food and Agricultural Organization of the United Nations: FAOSTAT- Inputs/ Pesticides Use. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>. (Consultado 22 febrero 2024).
- Giácoman-Vallejos, G.; Lizárraga-Castro, I.; Hernández Núñez, E. y Ponce-Caballero, M.C. (2017). Presence of pesticides in the karstic aquifer between the municipalities of Mérida to Progreso, Yucatán, Mexico. *Centro Azúcar*. 44(3): 1-13.
- Góngora-Gamboa, C. J.; Ruiz-Sánchez, E.; Ballina-Gómez, H. y González-Moreno, A. (2020). Effect of biorational insecticides and neonicotinoids on the population density of *Bemisia tabaci* and fruit yield in tomato. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 23: 1-9.

- Horowitz, A.R.; Ellsworth, P.C. y Ishaaya, I. (2009) Biorational pest control—an overview. In: Ishaaya I, Horowitz AR (eds) Application and resistance management. Ed. Springer. Dordrecht, Países Bajos. 20 p.
- Lara, E. (2010). Sistemas agrícolas y aprovechamiento de los recursos naturales entre los Itzaes de San Andrés y San José, Petén, Guatemala. Ph.D, Thesis. Colegio de Posgraduados, Campus Puebla, México.
- Llanes-Salazar, R. (2024). ¿Sur tóxico? Un estado del arte de los estudios sociales sobre plaguicidas en Yucatán. *Acta Sociológica*. 93: 141-172.
- Meena, R. S.; Kumar, S.; Datta, R.; Lal, R.; Vijayakumar, V.; Brtnicky, M.; Sharma, M. P.; Yadav, G. S.; Jhariya, M. K.; Jangir, C. K.; Pathan, S. I.; Dokulilova, T.; Pecina, V. y Marfo, T. D. (2020). Impact of Agrochemicals on Soil Microbiota and Management: A Review. *Land*. 9(2): 34. <https://doi.org/10.3390/land9020034>
- Midingoyi, S.G.; Kassie, M.; Muriithi, B.; Diro, G. y Ekesi, S. (2018). Do farmers and the environment benefit from adopting integrated pest management practices? Evidence from Kenya. *J. Agric. Econ*. 70 (2): 452-470. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12306>
- Montejo-Canul, E.; Aguiñaga-Bravo, A.; Ruiz- Sánchez, E.; Ballina-Gómez, H.; González-Moreno, A.; Latournerie-Moreno, L.; Martín-Mex, R. y 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*. 52 (17-18): 1239-1254.
- Mu, H.; Wang, K.; Yang, X.; Xu, W.; Liu, X.; Ritsema, C. J. y Geissen, V. (2022). Pesticide usage practices and the exposure risk to pollinators: a case study in the North China Plain. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 241: 113713. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154532>
- Pelosi, C.; Barriuso, E. y Bedos, C. (2017). Fate and impact of pesticides: new directions to explore. *Environment and Science Pollution Research*. 24: 6841-6843.
- Petal, S. y Sangeeta, S. (2019). Pesticides as the drivers of neuropsychotic diseases, cancers, and teratogenicity among agroworkers as well as public. *Environmental Science and Pollution Research*. 26: 91-100. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-018-3642-2>
- Pérez, N.; Infante, C.; Rosquete, C.; Ramos, A. y González, C. (2010). Disminuyendo la relevancia de los plaguicidas. Alternativas de su uso. *Agroecología*. 5: 79-87.
- Pérez-Herrera, N.; Vera-Avilés, M.; Castillo-Burguete, T.; Perera-Ríos, J.; Esperón-Hernández, R.; Rojas-García, A.E.; Medina-Díaz, I.M. y Quintanilla-Vega, B. (2018). Pesticide exposure index: Practices among women from an agricultural community in southeast Mexico. *Rev. Int. Contam. Ambie*. 34: 57-68. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp02.05>
- Polanco-Rodríguez, A.G.; Navarro-Alberto, J.A.; Solorio-Sánchez, J.S.; Mena-Rejón, G.J. y Del Valls-Casillas, T.A. (2015). Contamination by organochlorine pesticides in the aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatan, Mexico. *Water Environ. J*. 29(1): 140-150. <https://doi.org/10.1111/wej.12080>
- Polanco-Rodríguez, A.G.; Magaña, T.; Cetz, J. y Quintal, R. (2019). Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México. *Centro Agrícola*. 46(2): 72-83.
- Ponce-Caballero, C.; Cardaña-Echalaz, F.; Giacomán-Vallejos, G.; Vega de Lille, M. y Góngora-Echeverría, V.R. (2022). Pesticide management and farmers perception of environmental and health issues due to pesticide use in the state of Yucatán, Mexico: A study case. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 38: 289-300. <https://doi.org/10.20937/RICA.54134>

- Rodríguez-Buenfil, I.M.; Ramírez-Sucre, M.O. y Echevarría-Machado, I. (2017). Soils of Yucatan: Effect on the growth of the *habanero chili* plant (*Capsicum chinense*). *Agri Res & Tech: Open Access J.* 8(1): 555730. <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2017.08.555730>
- Ruiz-Jiménez, A.L.; Chan-May, Y.J.; Ruiz-Sánchez, E.; Moreno-Valenzuela, O.; Minero-García, Y.; Samaniego-Gámez, B.Y.; Latournerie-Moreno, L. y Fils Pierre, J. (2024). Epidemics of *Begomoviruses* transmitted by *Bemisia tabaci* in habanero peppers and the efficacy of botanical insecticides. *Agric Res.* 13: 477-483. <https://doi.org/10.1007/s40003-024-00714-w>
- Serralta-Batun, L. P.; Jimenez-Osornio, J. J.; Munguía-Rosas, M. A., y Rodríguez-Robayo, K. J. 2024. Amenazas al paisaje agrícola tradicional del sur de Yucatán, México: una mirada desde el análisis socioecológico. *Revista de Economía e Sociología Rural.* 62(1): e265073. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.265073>
- Tamayo Manrique, J.M.; Munguía Gil, A. y Polanco Rodríguez, A.G. (2018). Los conocimientos tradicionales y los insumos modernos en agricultura del municipio de Dzidzantún, Yucatán. *Revista del Pensamiento Sociológico.* 36: 391-411
- Torres-Cab, W. J.; Ruiz-Sanchez, E.; Reyes-Ramírez, A.; Lugo-García, G. A.; Tucuch-Haas, J. I., y Pierre, J. F. (2022). Field evaluation of microbial insecticides against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (smith) and corn earworm, *helicoverpa zea* (boddie) (lepidoptera: Noctuidae), in maize. *Archives of Phytopathology and Plant Protection.* 55(14): 1713-1723. <https://doi.org/10.1080/03235408.2022.2114780>