

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



**Letalidad de extractos naturales sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari:
Tetranychidae) en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.)**

Por:

Gabriela Javier López

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Letalidad de extractos naturales sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.)

Por:

Gabriela Javier López

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobado por:

Dr. Antonio Castillo Martínez
Presidente

Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Vocal

M.C. Francisca Sánchez Bernal
Vocal

M.E. Víctor Martínez Cueto
Vocal suplente

M.C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Letalidad de extractos naturales sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.)

Por:

Gabriela Javier López

TESIS

Presentado como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobado por el Comité de Asesoría:

Dr. Antonio Castillo Martínez
Asesor Principal



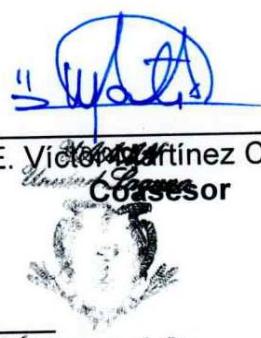
Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Coasesor



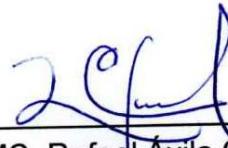
MC. Francisca Sánchez Bernal
Coasesor



M.E. Victoria Martínez Cueto
Coasesor



MC. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2025

DEDICATORIA

A mis padres Mikal y Fausto: Gracias por su infinito amor, cariño y su gran esfuerzo durante este tiempo, por ser mi pilar de motivación, mi sostén en mis días difíciles, por sus palabras de aliento. No existen las palabras suficientes para expresarles lo mucho que les debo y les admiro. Cada sacrificio que hicieron, cada desvelo e incluso por apoyarme e impulsarme a buscar mis sueños a un lejos de casa. Gracias por ser mis compañeros de esta bonita experiencia, por darme las fuerzas e incluso cuando yo sentía que no podía más, por creer en mí, por recordarme quien soy y de lo que soy capaz, por enseñarme que con amor y constancia todo se puede lograr y sobre todo por recordarme que con Dios todo es posible e incluso lo imposible. Este logro no es solo mío, es de ustedes. Es y será el reflejo de su gran esfuerzo, de su fe y sobre todo de ese gran amor que me sostiene incluso en la distancia. Hoy todo lo que soy se los debo a ustedes.

A mis hermanos Isabel y Emmanuel: Gracias por ser un pedacito de mi vida, por acompañarme en los momentos más difíciles, y sobre todo por sus palabras de aliento que llegaron cuando más lo necesitaba, ustedes han sido mi fuerza, mi compañía en los días difíciles y mis alegrías en los felices. Este logro no es solo mío, es de ustedes, porque en cada paso que doy ustedes van conmigo. Su amor, su cariño y sus oraciones me han acompañado durante este proceso y me han hecho más fuerte, y es algo por lo cual les estaré agradecida siempre, recuerden que los amo y este triunfo lo comparto con ustedes.

A mis abuelos Silvia y José. Abuelita gracias por ser mi aliento, por abrazarme a un en la distancia, por tus oraciones que hoy están dando frutos, por cada abrazo y cada sonrisa y sobre todo tu compresión, y a mi gran ángel del cielo, gracias por guiarme y no dejarme sola nunca, por cuidar de mí, y acompañarme en cada momento.

A mi familia, no existen las palabras suficientes para agradecerles su infinito amor, gracias por ser mi refugio en los días difíciles, cada uno de ustedes ha sido

parte esencial de este gran recorrido, su apoyo su amor y su confianza ha sido mi gran motor que me ha impulsado a salir a delante, este logro no es mío es suyo, es el fruto del esfuerzo de la unión que nos caracteriza, todo lo que hoy soy se los debo a ustedes.

Agradezco a mi novio el MVZ. José Luis, Gracias por ser mi apoyo en cada momento, por tu amor, tu paciencia, por tus abrazos que me devolvían la calma cuando sentía que no podía más, por motivarme a seguir intentando y no darme por vencida, por cada palabra de aliento, por cada sonrisa, gracias por no dejarme sola, por celebrar conmigo cada logro por muy pequeño que fuera, no existen palabras correctas que puedan expresar lo agradecida que estoy, Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por estar conmigo en cada momento, por ser mi fortaleza en los días difíciles, por cuidarme, por ser mi inspiración y por darme la sabiduría necesaria para este gran paso de mi vida.

Agradezco a mi Alma Terra Mater por brindarme la oportunidad de crecer como una gran profesionista, por creer en mí y demostrarme de lo que soy capaz, por ser mi segundo hogar, por ayudarme a encontrar mis sueños y mis pasiones y por forjarme a ser la gran persona que soy, gracias por cobijarme estos cuatro años, y sobre todo por darme las mejores experiencias de mi vida, agradezco por ponerme en el camino a grandes amigos y docentes, que con el tiempo se hicieron familia, pero sobre todo por cada lección que enfrente, y me ayudó a creer en mí.

Agradezco a mis amigos por haberse convertido en mi segunda familia, por estar en los momentos difíciles, por las sonrisas, por las grandes anécdotas y sobre todo por el gran apoyo durante mi formación, cada uno de ustedes ocupa un lugar en mi corazón, y me siento muy agradecida por haberlos encontrado en el camino.

Agradezco a mi asesor de tesis el Doctor Antonio Castillo, por brindarme la confianza y la dedicación a lo largo de este proceso, gracias por compartir sus conocimientos, por orientarme con firmeza cuando fue necesario, por su gran paciencia y su tiempo, por su acompañamiento profesional durante mi formación y sobre todo en este gran proyecto, gracias por motivarme a no darme por vencida. Le agradezco profundamente su apoyo y su confianza.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.2. HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Impacto económico del chile.....	4
Fases y etapas de crecimiento	6
Sistemas de Producción	8
Extractos vegetales	8
Importancia de los extractos vegetales biorracionales en la agricultura	9
Historia del uso de extractos botánicos.....	10
Ácaro de dos manchas (<i>Tetranychus urticae</i>).....	11
Biología y Hábitos de la plaga.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
Área de estudio.....	16
Sitio del experimento	16
Establecimiento del experimento.....	16

Preservación.....	17
Análisis e identificación de especímenes	18
Diseño Experimental.....	19
Aplicación de los extractos.....	20
Análisis estadístico	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
Identificación de la plaga	23
Primera aplicación	23
Segunda aplicación	24
Tercera aplicación	24
V. CONCLUSIONES	27
VI. LITERATURA CITADA.....	28

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Volumen comercial del chile verde (SIAP, 2024). -----	5
Figura 2. Fenología de la planta de chile serrano (SAGARPA, 2014). -----	7
Figura 3. Distribución de <i>Tetranichus urticae</i> en México (Revista Mexicana, 2025). -----	13
Figura 4. Ubicación del área experimental (INEGI, 2024). -----	16
Figura 5. Hoja infestada de ácaros.-----	18
Figura 6. Aplicación de los extractos sobre plantas de chile serrano. -----	20
Figura 7. Muestra extraída posterior a la aplicación de los extractos vegetales. -	21
Figura 8. Conteo de ácaros después de las aplicaciones para determinar la letalidad de los extractos. -----	21
Figura 9. Infestación de ácaros en hoja de chile serrano. -----	23

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos establecidos para el control de <i>Tetranychus urticae</i>	20
Tabla 2. Evaluación de efectividad en la primera aplicación para <i>T. urticae</i>	24
Tabla 3. Evaluación de tratamientos para <i>T. urticae</i> (Segunda aplicación)	24
Tabla 4. Tercera evaluación de tratamientos para el control de <i>T. urticae</i> (tercera aplicación).	25
Tabla 5. Evaluación de resistencia en los tres muestreos.....	26

RESUMEN

México produce 319,281 toneladas de chile serrano para el mercado nacional y de exportación, concentrando el 9.19% de la producción mundial. El presente trabajo se desarrolló en la colonia Valle Revolución (25°43'N, 103°42'W), Torreón, Coahuila. El área experimental se estableció el 28 de marzo del 2025 en un espacio de 4x4 m. De las 80 plantas establecidas, se seleccionaron al azar 15 plantas de chile serrano (± 10 hojas por planta) con alta infestación de ácaros *Tetranychus urticae*; para evaluar los tratamientos se utilizó un Diseño de Bloques al Azar (5 tratamientos, 3 repeticiones). Los tratamientos fueron obtenidos a base de extractos botánicos macerados de cebolla (*Allium cepa*) + ajo (*Allium sativum*), chile habanero (*Capsicum chinense*), hojas frescas de neem (*Azadirachta indica*), ruda (*Ruta graveolens*) y gobernadora (*Larrea tridentata*); se aplicaron en plantas (≥ 10 hojas) infestadas de ácaros y se evaluó la letalidad a las 24 horas, extrayendo dos hojas infestadas de cada planta. El porcentaje de letalidad de los tratamientos se determinó contabilizando el número de ácaros vivos y muertos (haz y envés). El análisis estadístico determinó que los extractos vegetales formulados a base de *Larrea tridentata* (76.8%), *Capsicum chinense* (68.6%) y *Ruta graveolens* (67.8%), demostraron ser los mejores tratamientos para el control de ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae*.

Palabras clave: Extractos, Chile habanero, Neem, Ruda, Gobernadora

I. INTRODUCCIÓN

El chile serrano (*Capsicum annuum* L.) coloquialmente conocido como chile verde, es originario de México y fue cultivado en Mesoamérica hace más de 35,000 años (Devine, 2001). Su denominación “serrano” se deriva de la región montañosa de Puebla e Hidalgo donde se cultivó por primera vez (Becerra-Martínez *et al.*, 2017). Se cultiva mundialmente, siendo China el principal productor de esta hortaliza al destinar una superficie de 757 mil hectáreas de chile verde; México produce 319,281.00 toneladas para consumo nacional y exportación, sus principales mercados se encuentran en Canadá, Estados Unidos, España, China, Alemania, Costa Rica, Guatemala, Países Bajos, Israel, Japón y Reino Unido (SIAP, 2024).

En México existe una diversidad genética de variedades mejoradas y silvestres de chile, los más cultivados son: jalapeño, guajillo, pasilla, ancho, y serrano; es una hortaliza de mayor comercialización en el país (Becerra-Martínez *et al.*, 2017). Se cultivan aproximadamente 1,630,591.54 toneladas al año, entre los estados productores con mayor superficie cultivada figuran Chihuahua (836,620 Ton), Sinaloa (813,081), Zacatecas (497,772) y San Luis Potosí (348,651); destacando la mayor producción de chile serrano por ser la más consumida (González, 2021).

Tetranychus urticae, es una plaga de alta infestación que daña cultivos de soya, algodón, tomate, frijol y causa daños severos en el cultivo de chile (Sánchez, 1998). El ácaro se caracteriza por tener cinco etapas bien definidas (huevo, larva, protoninfa, deutoninfa, adulto) y un periodo de vida corto de siete a 10 días (Infoagro, 2024). Tiene una diversidad de plantas hospedantes donde construye telarañas de forma irregular en el envés de las hojas (Jepson, 2021); infesta hortalizas y se alimenta de la superficie de las hojas destruyendo las células del mesofilo, afectando la transpiración y la fotosíntesis (Taniagoshi & Davis, 1978). Algunos extractos botánicos se han probado para el control del ácaro (Sánchez, 1998).

Los extractos vegetales o botánicos son soluciones preparadas a base de compuestos de plantas que se extraen de partes vegetativas. Las sustancias activas

se emplean como estimulantes del crecimiento y desarrollo vegetativo, inductores de resistencia a factores abióticos o para el control de plagas y enfermedades (Gillet, 2022). Contienen taninos (Carretero, 2000), flavonoides (Pereira *et al.*, 2024), Saponinas (Sánchez, 2024), Cuasina y otros compuestos activos utilizados como insecticidas de amplio espectro para el control de áfidos, ácaros, minadores y algunas larvas (Cano y Rodríguez, 1998).

El uso de extractos botánicos en el control biológico de plagas, es un medio alternativo que no daña insectos benéficos ni desencadena problemas ambientales, a comparación de los sintéticos que provocan desequilibrios naturales, ambientales y culturales (Gallo *et al.*, 2020). El objetivo de esta investigación fue validar el efecto letal que tienen los extractos vegetales en el control y resistencia del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* en el cultivo de chile.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de los extractos botánicos para determinar la resistencia de *Tetranychus urticae* en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum L.*)

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Colectar frutos y partes vegetativas de plantas que contienen principios activos para el control de ácaros fitopatógenos.
- Evaluar los extractos vegetales para obtener sus principios activos mediante una solución concentrada por maceración.
- Aplicar los tratamientos y evaluar su efecto sobre el ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae*.

1.2. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H_0): Los extractos vegetales contienen sustancias activas con alta letalidad para el control de *Tetranychus urticae* en el cultivo de chile serrano.

Hipótesis alterna (H_1): Los extractos naturales contienen sustancias activas con baja letalidad para el control del *Tetranychus urticae* en el cultivo de chile serrano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del cultivo de chile

El chile serrano (*Capsicum annuum* L.) es originario de México, fue cultivado en Mesoamérica hace más de 35,000 años (Janet, 2017). Los aztecas y mayas lo utilizaban como medicina alternativa para tratar problemas digestivos o como un analgésico natural. Su denominación “serrano” deriva de la región montañosa de Puebla e Hidalgo donde se cultivó por primera vez; al igual que el frijol y maíz, fue valorado en la antigüedad por las propiedades medicinales que contiene, además del color, sabor o textura (Becerra-Martínez *et al.*, 2017). Alejandro Humboldt en 1803, mencionó que el chile era considerado la planta nacional de México (Aguirre, 2015).

En México, se encuentra la diversidad genética de las variedades cultivadas y silvestres (jalapeño, guajillo, pasilla, ancho, y serrano); siendo un producto económico y de mayor comercialización en el país (Devine, 2001). Es un cultivo común y apreciado en la sierra norte de Puebla e Hidalgo por ser su origen; actualmente se ha establecido en otras regiones con zonas tropicales y subtropicales (Nee, 1986).

Impacto económico del chile

El chile serrano se cultiva mundialmente, siendo China el principal productor de esta hortaliza con una superficie de 757.00 mil hectáreas de chile verde. México concentra el 9.19% de la producción mundial (1630,591.54 Ton/año); las exportaciones (Figura 1) a Estados Unidos superaron las 100 mil toneladas, otro porcentaje se importó por China, India, Israel, Guatemala, Colombia, España, Japón, Reino Unido y el resto se destinó al mercado nacional (SIAP, 2023).

Flujo comercial					
	Variación (%) 2022-2023				
	Importaciones	Exportaciones	Saldo	Importaciones	Exportaciones
Volumen toneladas	59,033	1,180,860	1,121,826	19.8	5.8
Valor millones de dólares	203	1,231	1,027	27.5	9.5

● Aumenta

Figura 1. Volumen comercial del chile verde (SIAP, 2024).

Entre los Estados productores de chile verde figuran: Chihuahua (836,620), Sinaloa (813,081), Zacatecas (497,772), San Luis Potosí (348,651), Sonora (197,884), Jalisco (197,617), Guanajuato (153,571), Michoacán (136,894), Baja California (89,785), Durango (64,516), Chiapas (288,952.41) y el resto aporta 344,671 toneladas, la variedad de chile serrano destaca por ser la más consumida en México (SIAP, 2024). Los estados donde se ha obtenido mayor rendimiento en producción (Ton/Ha) son Sinaloa (21.7%), Chihuahua (18.0%) y Zacatecas (14.1%); debido a su demanda se destinan aproximadamente 1.72 millones de hectáreas de superficie para esta hortaliza (Aguirre y Muñoz, 2015).

La producción de chile verde en el estado de Coahuila se obtuvo de 7,685 hectáreas sembradas, obteniendo un rendimiento de 12.49 Ton/ha en 6,418 hectáreas de superficie cosechada (SIAP, 2024); los altos rendimientos se han alcanzado por la modernización del sistema hídrico y de nutrición (FIRA, 2012).

Fisiología y Taxonomía

De acuerdo con Vibrans (2009), su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum annuum L.*

El género *Capsicum* engloba plantas herbáceas o arbustivas de ciclo anual o perenne, sus flores son pequeñas y de color blanquecinos, constan de un cáliz gamosépalo (ausente o rudimentario), una corola del mismo color de las flores (blancas y azul). Sus pétalos son usualmente rectos y sus anteras normalmente llegan a tornarse de color azul a violeta dejando sus filamentos cortos. Cuenta con cinco sépalos con la misma cantidad de estambres (Pozo, 1981).

La planta de chile serrano presenta tallos erectos y herbáceos ramificados de color verde oscuro; es una planta determinada con un sistema de raíces profundas que pueden llegar a medir desde 0.70 a 1.20 m y lateralmente unos 1.20 m, dependiendo de su altura puede alcanzar los 60 cm. Sus hojas se caracterizan por ser planas, simples o de forma ovoide, con un ápice marcado y un peciolo largo, sus flores son hermafroditas y se originan sobre las axilas de las ramas superiores (Miranda, 2020). Desarrolla entre ocho y quince hojas antes de la floración, sus estomas varían de 120 a 190 mm bajo sombra y miden de 35 a 70 mm en cultivo abierto (Shalunke-Kadam, 2003).

El fruto es de color verde pero cuando madura suele tornarse de color rojizo, es de forma alargada y delgada terminada en punta; puede llegar a medir de 5 a 8 cm de longitud, su cascara suele ser lisa y brillante con baja carnosidad, y tiene un nivel muy marcado de turgencia. Se caracteriza por tener un picor medio, producido por la capsaicina que funge como antioxidante dentro de la planta; este compuesto se utiliza como repelente e inhibidor del crecimiento de las plagas (Moreno-Jiménez, 2017).

Fases y etapas de crecimiento

La fenología es esencial para la planificación de la cosecha, verificando el punto exacto de madurez del fruto para realizar su recolección de manera óptima (Figura 2), para prevenir cosechas prematuras o tardías, identificar el color, sabor y textura del chile (García, 2021).

Cultivo de Chile serrano

SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ETAPAS DE DESARROLLO																				
	GERMINACIÓN	EMERGENCIA	DESARROLLO VEGETATIVO										FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN		SENESCENCIA					
LABORES	FERTILIZACION		DESHIERBE MANUAL		TRASPLANTE	DESHIERBE MANUAL		DESHIERBE MANUAL					COSECHA		COSECHA DE SEMILLA					

Figura 2. Fenología de la planta de chile serrano (SAGARPA, 2014).

Germinación: Surge entre los primeros ocho a 12 días de gestación de la semilla, que al absorber el agua emerge la radícula para generar el primer brote.

Plántula: Se presentan las primeras hojas verdaderas para realizar la fotosíntesis, es una de las etapas más delicadas al marcar el inicio y desarrollo apical y radicular de la planta (Rivas, 2019).

Crecimiento Vegetativo: Esta fase ocurre al presentarse la sexta u octava producción de hojas; se incrementa el follaje con base al número ramas y el sistema radicular se reduce gradualmente.

Floración: Es una de las etapas críticas del chile, se necesitan varias condiciones para generar un desarrollo adecuado como la radiación solar y las temperaturas favorables, la fase de floración se extiende hasta el cuajado de frutos y se ajustan a la capacidad de maduración. En condiciones favorables, gran parte de las flores preliminares dan lugar a los primeros frutos, perpetuo de un periodo donde la mayoría de sus flores no llegan a cuajar.

Fructificación y Maduración del Fruto: Durante este periodo las flores desarrollan el fruto, la demanda de agua y nutrientes es alta; cuando el fruto alcanza su peso y su tamaño se torna de color rojizo e indica estará listo para ser cosechado. Una cosecha oportuna cerciora la calidad y el sabor del fruto. El picor del chile serrano

en la escala de Scoville oscila entre los 10,000 y 23,000 SHU (Unidades Scoville de Picante), siendo más picante que el chile jalapeño (Blog de Agricultura, 2025).

Sistemas de Producción

El chile se cultiva mediante dos sistemas de producción, dependiendo de las regiones y las condiciones ambientales que se presenten. El cultivo a campo abierto es el sistema más común y de mayor extensión en superficie cultivada, ya sea de temporal o riego. Algunas superficies no cuentan con ningún tipo de control ni protección física; siendo propenso a cambios climáticos, plagas y enfermedades (Zarate, 2015). El sistema de producción en cultivo protegido o de invernadero está enfocado en producir chiles de alto valor económico; este sistema cuenta con protección parcial o total que ayudan con el control de los factores climáticos y permiten tener una mejor calidad de chiles (Muñoz, 2004).

Resistencia de los ácaros a ingredientes activos químicos

Extractos vegetales

Los extractos vegetales o botánicos son soluciones preparadas a base de compuestos de plantas; donde se utilizan partes vegetativas como hojas, raíces e incluso frutos que contienen compuestos bioactivos; obtenidos a través de extracción, maceración, fermentación e infusión. Se constituyen por diferentes sustancias activas presentes en las plantas formadas por mecanismos fitoquímicos, que se pueden encontrar en diferentes concentraciones. Los compuestos funcionan como activos para el control de plagas y enfermedades, también como estimulantes del crecimiento y desarrollo vegetativo; también como inductores de resistencia a factores abióticos (Guillet, 2022).

Compuestos activos de los extractos vegetales

Taninos: Están formados por estructuras químicas fuertes que dan protección a la planta de ciertos patógenos como virus, bacterias y hongos. Las sustancias activas se liberan a través del proceso de infusión y se encuentran en eucalipto, hojas de guayabo, clavos y pétalos de rosa (Carretero, 2000).

Flavonoides: Son compuestos fitoquímicos no nitrogenados que se encuentran en diversas plantas vasculares, ayudan a regular el ciclo celular y en su pigmentación, sirven de capa protectora para los rayos ultravioletas o como defensa de insectos y patógenos (Pereira *et al.*, 2024).

Saponinas: Contienen metabolitos secundarios para controlar poblaciones de hongos e insectos, poseen minerales como el hierro y zinc. Son una clase de glucósidos triterpenicos o esteroideos que se localizan en las plantas, construidas de surfactantes que permiten romper ciertas membranas celulares de hongos y la quitina de los insectos plaga (Sánchez, 2024).

Cuasina: Es un terpenoide amargo derivado de la madera de *Quassia amara*, se utiliza como insecticida de amplio espectro para el control de áfidos, ácaros, minadores y algunas larvas (INIFAP, 2022).

Aceites esenciales: Están conformados por terpenos (metabolitos secundarios), son compuestos extraídos naturalmente de las plantas aromáticas o vegetales que se caracterizan por su olor fuerte; son susceptibles a grandes temperaturas pero son efectivos para el control de pulgones o chinches al atacar el sistema respiratorio. Los aceites de ajo contienen propiedades antifúngicas y sirven para repeler araña roja, trips y otros ácaros (Mendoza *et al.*, 2016). El aceite de gobernadora es utilizado como repelente, sus propiedades a base de resina y ácidos orgánicos permiten que actúe como fungicida, su modo de acción impide la germinación de esporas y el desarrollo de hongos fitopatógenos (Felix, 2028).

Importancia de los extractos vegetales biorracionales en la agricultura

El manejo de extractos vegetales como control biológico alternativo es una forma de promover el control de plagas sin dañar y desencadenar problemas ambientales, a comparación de los sintéticos que provocan desequilibrios naturales y culturales. El uso y manejo de las plantas con propiedades de control se remonta desde los siglos pasados, fue utilizado por primera vez por botánicos al descubrir los principios activos en las flores de crisantemo; obteniendo un insecticida efectivo (piretro) compuesto de piretrinas utilizados para el control de plagas (Gallo *et al.*, 2002). El

uso de las plantas y sus compuestos activos se utilizan para el control de insectos-plaga empleando diferentes concentraciones; aunque contienen sustancias activas específicas para contralar plagas objetivo por el contenido de sus toxinas. La flor de crisantemo genera un mecanismo directo, encargado de inhibir la alimentación, oviposición y crecimiento de la plaga (Molina y Chavez, 2022).

Ventajas del uso de los extractos vegetales

El uso de extractos vegetales propuesto por INIFAP (2022), menciona las siguientes ventajas:

- Son de rápida acción y tienen baja persistencia con el ambiente, se degradan con mayor facilidad y actúan de manera eficaz en diversidad de plagas.
- No dejan residuos peligrosos para la salud del consumidor en los productos hortícolas.
- Sus principios activos se desintegran a corto plazo a comparación de los plaguicidas sintéticos.

Historia del uso de extractos botánicos

El origen de los extractos botánicos se remonta desde el año 2500 A.C. en la antigua China, parte de Egipto, Grecia, India y América del Norte. Se utilizaron cuando las civilizaciones antiguas descubrieron que algunas de las plantas contenían ciertas propiedades. El primer compuesto activo se extrajo de la flor de crisantemo (*Crysanthemum cinerariaefolium*) utilizado molido como remedio; en el reinado del rey persa Jerjes se utilizaron flores de crisantemo para extraer un insecticida llamada piretro, empleado para controlar piojos en niños (Díaz *et al.*, 2004).

En la antigua Roma utilizaban plantas aromáticas como repelentes para ahuyentar a ciertas plagas dentro y fuera de los graneros; las sustancias repelentes eran extraídas de plantas como el romero, mirra y el enebro. Las plantas también eran colgados fuera de las casas para liberar sus compuestos activos mediante el olor (Dubey, 2011).

En la agricultura se utilizaron varias plantas como control o protección ante plagas fitófagas; en el siglo XVII apareció el primer insecticida botánico elaborado con nicotina obtenida de la hoja del tabaco y se empleó para el control de escarabajos en los huertos de ciruelo. En 1850, se utilizó la rotenona como sustancia activa obtenido de las raíces de la planta *Derris* sp. En Europa se emplearon insecticidas biológicos porque no dañaban el medio ambiente y la salud de los habitantes; sin embargo, su uso fue prohibido en la Segunda Guerra Mundial al ser sustituidos por insecticidas sintéticos (Edel, 2012).

Ácaro de dos manchas (*Tetranychus urticae*)

Biología y Hábitos de la plaga

Es una plaga reconocida mundialmente, es un artrópodo arácnido que ataca a gran variedad de cultivos, se caracteriza por ser una plaga de alta infestación por su capacidad reproductiva en cultivos de soya, algodón, chile, tomate y frijol. Se alimenta del tejido celular de las plantas, ocasionando un descenso del contenido de clorofila; provoca daño físico al mesofilo esponjoso reflejado en los tejidos o estomas que suelen permanecer cerrados, propiciando el descenso de la transpiración (Sánchez, 1998).

Clasificación taxonómica (CABI, 2020)

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Arachnida

Orden: Trombidiformes

Familia: Tetranychoidea

Género: *Tetranychus*

Especie: *Tetranychus urticae*

Ciclo de vida

Se caracteriza por tener un periodo de vida corto de siete a 10 días, presenta cinco etapas bien definidas que son huevo, larva, dos ninfales (Protoninfa y deutóninfa) y adulto. El ácaro se reproduce por partenogénesis, la hembra libera huevos

fecundados (diploides) y los machos se generan por huevos no fertilizados o haploides. Cada etapa se mantiene durante un periodo de quiescencia antes de pasar al siguiente estadio (INFAGRO, 2024).

El macho es más pequeño que la hembra, presenta un abdomen puntiagudo y tiene la misma cantidad de setas que la hembra. Sus manchas dorsales no son muy visibles y presentan un color grisáceo, el primer tarso contiene cuatro pares de setas táctiles y dos sensoriales (Jepsson *et al.*, 1975) La hembra puede ovipositar más de 300 huevos durante todo su ciclo (Goodwin *et al.*, 1995).

Su desarrollo y reproducción varía de acuerdo a la temperatura, humedad relativa y planta hospedera. La hembra puede ovipositar durante diez días cuando existe una temperatura de 35°C o hasta los 40 días con una temperatura de 15°C; aunque, en los días más calientes y secos llega a poner hasta cien huevos (Badi-Landeros 2007).

Reséndiz-Cordero (2018), describe las características de metamorfosis de *T. urticae* de la siguiente manera:

Huevo: Mide entre 0.12 y 0.14 mm de diámetro, es liso, brillante, de color blanquecino y se va tornando amarillo antes de eclosionar.

Larva: Tiene forma esférica, alemerger es incolora y transparente, presenta seis patas y dependiendo de su alimentación al desarrollarse puede adoptar el color amarillo o verde, verde tenue o incluso marrón; presenta dos manchas oscuras sobre el tórax y puede medir 0.015mm de longitud.

Ninfa: Su coloración puede tornarse más rojizo o verdoso y desarrolla ocho patas. Presenta dos subetapas (protoninfa y deutoninfa) de coloración similar a las larvas sin manchas laterales dorsales, con presencia de dimorfismo sexual marcado.

Adulto: Tienen una coloración más pálida y suelen vivir de dos a cuatro semanas, el proceso de ninfa a la fase adulta dura una semana; las hembras presentan alta reproducción para producir huevos casi de inmediato y acelerar el ciclo de infestación.

Mecanismos de dispersión

Se caracteriza por generar una especie de hilo como telaraña, al infestar la planta hospedera construye telarañas de forma irregular en el envés de las hojas; al incrementar la población, la telaraña presenta excremento que puede originar el crecimiento de hongos (Jepson *et al.*, 1975).

Distribución Mundial.

En el mundo se han registrado más de 70 géneros y 1,200 especies de ácaros pertenecientes a la familia Tetranychidae; del total existen 1250 especies que se alimentan de 3877 especies de plantas hospederas y 100 especies de ácaros son consideradas de importancia económica (Zhang, 2003).

Distribución en México

La especie *Tetranychus urticae* se encuentra disperso en Ciudad de México, Sonora, Morelos, Veracruz, Michoacán, Colima e Hidalgo (González-Navarro, 1989).



Figura 3. Distribución de *Tetranychus urticae* en México (Revista Mexicana, 2025).

Daños causados

De acuerdo a Regev & Cone (1980), el ácaro de dos manchas tiene una diversidad de plantas hospedantes y ataca hortalizas, ornamentales, frutales y algunas malezas, ocasionando daños de importancia económica. Se alimenta sobre la

superficie de las hojas, destruyendo las células del mesofilo, afectando la transpiración y la fotosíntesis (Taniagoshi-Davis, 1978).

Para alimentarse utiliza los queliceros para sujetar y raspar la cutícula de la hoja e introducir su estilete para absorber los contenidos celulares. Los daños se observan en el haz de las hojas, donde se presentan pequeñas manchas en las zonas próximas a la nervadura central hasta manifestar un color mate oscuro (García-Costa, 2014).

Ochoa *et al* (1994), señalaron que los daños causados por ácaros fitófagos en el cultivo de chile serrano (*Capsicum annum* L.) tienen mayor impacto económico. *Tetranychus urticae* repercute en el crecimiento vegetativo y la fructificación del chile, ocasionando una disminución en la longitud de las plantas, el número de hojas e incide en el tamaño del fruto cuando se presenta una densidad de población de 40 ácaros por fruto (Felipe, 2003).

Resistencia a Extractos y Plaguicidas

Tetranychus urticae se reconoce como una de las especies de artrópodos con el mayor registro de resistencia frente a diversas sustancias activas de los plaguicidas químicos. Es una especie altamente polífaga que tiene más de mil especies de plantas hospedantes (Certis, 2025). El control del acaro a nivel mundial se basa principalmente en el uso de los acaricidas, a las que ha desarrollado resistencia a la mayoría de los productos comerciales empleados para su manejo (Devine *et al.*, 2001).

Según Georghiou (1965), la resistencia fisiológica en insectos se debe al funcionamiento de mecanismos enzimáticos detoxificadores que aumentan la degradación y la eliminación de insecticidas o acaricidas. (Yang *et al.*, 2001), menciona que la detoxificación de xenobioticos en artrópodos se relaciona con la acción de esterasas y el citocromo P 450 dependiente de las monoxigenasas. La resistencia de *Tetranychus* a los organofosforados se debe a los niveles más altos de esterasas y sucede por su incremento a la actividad de carboxilesterasas y fosfatases (Matsumura-Voss, 1964).

Se han presentado 558 casos a nivel mundial de resistencia a 96 ingredientes activos; una alternativa para disminuir la frecuencia de aplicaciones químicas en campo, consiste en emplear variedades resistentes al ataque de ácaros. La resistencia puede presentarse mediante antibiosis, antixenosis, tolerancia o por interacción entre varios mecanismos (Mota-Wise 2024). La antibiosis toma en cuenta la reducción de la capacidad productiva, al igual como la longevidad o estabilidad de los individuos. A diferencia de la antixenosis altera las pautas de comportamiento del acaro (Fahim-Fathipour, 2020).

La tolerancia se relaciona a la capacidad del vegetal para recuperarse a través del daño ocasionado. Se ha evidenciado que la resistencia a los plaguicidas puede ser modulada por la planta hospedera, derivado de los metabolitos secundarios ingeridos durante la alimentación; lo anterior puede inducir en los ácaros una mayor tolerancia a los compuestos activos (Chen, 2017).

Tetranychus urticae ha desarrollado resistencia a los ingredientes activos abamectina, befentrina, piridaben, profenofos, cyflumetofen (Diaz *et al.*, 2020), endosulfán, propargite y fenpropatrin (Young *et al.*, 2004). Tabet *et al.* (2018), estableció que debido al mal uso de los acaricidas de origen químico para el control de los ácaros, se induce a la resistencia y contamina el medio ambiente. Se ha documentado la aparición de poblaciones resistentes atribuida a que *Tetranychus urticae* presenta un estilo de vida corto, alta tasa reproductiva y amplio rango de hospederos donde hiberna.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo se desarrolló en el municipio de Torreón (Figura 4), ubicado en la zona de la Comarca Lagunera, Coahuila de Zaragoza. El área se encuentra ubicado en la parte central de la región del norte de la República Mexicana, en los meridianos $102^{\circ}22'$ y $104^{\circ}47'$ y entre los paralelos $24^{\circ}22'$ y $26^{\circ}23'$, a una altura sobre el nivel del mar de 1,139 metros. La mayor parte de la región está conformada de zonas montañosas, abarcando una extensión de 47,980 Km². La región se caracteriza por tener un clima predominante árido y semiárido, en algunas ocasiones del año pueden presentarse estaciones de lluvias variables o escasas: la temporada de precipitaciones puede presentarse entre los meses de junio-agosto y parte de septiembre; su vegetación está conformada en mayor parte por matorrales y pastizales (INEGI, 2024).

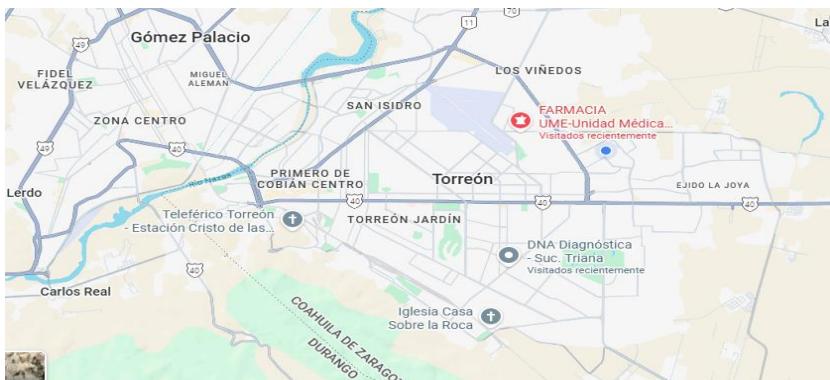


Figura 4. Ubicación del área experimental (INEGI, 2024).

Sitio del experimento

El experimento estableció en Torreón (Coahuila), el sitio experimental se ubicó en la colonia Valle Revolución (25.372° N, 103.448°). El área constó de un espacio de 4x4 metros, adaptado a las condiciones del experimento.

Establecimiento del experimento

El área experimental se estableció el 28 de marzo del 2025, iniciando con la aclimatación de 80 plántulas de chile serrano de 15 cm de altura con presencia de

cuatro hojas verdaderas. La preparación de las unidades de estudio se realizó en 40 bolsas de plástico negro (17ax15bx32h cm) tipo maceta, empleando un volumen de 5 kilos de sustrato húmedo formulada por una mezcla a base de arena, composta y peat moss (3:2:1). Las actividades de manejo se calendarizaron y registraron en bitácora.

El trasplante (31 de marzo) se efectuó dos días después de la aclimatación de las plántulas, utilizando una espátula desinfectada con hipoclorito de sodio al 5%; en cada maceta se establecieron dos plántulas distanciadas a 5 cm para lograr abundancia de follaje y en la parte superficial del sustrato se aplicaron 200 g de vermiculita. Una vez establecidas las plántulas, se les aplicó 1 ml de enraizador disuelto en agua a cada planta. Para la aplicación de lixiviado de lombriz sobre las plántulas, se diluyeron 40 ml de producto en un litro de agua y se aplicó a cada planta cada semana hasta la evaluación de los tratamientos.

Elección de los extractos vegetales

Para el experimento se eligieron órganos vegetativos para la preparación de los extractos naturales, resultando: cebolla (*Allium cepa*), ajo (*Allium sativum*), chile habanero (*Capsicum chinense*), hojas frescas de neem (*Azadirachta indica*), ruda (*Ruta graveolens*) y gobernadora (*Larrea tridentata*).

Infestación y colecta de especímenes

Se realizó una infestación de manera natural, exponiendo las plantas de chile serrano en sitios con presencia del ácaro *Tetranychus urticae*; una vez infestadas las plantas de chile, se colectaron los ácaros de manera directa utilizando un pincel de punta fina pelo de camello y frascos de vidrio de 100ml para depositar los especímenes capturados.

Preservación

Los ácaros recolectados fueron preservados en etanol al 96% para su posterior identificación taxonómica.

Análisis e identificación de especímenes

Los ácaros fueron observados y fotografiados utilizando un microscopio Luxeo 6z (Labomed®). Para la identificación de especímenes se utilizaron las claves taxonómicas de Krantz y Walter (2009) para géneros y para determinar la especie se siguieron las descripciones de Tutle *et al.* (1976); posteriormente se realizó un análisis molecular utilizando el gen Citocromo Oxidasa de la subunidad I (COI=Cox1) desarrollado para tipificar y corroborar la especie.

Determinación del índice de infestación

Se obtuvo una hoja infestada con *T. urticae* (Figura 5), fue colocada en una caja Petri y observada al microscopio para identificar la población de ácaros; verificando la presencia de infestación alta en el haz de la hoja y baja en el envés.

Se trazaron y cortaron tres áreas al azar de 1cm² sobre la hoja utilizando tijeras y pinzas de sujeción, para realizar el conteo de ácaros y al finalizar se obtuvo el promedio de (92 ácaros vivos) presentes en las 3 partes analizadas.

$$\% \text{ de Infestación} = \frac{\sum \text{Total de ácaros}}{\# \text{ Total de plantas}} = \frac{92}{40} = 2.3\%$$

Posteriormente se midió la hoja (longitudinal y transversal) para plasmar en dibujo las dimensiones reales.



Figura 5. Hoja infestada de ácaros.

Preparación de los extractos vegetales

Para obtener cada extracto vegetal, se trituraron en licuadora 7.50 g de follaje fresco de ruda, 10 g de hojas de neem, 50 g de frutos maduros de chile habanero tamaño medio, 28 g de ajo + 61 g de cebolla blanca y 15 g de hojas de gobernadora. Para cada solución acuosa de los extractos vegetales se utilizaron 300 ml de agua; posteriormente se filtró la solución mediante embudo, colador y papel filtro para retener las partes vegetativas fibrosas o residuos de frutos de mayor tamaño. Para la fermentación se empleó un volumen de 100 ml de etanol al 96% y se dejó reposar durante 24 horas.

Control positivo y aplicación de los extractos

Se vertieron 200 ml de cada extracto acuoso obtenido dentro del recipiente del nebulizador eléctrico, para emplearlo como control positivo *In Vitro* en el laboratorio de Parasitología. Se aplicó el extracto sobre hojas de una planta de chile serrano infestadas con ácaros, asperjando hasta punto de goteo. Al transcurrir 15 minutos después de la aplicación con cada extracto formulado, se extrajo una hoja para realizar una inspección bajo microscopio estereoscópico y contar la población postmorten de ácaros.

Diseño Experimental

Se seleccionaron al azar 15 plantas de chile serrano (\pm 10 hojas por planta) con alta infestación de ácaros *Tetranychus urticae*. Para la distribución de los bloques, se determinaron 5 tratamientos; para evaluar y determinar el efecto letal de los extractos se eligieron 3 repeticiones para cada tratamiento.

Se seleccionaron plantas con un promedio de 10 hojas infestadas de ácaros, a los que se les realizaron tres aplicaciones espaciadas con los extractos vegetales. Al transcurrir 24 horas después de la aplicación de cada tratamiento, se extrajeron dos hojas infestadas de cada planta y se depositaron en cajas Petri para ser observadas en estereoscopio y evaluar la letalidad de los extractos vegetales, se realizó el conteo post morten de ácaros vivos y muertos en el haz y envés de la hoja.

Aplicación de los extractos

Cada bloque fue etiquetado con sus tratamientos y repeticiones, a los que se realizaron tres aplicaciones de cada extracto (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos establecidos para el control de *Tetranychus urticae*.

EXTRACTO	TRATAMIENTO
Cebolla + ajo	1
Hojas de Neem	2
Frutos de chile habanero	3
Hojas de ruda	4
Hojas de gobernadora	5

La **primera aplicación** de los tratamientos se realizó el 29 de mayo del 2025 (11:00 am), utilizando equipo básico de protección (cubre bocas, lentes y guantes de látex). Para todos los tratamientos se determinó un gasto 125 ml de extracto por el efecto de la temperatura y corrientes de aire, los cuales fueron asperjados sobre las hojas de las plantas seleccionadas (Figura 6); la evaluación de la letalidad del extracto se realizó al trascurrir tres horas (2:00 pm) para realizar su conteo de ácaros vivos y muertos.



Figura 6. Aplicación de los extractos sobre plantas de chile serrano.

La **segunda aplicación** se efectuó el 30 de mayo 2025 (6:00am), estableciendo un gasto de 115 ml de extracto para cada tratamiento (Figura 7). El extracto fue asperjado sobre las hojas infestadas de las plantas *in situ*; trascurridos las tres

horas, se colectaron 2 hojas de cada planta tratada y se colocaron en frascos de vidrio cubiertos con malla tul para evaluar la letalidad en el laboratorio.



Figura 7. Muestra extraída posterior a la aplicación de los extractos vegetales.

La **tercera aplicación** y último conteo se realizó el 2 de junio del 2025 (7:00 am), se aplicaron los extractos sobre las repeticiones (Plantas de chile serrano) y después de 3 horas se colectaron las hojas para evaluar el efecto letal de los extractos asperjados; posteriormente se llevaron al laboratorio para evaluar la letalidad. Los conteos se realizaban después de cada aplicación y transcurrido el tiempo (3 horas), con el propósito de evaluar y tener un mejor resultado (Figura 8).



Figura 8. Conteo de ácaros después de las aplicaciones para determinar la letalidad de los extractos.

Porcentaje de Efectividad

Se utilizó la fórmula establecida por Megchun *et al.* (2023), para obtener el Porcentaje de Efectividad.

$$PE (\%) = \left(\frac{NIT - NITr}{NIT} \right) * 100$$

PE: Porcentaje de efectividad

NIT: Número de Individuos del Testigo

NITr: Número de Individuos del Tratamiento

Factor de Resistencia

Para determinar el índice o Factor de Resistencia se empleó la fórmula propuesta por Bielza (2005).

$$FR = \left(\frac{Población Resistente_{(DL50)}}{Población Sensible_{(DL50)}} \right)$$

FR: Factor de Resistencia (Población con FR ≥ 2 se considera resistente)

Población Resistente: Insectos vivos

Población Sensible: Insectos muertos

Análisis estadístico

Se empleó un diseño de Bloques al Azar, constituidos por 5 tratamientos y 15 unidades experimentales, para evaluar y determinar el efecto letal de los extractos. Cada bloque experimental estuvo conformado por un tratamiento (extracto vegetal) y 3 repeticiones (3 plantas-maceta de chile serrano). Para determinar el mejor tratamiento se empleó una comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.5$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de la plaga

Los ácaros colectados de las plantas infestadas fueron consistentes con las características morfológicas de la especie *Tetranychus urticae* (Figura X).

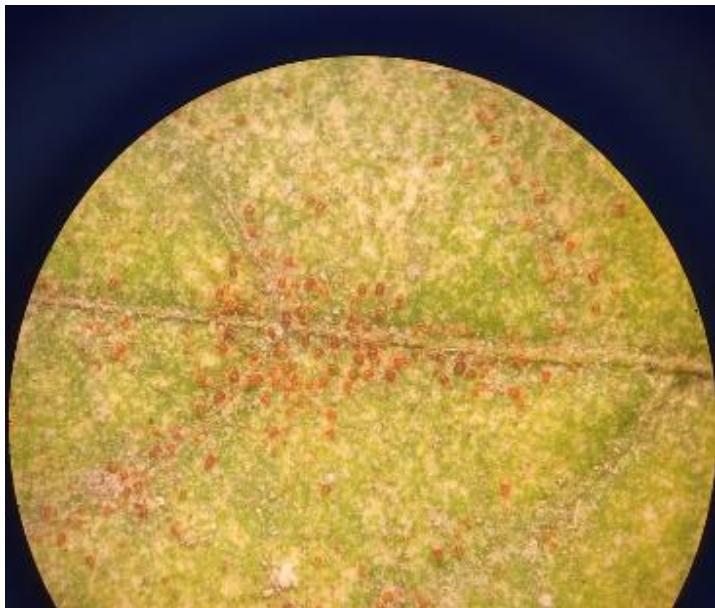


Figura 9. Infestación de ácaros en hoja de chile serrano.

La letalidad de los tratamientos se evaluó contabilizando el número de ácaros vivos y muertos (haz y envés), con los datos obtenidos se determinó el factor de resistencia para los cinco extractos evaluados. El factor de resistencia (**FR**) mide el porcentaje de letalidad que tiene el tratamiento sobre la plaga, un Factor de Resistencia alto (>1) indica una letalidad de control baja y existe mayor resistencia del acaro; un bajo porcentaje de resistencia (<1) indica que el tratamiento es eficaz (Bielza, 2005).

Primera aplicación

Se observó que los ácaros presentaron un efecto de calcinación por el efecto del extracto aplicado. El extracto de chile habanero obtuvo una letalidad de 77% y alcanzó el menor factor de resistencia (0.30), seguido del extracto de ruda (75%) y neem (72%). El extracto de cebolla + ajo obtuvieron la letalidad más baja (42%) por ser de efecto repelente (Tabla 2).

Tabla 2. Evaluación de efectividad en la primera aplicación para *T. urticae*.

Tratamientos	Acaros vivos	Acaros muertos	Factor de resistencia	Total	Acaros vivos %	Mortandad %	Muer/viv
Cebolla y Ajo	176	128	1.38	304	57.9	42.1	0.727
Neem	88	237	0.37	325	27.1	72.9	2.693
Chile Abanero	144	486	0.30	630	22.9	77.1	3.375
Ruda	177	547	0.32	724	24.4	75.6	3.090
Gobernadora	300	505	0.59	805	37.3	62.7	1.683

Segunda aplicación

La alta letalidad lo mantuvieron los extractos de chile habanero y ruda, con 78 y 77% respectivamente; estos tratamientos generaron el más bajo factor de resistencia (≤ 0.30). Los extractos de gobernadora y la mezcla de ajo + cebolla disminuyeron moderadamente su efecto letal $\leq 60\%$. Se observó que los ácaros se concentraban sobre el envés de las hojas, atribuido al efecto de repelencia del extracto y como mecanismo de protección del ácaro (Tabla 3).

Tabla 3. Evaluación de tratamientos para *T. urticae* (Segunda aplicación).

Tratamientos	Acaros vivos	Acaros muertos	Factor de Resistencia	TOTAL	Acaros vivos %	mortalidad %
Ajo y Cebolla	162	192	0.84	354	45.8	54.2
Neem	29	69	0.42	98	29.6	70.4
Chile Abanero	54	199	0.27	253	21.3	78.7
Ruda	21	71	0.30	92	22.8	77.2
Gobernadora	105	154	0.68	259	40.5	59.5

Tercera aplicación

El extracto obtenido de gobernadora presentó la mayor letalidad (78.6%) y el menor factor de resistencia (0.27), mostrando alta susceptibilidad de los ácaros a este tratamiento (Tabla 4). Los extractos de chile habanero y ruda mantuvieron su efectividad con un aumento moderado en el Factor de Resistencia ≥ 0.3 , como se observa en la tabla 5. Los resultados obtenidos concuerdan con Guerrero *et al.* (2024), quien manifiesta que los extractos formulados comercialmente tienen un efecto del 75% de letalidad.

Tabla 4. Tercera evaluación de tratamientos para el control de *T. urticae* (tercera aplicación).

Tratamientos	Trips vivos	Trips muertos	Factor de Resistencia	TOTAL	Trips vivos %	Mortandad %
Ajo y Cebolla	2	3	0.67	5	40.0	60.0
Neem	42	54	0.78	96	43.8	56.3
Chile Abanero	107	234	0.46	341	31.4	68.6
Ruda	37	78	0.47	115	32.2	67.8
Gobernadora	105	154	0.68	259	40.5	59.5

Los tratamientos a base de extractos de chile habanero y ruda mantuvieron su efecto letal constante en la primera y segunda aplicación. Todos los tratamientos elaborados a base de extractos vegetales mantuvieron un control mayor al 50% (Tabla 5), demostrando su potencial como alternativas sostenibles para el control del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae*.

La resistencia puede presentarse mediante antibiosis, antixenosis, tolerancia o por interacción entre varios mecanismos (Mota-Wise 2024). Durante el análisis estadístico se determinó que los extractos vegetales formulados a base de Ruda (*Ruta graveolens*), Neem (*Azadirachta indica*) y Chile habanero (*Capsicum chinense*), demostraron ser los tratamientos más efectivos en la reducción de la población de ácaros; alcanzando los valores más bajos de factor de resistencia y mostrando una tendencia constante en el incremento letal de cada aplicación.

La resina y los ácidos orgánicos del aceite de gobernadora tienen efecto repelente (Felix, 2028), en esta investigación el extracto de gobernadora alcanzó el 78% de letalidad. Los aceites de ajo contienen propiedades antifúngicas y sirven para repeler araña roja, trips y otros ácaros (Mendoza *et al.*, 2016). El tratamiento con ajo + cebolla presentó una letalidad limitada, evidenciada por un factor de resistencia ≥ 1 y una alta población de acaros tolerantes al extracto, lo que sugiere un posible efecto de repelecia y menor toxicidad de sus compuestos activos en el ácaro de dos manchas *T. urticae* (Tabla 5). Los resultados concuerdan con Fahim-Fathipour (2020), quien determinó que la antibiosis reduce de la capacidad productiva, al igual como la longevidad o estabilidad de los individuos; a diferencia de la antixenosis altera las pautas de comportamiento del acaro.

Tabla 5. Evaluación de resistencia en los tres muestreos.

Tratamientos	Primer muestreo		Segundo muestreo		Tercer muestreo		Total Acaros vivos	Total Acaros muertos	Factor de Resistencia
	Acaros vivos	Acaros muertos	Acaros vivos	Acaros muertos	Acaros vivos	Acaros muertos			
Ajo y Cebolla	176	128	162	192	2	3	340	323	1.052
Neem	88	327	29	69	42	54	159	450	0.353
Chile Abanero	144	486	54	199	107	234	305	919	0.331
Ruda	177	547	21	71	37	78	235	696	0.337
Gobernadora	300	505	105	154	56	206	461	865	0.532

Las plantas contienen sustancias activas específicas para contralar plagas objetivo por el contenido de sus toxinas (Molina y Chavez, 2022). Los resultados obtenidos confirman que las aplicaciones constantes incrementan o mantienen la efectividad de los extractos vegetales; los tratamientos con Ruda, Neem y Chile habanero representan alternativas sostenibles para el control biológico de ácaros, reduciendo la necesidad del uso de plaguicidas sintéticos.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman que los tratamientos a base de extractos botánicos de chile habanero (*Capsicum chinense*) y ruda (*Ruta graveolens*) ejercen un control de efectividad alto (67-78% letalidad) en la primera y segunda aplicación. El extracto de Neem (55-72%), gobernadora (50-78%) se pueden intercalar en la tercera aplicación; la mezcla a base de ajo+cebolla mantiene el control bajo (42-60%) de las poblaciones de ácaros por sus efectos repelentes y de contacto. Todos los tratamientos son alternativas sostenibles para el control biológico de *Tetranychus urticae*, reduciendo la necesidad del uso de plaguicidas sintéticos.

Se acepta la hipótesis nula (H_0), al determinar el alto efecto letal de las sustancias activas que contienen los extractos botánicos evaluados para el control de *Tetranychus urticae*.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguirre, H.E. y Muñoz, O.V. (2025). El chile como alimento. *Academia Mexicana de Ciencias*, 17:16-23
- Badii, M.H., E. Hernández, A.E. Flores and Landeros, J. (2004). Prey stage preference and functional response of *Euseius hibisci* to *Tetranychus urticae* (Acar: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Expl. Appl. Acarology*, 34: 263-273.
- Becerra-Martínez, E., Florentino-Ramos, E., Pérez-Hernández, N., Zepeda-Vallejo, L. G., Villa-Ruano, N., Velázquez-Ponce, M., García-Mendoza, F., and Bañuelos-Hernández, A. E. (2017). 1H NMR-based metabolomic fingerprinting to determine metabolite levels in serrano peppers (*Capsicum annuum L.*) grown in two different regions. *Food Research International*, 102:163-170.
- Bielza, P. (2005). La resistencia a insecticidas en *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Phytohemeroteca*, 173 p.
- Blog de Agricultura. (2025). Etapas fenológicas del chile: guía completa para agricultores en América Latina. En línea: <https://agronoblog.com/etapas-fenologicas/etapas-fenologicas-del-chile-guia-completa-para-agricultores-en-america-latina/>
- CABI. (2018). *Tetranychus urticae* (two-spotted spider mite). En línea: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.53366>
- Cano, M. R. y Rodriguez, A. J. (1989). Caracterización del fruto de cinco cultivares de zarzamora erecta (*Rubus* spp). Memorias Congreso Nacional SOMECH. III, pp.31-33
- Carretero, A. M. (2000). Taninos y panorama actual. *Medicina*. En línea: https://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/chataing/Cursos/productos_naturales/taninos.pdf
- Certis B. (2025). Manejo de resistencias en el control de *Tetranychus urticae* en cítricos. En línea: <https://certisbelchim.es/manejo-de-resistencias...>

- Chen, A. A. (2017). Adaptation to toxic hosts as a factor in the evolution of insecticide resistance. *Current Opinion in Insect Science*, 21: 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.04.006>
- Devine, G. J., Barber, M., and Denholm, I. (2001). Incidence and inheritance of resistance to METI-acaricides in European strains of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Acari: Tetranychidae). *Pest Management Science*, 57(5):443-448. <https://doi.org/10.1002/ps.307>
- Díaz, A. K., Rodríguez, M. J., Lagunes, T. A., Aguilar, M. S., Tejeda, R. M. and Silva, A. G. (2021). Resistance to abamectin in field population of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) associated with cut rose from state of Mexico. *Florida Entomologist*, 102(2): 428-430. URL: <https://doi.org/10.1653/024.102.0222>
- Dubey, N. K., Et al. 2011. "Escenario global sobre la aplicación de productos naturales en programas integrados de manejo de plagas. En: Dubey NK. Ed. Productos naturales en el manejo de plagas de plantas. Londres, Reino Unido". CAB International: 1-20.
- Edel, P. L. (2012). Plaguicidas botánicos: una alternativa a tener en cuenta. *Fitosanidad*, 16(1): 51-59. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209125190002.pdf>
- Estébanes-González, M. L. y Rodríguez-Navarro, S. (1998). Algunas especies de ácaros depredadores (Acari: Phytoseiidae) y sus presas (Acari: Tetranychidae, Eriophyidae) en cultivos de importancia económica en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 102: 77-79.
- Fahim, S. F., and Fathipour, M.-S. (2020). Life table parameters of *Tetranychus urticae* on four strawberry cultivars. *Persian Journal of Acarology*, 9(1):43-56. <https://doi.org/10.22073/pja.v9i1.54771>
- Felipe, R. A. (2003). Tipificación del daño de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en plantas de pimentón cv California Wonder. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" (UCLA). 33 p.

Felix, I. (2018). Uso de la planta gobernadora en la Agricultura. FAGRO. En línea: <https://blogdefagro.com/informacion/utilizando-extracto-gobernadora/#:~:text=Se%20ha%20demostrado%20actividad%20anti%20f%C3%BAngica%20in%20vitrino.&text=Las%20resinas%20derivadas%20de%20la,cuenta%20con%20el%20certificado%20OMRI>.

FIRA. (2012). Producción nacional. En línea: <http://www.inforural.com.mx/spip>

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L., Baptista, G. C. de, Berti Filho, E., Parra, J. R. P., Zucchi, R. A., Alves, S. B., Vendramim, J. D., Marchini, L. C., Lopes, J. R. S., & Omoto, C. (2002). *Entomología agrícola-FEALQ*, Brasil. 469 p.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira, N.S., Pereira, R. L, Casadey, B. G., Berti, F. E., Postali, P. J., Zucchi, R., Batista, A. 5. Y Omoto, C. (2002) Manual de Entomología Agrícola. 2a. edit. Fundación de estudios Agrarios, Biblioteca de documentación de ciencias Agrarias, Brasil. 469 P.

García, F., Llórens, J. y Costa, J. (2014). *Sanidad y producción vegetal*. En línea: <https://sanidadyproteccionvegetal.com/arana-roja-de-leguminosas/>

García, G. T. (2021). Fenología y calidad del fruto en cultivares de chile (*Capsicum* spp.). *Fitotecnia Mexicana*, 44(3): 357-365.

Georghiou, G. P. (1965). Genetics studies on insecticide resistance. *Advanced Pest Control Resesarch*, 6: 171.

Gillet, E. (2022). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos*. INIFAP. https://www.gob.mx/.../Extractos_vegetales.pdf

González, T. G. (2021). Análisis económico y rendimiento de tres híbridos de chile. *Revista Internacional de Horticultura*, 5(1). <https://medcraveonline.com/HIJ/>

Goodwin. S.B., L.S Sujkoski and Fry, W. E. (1995). Rapid Evolution of pathogenicity within clonal lineages of the potato late blight disease fungus. *Phytopathology*, 85: 669-678. <https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2025.32.1595>

- Infoagro. (2024). Características de la araña roja (*Tetranychus urticae*). En línea:
<https://mexico.infoagro.com/caracteristicas-de-la-arana-roja-tetranychus-urticae/>
- INIFAP. (2020). Manuales Prácticos para la elaboración de Bio insumos: 10. Elaboración de Extractos Vegetales. Secretaría de Agricultura.32 p.
- Jeppson, L.R, Baker, EW y Keifer, HH (1975) Ácaros perjudiciales para las plantas económicas. University of California Press, Berkeley. 614 p.
- Long, T. J. (2010). Los senderos prehispánicos del *Capsicum*. En J. Long Towell & A. Attolini Lecón (Coords.). *Caminos y mercados de México* UNAM-INAH. pp. 79-106.
<https://historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/caminosymercados/cm000.pdf>
- Matsumura, F.; Voss, G. (1964). Mechanism of malathion and parathion resistance in the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Journal of Economic Entomology*, 57: 911-917.
- Medina-Morales, M. A., Dávila-Medina, M. D., Flores-Olivas, A., & Cruz-Requena, M. (2025). *Extractos de plantas: Un compendio de moléculas para la mejora de la agricultura del presente y del futuro*. Revista Digital Internacional de Ciencia Tecnología, 32, Artículo 1595.
- Megchun G.J., Castañeda C.M., Lucho-Constantino, G.G. (2023). Monitoreo de las poblaciones de insectos plaga en limón Persa por efecto del neem *Azadirachta indica*. *Revista Iberoamericana de Ciencia y Cambio Climático*, 9(17): 2129-2139.
- Mendoza E.M., Rodríguez, P.G., Guevara, A. L., Andrio, E.E., Rangel, L.J., Rivera, R.J., y Cervantes, O.F. (2016). Bioinsecticidas para el control de plagas de almacén y su relación con la calidad fisiológica de la semilla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7):

- Miranda, M. F. (2020). *Cambios fisiológicos y extracción de capsaicinoides en frutos de chile serrano durante su desarrollo y poscosecha*. Tesis licenciatura UACH. 131 p.
- Molina, Z.L. y Chávez, D.I. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13 p.
- Moreno-Guerrero, D. E., Ramírez-Olvera, S. M., Ojeda-Salgado, H. L., Pérez-Mercado, C. A., & Trejo-Téllez, L. I. (2024). Extractos vegetales en el crecimiento y concentración nutrimental de hojas de lechuga (*Lactuca sativa*). *Biotecnia*, 26. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.1929>
- Moreno-Jiménez, A., Loza-Cornejo, S., y Ortiz-Morales, M. (2017). Efecto de la luz Led sobre semillas de *Capsicum annuum* L. var. serrano. *Biotecnología Vegetal*, 17(3):145-151.
- Mota-Sánchez, D. y Wise, J.C. (2020). Base de datos de resistencia de artrópodos a pesticidas. Universidad Estatal de Michigan. En línea: <http://www.pesticideresistance.org>
- Muñoz, R. J. (2004). Manejo del cultivo de pimiento en invernadero. En: Castellanos, J. Z. (Ed.). Manual de producción hortícola en invernadero, 2da. Edición. Intagri. México. pp. 257-281.
- Nee, M. (1986). *Solanaceae I* (Fascículo 49). En T. H. Nicolson Jr. (Ed.), *Flora de Veracruz*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB).
- Ochoa, R., Aguilar, H. y Vargas, C. (1994). *Phytophagous mites of Central America An illustrated guide*. Turrialba, CR-CATIE. 234 p.
- Pereira, V., Figueroa, O. and Casthilo, C.P. (2024). Flavonoids as Insecticides in crop Protection- A Review of current Research and Future Prospects. *Plants*, 13(6): 776 <https://doi.org/10.3390/plants13060776>

- Pozo, O. (1981). Descripción de tipos y cultivares de chile *Capsicum* spp. en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos, INIA. Folleto Técnico # 77. México. 40 p.
- Regev, S. and Cone, W.W. (1980). The monoterpene citronellol as a male sex attractant of the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Journal of Environmental Entomology*, 9:50-52.
- Reséndiz-García, B., & Castillo-Olivas, O. (2018). *Biología del ácaro de dos manchas Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) en laboratorio en Chapingo, Estado de México. Acarología y Aracnología*, (5): 40-45. ISSN 2448-475X.
- Rivas, R. O. (2019). Etapas fenológicas del cultivo del chile. <https://blogdefagro.com/informacion/>
- Salunkhe D.K.- Kadam S.S. (2003). Tratado de ciencias y tecnología de las hortalizas: El pimiento. Editorial: ACRIBIA, S.A. Zagarroza, España. Pp. 203-222.
- Sánchez, J.A. (2024). Saponinas: potencial en agricultura y control biológico. En línea: <https://es.linkedin.com/pulse/>
- Sánchez, V.M. (1998). *Apuntes de la materia Manejo Integrado de Plagas*. Maestría en Parasitología Agrícola. 71 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2024). *Panorama agroalimentario*. En línea: <https://online.pubhtml5.com/rsarc/ywrn/GobiernodeMéxico+1>
- Tabet V. G., Vieira, M. R., Martins, G. L. and De Sousa C.G. (2018). Plant extracts with potential to control of two-spotted spider mite. *Arquivos do Instituto Biológico*, 85: e0762015. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000762015>
- Taniagoshi, L., and Davis, R. (1978). Ultrastructural study of *Tetranychus mcdanieli* feeding injury. *International Journal of Acarology*, 4: 47-56.

- Vibrans, H. (2009). *Capsicum annuum*. CONABIO. En línea:
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/>
- Yang, X., Margolies, D.C., Zhu, K.Y. and Buschman, L.L. (2001). Host plant-induced changes in detoxification enzymes and susceptibility to pesticides in the twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 94: 381-387.
- Young-Joon, K., Si-Hyeock, L., Si-Woo, L. and Young-Joon, A. (2004). Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest Management Science*, 60: 1001-1006.
- Zarate, C.A. (2015). Estrategias en el Cultivo de Pimiento. Horticultura Protegida Intagri-UAL, 1(1): 35.
- Zhang, Z.Q. (2003) Ácaros de invernaderos: identificación, biología y control. CABI Publishing, Cambridge, Reino Unido. 244 pp.