

Ácaros asociados al maíz en México

Martha Patricia Chaires-Grijalva^{1,2}

Ana Karen Serrano-Domínguez¹

Juana María Coronado-Blanco^{1§}

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas-Centro Universitario Victoria. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. CP. 87149. (mapatcg@gmail.com; akserranod@outlook.com). ²Estancia posdoctoral-CONACYT.

§Autora para correspondencia: jmcoronado@docentes.uat.edu.mx.

Resumen

Para México, el maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos con mayor importancia cultural y económica. Uno de los problemas que disminuyen su producción es la presencia de plagas primarias, que al ser controladas con insecticidas químicos contribuyen a la aparición de otras consideradas secundarias, como los ácaros. En el cultivo de maíz se han registrado nueve especies de ácaros que pertenecen a las familias Acaridae y Tetranychidae y una especie sin identificar de Iolinidae. Las especies con un amplio registro de distribución pertenecen a los géneros *Oligonychus* y *Tetranychus*, pertenecientes a la familia Tetranychidae, principalmente de hábitos fitófagos. En plantas infestadas se observa un aspecto blancuzco o bronceado del follaje. Las poblaciones económicamente importantes aparecen durante junio, julio y agosto, particularmente si el clima es cálido y seco. La mayor afectación al rendimiento se presenta cuando los ácaros dañan las hojas en o arriba del nivel de la mazorca. Las etapas del cultivo donde se cuantifican más daños son al inicio de la floración y llenado de grano, ya que la presencia de altas poblaciones de ácaros en estas etapas provoca que se produzcan mazorcas raquílicas con granos pequeños debido a la deshidratación que causan. Como estrategias de manejo se pueden utilizar las prácticas culturales, mejoramiento del cultivo, enemigos naturales y como último recurso los acaricidas. Por lo anterior, esta revisión de especies de ácaros que son considerados como plaga en uno de los cultivos más importantes de México, tiene como objetivo exponer diferentes aspectos biológicos y ecológicos importantes en la interacción ácaro-maíz.

Palabras clave: Acaridae, follaje, importancia económica, Iolinidae, Tetranychidae.

Recibido: noviembre de 2021

Aceptado: diciembre de 2021

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) tuvo su origen en México, de donde se difundió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta Argentina. La evidencia más antigua de su existencia data de unos siete mil años y fue encontrada por arqueólogos en el Valle de Tehuacán, Puebla. El maíz se considera como el cultivo más tradicional e importante en la economía y cultura de los pueblos mesoamericanos, ya que crea fuentes de trabajo y es el alimento primordial e insustituible de la mayoría de las familias mexicanas (González, 2004; DGSV-CNRF, 2020).

Desde el momento de la siembra, el maíz está expuesto al ataque de numerosas plagas. Las condiciones ambientales, preparación del terreno, rotación de cultivos, y el control de malezas se encuentran entre los diversos factores que influyen en la aparición de plagas y enfermedades en el cultivo. En México se han registrado 75 especies de plagas asociadas al maíz, clasificadas según el daño que provocan, así encontramos plagas en raíz, follaje, mazorca, y grano (Sifuentes, 1985; Ortega, 1987). Algunas de ellas, eran consideradas como plagas secundarias; sin embargo, han pasado a ser catalogadas como primarias porque ocasionan pérdidas económicas en el cultivo, esto sin duda como resultado del manejo intensivo y malas prácticas agrícolas (CESAVEM, 2015).

Los ácaros eran considerados plagas secundarias a pesar de su asociación con cultivos desde el inicio de la agricultura hace aproximadamente 12 000 años en registros históricos (Badii y Abreu, 2006), debido a que eran reguladas por sus enemigos naturales. Sin embargo, el uso irracional de los plaguicidas sintéticos orgánicos de amplio espectro utilizados a partir de la Segunda Guerra Mundial, intervinieron en forma negativa y ocasionaron un desequilibrio en el balance natural entre las poblaciones de depredadores y presas (Badii *et al.*, 2010).

Los ácaros plaga causan daños severos a las plantas cultivadas, al alimentarse de los diferentes órganos de los vegetales, establecer y aumentar sus poblaciones en sus huéspedes. La presencia de estos organismos tiene un impacto negativo en la producción y rendimiento. Para su control se han aplicado diferentes acaricidas, mismos que provocan serios problemas de resistencia, especialmente en especies del género *Tetranychus* (Stavrínides *et al.*, 2010), por su uso continuo además de eliminar la fauna benéfica en el agroecosistema, lo cual ha generado que se busquen diferentes estrategias de control basadas principalmente en un sistema de Manejo Integrado de Plagas (Lomelí y Rodríguez, 2010; Rodríguez, 2012).

Importancia de los ácaros fitófagos

Para los ácaros que se alimentan de plantas, la relativa estabilidad de su ambiente y la durabilidad de su fuente de alimento los ha llevado a ciertos patrones comunes de estilos de vida. Suelen ser multivoltinos (con varias generaciones al año), con alta tasa reproductiva y en general no practican foresia como medio de transporte, sino que se desplazan principalmente auxiliados por las corrientes de viento (Krantz y Lindquist, 1979; Otero, 2012).

La mayoría de los ácaros fitófagos pertenecen al orden Trombidiformes, suborden Prostigmata, tienen un aparato bucal (Gnatosoma) adaptado para alimentarse de las plantas, en donde las bases de los quelíceros se han fusionado y el dedo móvil se ha transformado en estilete adaptado para punzar la epidermis de las plantas (Figura 1). Los ácaros del género *Tetranychus* rompen el tejido epidérmico, remueven el contenido celular, destruyendo las células del parénquima en empalizada y el esponjoso, esto destruye los cloroplastos, que se traduce en disminución de la tasa fotosintética, de la conductancia estomática y de la transpiración, afectándose el crecimiento, desarrollo y la

Acarofauna asociada al maíz

Se han registrado para México tres familias de importancia económica: Acaridae, Iolinidae y Tetranychidae (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de ácaros asociados al maíz en México.

Familia género y especie	Estado/región	Sitio				Referencia
		Sin datos	Follaje	Raíz	Granos	
Acaridae						
<i>Sancassania berleseii</i> (Michael, 1903) **	Ciudad de México		X			11
<i>S. mycophaga</i> (Mégnin, 1874) **	Campeche, Ciudad de México, Morelos		X			11
<i>Tyrophagus putrescentiae</i> Scharnk, 1871*	Ciudad de México, Guanajuato, Morelos, Puebla		X	X		11
Iolinidae						
<i>Pronematus</i> sp.	Ciudad de México, Morelos		X			11, 12
Tetranychidae						
<i>Bryobia praetiosa</i> (Koch, 1836)	Sin datos		X			10, 14
<i>Oligonychus</i> spp.*	Aguascalientes, Ciudad de México, Coahuila, Estado de México, Jalisco, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Sur de México		X			1-9, 11, 13-15
<i>O. mexicanus</i> (McGregor y Ortega, 1953) *	Aguascalientes, Coahuila, Estado de México		X			1, 8, 11, 14
<i>O. pratensis</i> (Banks, 1912) *	Coahuila, Morelos, Puebla		X			4, 7, 13-15
<i>O. stickneyi</i> (McGregor, 1919) *	Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala		X			2, 3, 7, 8, 11, 14
<i>O. zea</i> (McGregor, 1955)*	Sur de México		X			5, 14
<i>Tetranychus</i> spp.*	Coahuila		X			8-10, 12
<i>T. urticae</i> Koch, 1835*	Coahuila, Sinaloa, Tamaulipas‡, Veracruz		X			8, 10, 12, 16
Total especies			1	6	3	1

*= plaga primaria; **= plaga secundaria; ‡= nuevo registro, presente trabajo. 1) McGregor y Ortega (1953); 2) Pritchard y Baker (1955); 3) Beer y Lang 1958; 4) Baker y Pritchard (1962); 5) Estébanes-González y Baker (1968); 6) Tuttle, Baker and Abbatiello (1974); 7) Tuttle, Baker *et al.* (1976); 8) McGregor y Gutiérrez (1983); 9) Ortega (1987); 10) Estébanes y Rodríguez-Navarro (1991); 11) Rodríguez-Navarro (1999); 12) Hoffmann y López-Campos (2000); 13) Reséndiz y Aguillón-Trejo (2009); 14) Estébanes (2010); 15) Reséndiz-García y García-Severiano (2016); y 16) Rodríguez-Escobar *et al.* (2021).

Cinco especies de ácaros fitófagos son comunes en el cultivo del maíz, la mayoría se encuentran en follaje: *Oligonychus mexicanus*, *O. pratensis*, *O. stickneyi*, *O. zaeae* y *Tetranychus urticae* (Figura 3) (Rodríguez-Navarro, 1999; Reséndiz y Aguillón-Trejo, 2009), las especies del género *Oligonychus* tienen una mayor cantidad de registros de distribución en los estados de la República Mexicana (Cuadro 1).

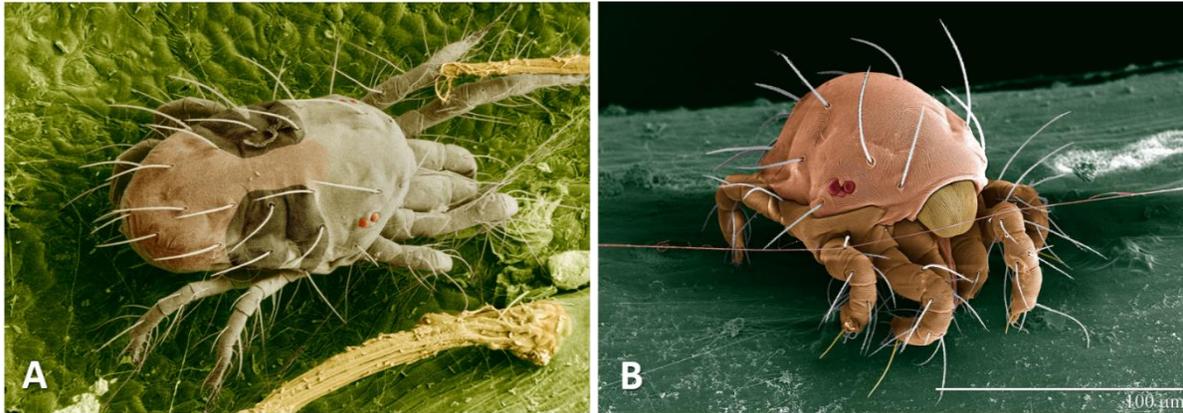


Figura 3. Ácaros tetraníquidos en maíz. A) *Tetranychus urticae*, hembra y B) *Oligonychus* sp., ninfa.
Fotografías proporcionadas por Ronald Ochoa, Systematic Entomology Laboratory, USDA.

Cabe mencionar que se revisó la base de datos de acceso libre Spider mites web: (<http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/index.php>) en la que se enlistan ocho especies más del género *Tetranychus* [*T. desertorum* Banks (1900), *T. gloveri* Banks (1900), *T. kanzawai* Kishida, (1927); *T. ludeni* Zacher (1913), *T. marianae* McGregor (1950), *T. pacificus* McGregor (1919), *T. turkestanii*; Ugarov y Nikolskii (1937) y *T. yusti* McGregor (1955)] y una especie del género *Oligonychus* [*O. afrasiaticus* (McGregor, 1939)] asociadas al maíz en México, pero al revisar los artículos originales y cotejar los registros de distribución, dichas especies no corresponden al hospedero vegetal antes mencionado, por lo que estos registros no tienen validez. En este trabajo se registró por primera vez a *Tetranychus urticae* asociada al cultivo de maíz en el estado de Tamaulipas.

Los ácaros pueden dañar el maíz desde la etapa de plántula hasta la madurez (CESAVEG, 2012). Sin embargo, la aparición de los ácaros fitófagos se concentra principalmente en la última etapa del desarrollo vegetativo y en casi toda la etapa de la floración. *O. pratensis* es predominante al principio de la temporada de crecimiento, mientras que *T. urticae* y *O. mexicanus* se extiende toda la temporada de crecimiento y floración. Es importante establecer que las especies señaladas como comunes en el cultivo del maíz, se alimentan principalmente de especies de gramíneas y difieren en su susceptibilidad y resistencia a los insecticidas, situación que ha ocasionado dificultades en su manejo y control (CESAVEM, 2015).

Cabe mencionar, que *T. urticae* tiene más de 900 hospederos a nivel mundial, algunos ejemplos son algodón, frijol, fresa, cítricos, clavel, almendra, rosa y nuez, además en invernaderos ataca a pepino, tomate, berenjena y chile, por lo que es sin duda una de las especies más importantes en la agricultura a nivel mundial (Badii *et al.*, 2010; Migeon y Dorkeld, 2020).

Síntomas y daños por ácaros

En el follaje infestado por estos ácaros fitófagos, se observó un aspecto blancuzco o bronceado. Las hojas ligeramente infestadas muestran manchas o erupciones pálidas transparentes (Figura 4A). Las colonias de tetránquidos se presentan generalmente en el envés de las hojas, produciendo manchas largas que se extienden desde la vena central hacia los bordes, o aparecen dispersas en la lámina foliar, con poca producción de telaraña (Salas, 1978). Cuando las colonias son grandes y abundantes el follaje se observa recubierto del tejido sedoso sobre el cual los ácaros caminan (Figura 4B) (García-Martell *et al.*, 1981). Consecuentemente, la planta tiene menos clorofila a su disposición para el crecimiento y pierde el equilibrio fisiológico; en infestaciones severas, las plantas quedan improductivas.



Figura 4. A) síntomas y daños por ácaros en hojas de maíz; y B) colonias de *Tetranychus urticae* en follaje.

Las poblaciones económicamente importantes aparecen durante junio, julio y agosto; particularmente si el clima es caliente, ventoso y seco. Los efectos sobre el rendimiento son más severos cuando los ácaros dañan las hojas en o arriba del nivel de la mazorca. Las infestaciones severas se parecen al estrés por sequía ya que el daño progresa de la base de la planta hacia arriba (CESAVEG, 2012). El incremento en las poblaciones de tetránquidos puede llegar a ocasionar pérdidas económicas considerables; principalmente cuando la planta se encuentra a inicio de floración y llenado de grano. Bajo estas condiciones, la deshidratación que se causa al follaje por la alimentación del ácaro se aúna al calor y ocasiona un desarrollo raquíutico de la mazorca con granos pequeños y un peso menor, con pérdidas estimadas hasta de 50% (Ortega, 1987; Metwally *et al.*, 2014).

En lo que respecta a los ácaros astigmatinos (Acaridae), muchas especies infestan las partes subterráneas (raíces) y ocasionalmente las hojas de diversas plantas (Otero, 2012), atacan principalmente partes que previamente presentan daño mecánico o han sido atacadas por hongos. Ha sido tema de discusión si los daños observados son realmente causados por estos ácaros, hongos patógenos o saprófagos, así como el posible papel de estos ácaros en la epidemiología de las enfermedades fúngicas de las plantas atacadas (Díaz *et al.*, 2000). La calidad y el rendimiento del maíz ensilado también pueden disminuir debido a la alimentación de los ácaros, principalmente por ácaros de granos almacenados de esta familia (Rodríguez-Navarro, 1999).

Los ácaros de la familia Iolinidae tienen una amplia variedad de hábitos alimentarios, que van desde depredación y micofagia hasta parasitismo (Walter *et al.*, 2009). Muchos iolínidos viven en las plantas, pero se supone que no se alimentan de ellas, sino que son depredadores de pequeños artrópodos (Van de Velde *et al.*, 2021) o se alimentan de hongos o detritos que se encuentran sobre las hojas o los tallos. Otros en cambio se consideran fitófagos, pero en todos los casos las observaciones son discordantes y no hay acuerdo respecto a cuál es verdaderamente su alimento (Lindquist, 1998).

Biología y comportamiento

Familia Acaridae

La familia Acaridae, está incluida en la cohorte Astigmatina del orden Sarcoptiformes (Lindquist *et al.*, 2009). Es un grupo enormemente diversificado que incluye especies parásitas, saprófagas, granívoras, micófagas, entre otras. Como característica relevante, la mayor parte de estos ácaros tiene quelíceros cortos, quelados, de dos artejos, con el artejo basal muy globoso y con fuertes músculos que les permiten alimentarse de partículas sólidas, en las especies de vida libre el tipo de alimentación puede considerarse masticador (Norton, 1998).

El ciclo biológico de los acarídidos incluye las fases típicas del desarrollo de los ácaros: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa, tritoninfa y adulto, pero en este grupo la deutoninfa difiere considerablemente, pues se trata de una fase heteromórfica (de resistencia), más esclerosada que el resto de las otras fases, con gnatosoma reducido, no funcional, por lo que no se alimenta y generalmente es forética (utiliza a otros animales de talla mayor para trasladarse de un lugar a otro) (O'Connor, 2009).

Una de las especies de importancia económica en esta familia es *T. putrescentiae*, la cual desarrolla su ciclo biológico en 8.46 días, a una temperatura de 32 °C y una humedad relativa de 60-90% (Hughes, 1976; Zhang y Fan, 2005), en regiones semitropicales y tropicales. Esta especie se puede considerar como plaga secundaria en un cultivo, pero en granos almacenados puede ser plaga primaria (Rodríguez y Estébanez, 1998). En el cultivo del maíz *Sancassania berleseii* y *S. mycophaga* se encuentran en las raíces, donde la humedad es relativamente más alta que en otra parte de la planta, ahí se puede alimentar de raíces que previamente han sido dañadas por hongos y bacterias, aunque algunas veces también se pueden alimentar de los nemátodos ahí presentes (Bilgrami, 2008; Aguilar-Marcelino, 2015).

Familia Iolinidae

En la familia Iolinidae los quelíceros están fusionados en su base o están separados, pero no tienen un amplio movimiento entre sí. Son quelados pero el dedo fijo suele ser bastante más corto que el dedo móvil, por lo que no forman una verdadera tenaza y el dedo móvil actúa por sí solo, como un punzón (Walter *et al.*, 2009).

En el caso de *Pronematus* sp., ha sido reportado como depredador de otros ácaros y pequeños artrópodos, por lo que no se descarta que su presencia se deba a que se alimenta de las poblaciones de tetraníquidos que pueden ser muy abundantes en el follaje (Gerson *et al.*, 2003). Metwally *et al.* (2014) mencionan a *P. ubiquitus* McGregor como un depredador activo sobre el follaje del maíz durante cuatro meses, interactuando con otros depredadores de la familia Phytoseiidae.

Familia Tetranychidae

Los ácaros tetraníquidos se caracterizan por poseer quelíceros de dos artejos, que forman una estructura denominada estilóforo, donde los artejos basales están fusionados entre sí y los artejos distales son muy largos y curvados (miden 130 μm desde la parte curvada hasta la punta) y se proyectan junto con el estilóforo para perforar a las plantas que les sirven como alimento (Jeppson *et al.*, 1975; De Moraes y Flechtmann, 2008).

Por su gran tamaño, los quelíceros pueden alcanzar capas del parénquima en empalizada cuando los ácaros se alimentan en el haz o el parénquima esponjoso cuando los ácaros se alimentan en el envés (De Moraes y Flechtmann, 2008). Las células perforadas mueren y pueden provocar la muerte de células adyacentes al quedar aisladas de otras. Como resultado de altas infestaciones de estos ácaros se forman manchas cloróticas, necróticas o las plantas toman aspecto bronceado, como quemadas. Durante las horas más cálidas del día se ven marchitas y el daño acumulado puede provocar defoliación o muerte de las plantas (Almaguel y Estrada, 2012).

La reproducción es un aspecto clave en la importancia económica de los tetraníquidos, estos se destacan por su rápido desarrollo, alta fecundidad y por el hecho de que muchas especies producen abundante telaraña, la que les sirve como protección y medio de transporte (Saito, 2010). La reproducción en la mayoría los tetraníquidos es haplo-diploide, las hembras son producidas; a través, de la reproducción sexual y los machos por partenogénesis arrenotoca. Esto permite que, si una hembra llega sola a poblar un sitio nuevo, el poder producir machos permite incrementar rápidamente la población. Por lo tanto, el tipo de reproducción, la intensa presión de selección provocada por el control químico y acaricidas, en el ácaro de dos manchas (*T. urticae*), potencializan el desarrollo de resistencia genética a acaricidas en un tiempo comparativamente corto (Villegas-Elizalde *et al.*, 2010; Mitina *et al.*, 2021).

Estrategias de manejo

Los problemas causados por ácaros requieren mejores prácticas de manejo, las cuales pueden ir desde prácticas culturales, mejoramiento del cultivo, uso de enemigos naturales (principalmente depredadores) y como último recurso el uso de acaricidas (Almaguel y Estrada, 2012).

Un tratamiento preventivo es un manejo del cultivo adecuado para las condiciones de cada variedad de maíz. Como los ácaros tetraníquidos sobreviven mejor en temperaturas elevadas (> de 30 °C) y un ambiente seco, se recomienda mantener el suelo húmedo, para mantener la temperatura lo más bajo posible y un cierto grado de humedad (Badii *et al.*, 2010). La realización de un riego ayuda a disminuir la población de ácaros que aparece como problema desde la floración del cultivo (CESAVEG, 2012).

El momento oportuno para realizar el control es cuando se detectan las primeras telarañas en las hojas maduras de la parte inferior del maíz. Es muy apropiado que no se alarguen los riegos, como por ejemplo el primer riego auxiliar se debe de dar entre los 45-50 días después de la siembra (durante el término de la etapa de desarrollo inicial e inicio del desarrollo vegetativo), el tercer riego de auxilio entre los 80-85 días (durante el inicio de floración) (CESAVEG, 2012).

Otro método de control consiste en labrar la tierra. Este método ayuda a reducir la población de hembras invernantes en el suelo, así como eliminar malezas, ya que estas actúan como hospederos alternos que proporcionan alimento y refugio para algunas plagas (Bolaños-Espinoza *et al.*, 2001), además de la labranza, es recomendable la destrucción de hospederos alternativos y residuos o rastrojos, así como la sanitación o higiene del cultivo (CESAVEG, 2012).

Una herramienta para el control de ácaros fitófagos en este cultivo, lo constituye el uso de variedades de plantas resistentes (Tadmor *et al.*, 1990), la cual ha sido reportada para muchos cultivos (Archer *et al.*, 1990; Flexner *et al.*, 1991).

La resistencia de la planta hospedante debe ser un componente integral en el control de plagas de artrópodos, por sus características de durabilidad e inocuidad (Álvarez-Gil, 2015). Maíces resistentes a infestaciones de ácaros pueden disminuir la necesidad de aplicación química para su control, ya que se puede reducir la velocidad de la tasa de incremento de las poblaciones de ácaros o incrementar la habilidad de la planta para tolerar el ataque de estos y con ello se puede conducir a la implementación de mayores opciones del manejo integrado de plagas (MIP) en el cultivo (Archer *et al.*, 1990; Ruckert *et al.*, 2021).

Control químico

En general, los ácaros tetránquidos son una plaga que se reproduce con bastante rapidez e incluso son resistentes a algunos agroquímicos utilizados para su control. El desarrollo de resistencia a acaricidas por parte de *T. urticae* está ampliamente documentado a nivel mundial, donde los casos citados superan los 200, incluyendo acaricidas de reciente aparición, como la abamectina (Flores *et al.*, 2007). Entre las materias activas citadas a las que *T. urticae* ha mostrado resistencia se encuentran: fenazaquín y tebufenpirad (Gorman *et al.*, 2001); piridabén, fenpiroximato, hexitiazox y clofentezín (Nauen *et al.*, 2001); clorfenapir (Van Leeuwen *et al.*, 2006); dicofol y fenbutaestán (García-Marí, 2005); sistox (2,4,5-T) y paratión (Sukhoruchenko y Dolzhenko, 2008); y tetradifón (García-Marí *et al.*, 1988). En México están autorizados algunos insecticidas organosintéticos de diversos grupos químicos y del tipo biorracional para el control de *Tetranychus urticae* en maíz, como son: abamectina, oxidemeton, propargite, etoxazol, acequinocyl, spiromesifen (COFEPRIS, 2020; DGSV-CNRF, 2020).

Un método para contrarrestar eficazmente la presencia de ácaros es la combinación de insecticidas con ácidos grasos o aceites minerales en aplicaciones totales. Aplicaciones con azufre (en polvo) resulta una alternativa, aunque si persiste el tiempo seco se deberán realizar varias. Cuando el cultivo se encuentra en un estado avanzado, el control químico se dificulta (CESAVEG, 2012).

Control biológico

Este método se ha practicado hace mucho tiempo y consiste en usar y/o dejar actuar a los enemigos naturales de una plaga, para así mantener sus fluctuaciones poblacionales por debajo de los umbrales económicos (Badii *et al.*, 2010). Existe una gran cantidad de agentes de control biológico que se han encontrado para *T. urticae*, siendo *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot y *Amblyseius californicus* McGregor (Phytoseiidae) de los más empleados como medida de control en condiciones de invernadero y campo (CABI, 2020).

Phytoseiulus persimilis fue el primer agente de control biológico empleado en invernaderos y actualmente sigue siendo muy eficaz (Rodríguez *et al.*, 2003; Zhang, 2003). Sin embargo, bajo condiciones secas y cálidas, tiene dificultad para mantener a las colonias de tetraníquidos bajo control. En tales condiciones, puede emplearse el ácaro *A. californicus*, ya que es más tolerante a temperaturas más altas, humedades relativas más bajas y a plaguicidas que *P. persimilis* (Malais y Ravensberg, 2006). Entre las especies de depredadores disponibles en el mercado mexicano para el control de *Tetranychus urticae* y otras especies de ácaros plaga se encuentran *P. persimilis*, *A. californicus* y *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans), así como el cecidómido *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Koppert México, 2020).

Conclusiones

A nivel mundial los ácaros tetraníquidos son los más conocidos, estudiados y combatidos por los daños que producen a los cultivos agrícolas. Entre las especies mencionadas en este estudio, las pertenecientes a la familia Tetranychidae son las que se consideran de importancia económica para el cultivo del maíz. Es importante mencionar, que a pesar de que hay nueve especies de ácaros registradas para maíz en México, en la actualidad las poblaciones de ácaros fitófagos no representan un problema de interés económico para el cultivo, por la implementación de estrategias y programas de Manejo Integrado de Plagas que se llevan a cabo en diferentes regiones del país.

Agradecimientos

Las autoras agradecen al CONACYT por el financiamiento de la estancia posdoctoral de la primera autora y estudios de doctorado de la segunda autora. Al posgrado en Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Este trabajo se deriva del proyecto UATINVES20-18: biología y control biológico del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en localidades selectas de Tamaulipas, México.

Literatura citada

- Aguilar-Marcelino, L.; Quintero-Martínez, M. T.; Mendoza-de-Gives, P.; Bautista-Garfias, C. R.; López-Arellano, M. E. y Reyes-Guerrero, D. E. 2015. Hábitos de alimentación de *Sancassania mycophaga* (= *Caloglyphus mycophagus*) (Acari: Acaridae) sobre los nematodos *Haemonchus contortus* (L3) y *Panagrellus redivivus*. *Entomol. Mex.* 2(1):200-205.
- Almaguel, L. y De la Torre, S. P. 2014. Manual de acarología agrícola. Instituto de investigaciones de sanidad vegetal (INISAV). Cuba. 343 p.
- Almaguel, L. y Estrada, V. E. G. 2012. Tetranychidae. Ácaros de importancia agrícola. Estrada-Venegas, E. G.; Acuña-Soto, J. A.; Chaires-Grijalva, M. P y A. Equihua-Martínez (Ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 122-157 pp.
- Archer, T. L.; Onken, A. B.; Bynum, E. D. and Peterson, G. C. 1990. Banks grass mite (*Oligonychus pratensis*) abundance on sorghum cultivars with different levels of nitrogen use and metabolism efficiency. *Exp. Appl. Acarol.* 9(3):177-182.

- Badii, M. H. y Abreu, J. L. 2006. Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *Daena Inter. J. Good Consci.* 1(1):82-89.
- Badii, M. H.; Landeros, J. y Cerna, E. 2010. Regulación poblacional de ácaros plaga de impacto agrícola (population regulation of pest mites of agricultural significance). *Daena: Inter. J Good Consc.* 5(1):270-302.
- Baker, E. W. y Pritchard, A. E. 1962. Arañas rojas de América Central (Acarina: Tetranychidae). *Rev. de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.* 23(1):309-340.
- Beer, R. E. and Lang, D. S. 1958. The Tetranychidae of Mexico. *University of Kansas Scientific Bulletin.* 38(15):1231-1259.
- Bilgrami, A. L. 2008. Biological control potential of predatory nematodes. In: Ciancio, A. Mukerji (Ed.). *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes.* 3-28 pp.
- Bolaños-Espinoza, A.; Bravo-Mojica, H.; Equihua-Martínez, A.; Trinidad-Santos, A.; Ramírez-Valverde, G. and Domínguez-Valenzuela, J. A. 2001. Densidad y daños de plagas del maíz, bajo labranza convencional y de conservación. *Acta Zoológica Mexicana.* 83(1):127-141.
- CABI. 2020. *Tetranychus urticae* (two-spotted spider mite). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/53366>. Noviembre de 2021.
- CESAVEG, 2012. Manual de plagas y enfermedades en el maíz. Campaña manejo fitosanitario del maíz SENASICA. Comité Estatal de Sanidad Vegetal, Guanajuato. (http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos_11/folleto_maiz_11.pdf).
- CESAVEM, 2015. Plagas rizófagas del maíz. Campaña manejo fitosanitario del maíz. SENASICA. Comité Estatal de Sanidad Vegetal, Estado de México. Página electrónica. <http://www.cesavem.mx/img/fitosanitariodelmaiz/maiz.pdf>.
- COFEPRIS. 2020. Consulta de registros sanitarios de plaguicidas, nutrientes vegetales y LMR. <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>.
- De Moraes, G. J. y Flechtman, C. H. W. 2008. Manual de acarología: acarología básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto. Holos. 288 p.
- DGSV-CNRF. 2020. Araña roja de dos manchas *Tetranychus urticae* (Koch.) (Arachnida: Acari: Tetranychidae). SADER-SENASICA. Dirección General de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México. 22 p.
- Díaz, A.; Okabe, K.; Eckenrode, C. J.; Villani, M. G. and OConnor, B. M. 2000. Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). *Exp. Appl. Acarol.* 24(2):85-113.
- Estébanes, G. M. L. 2010. Ácaros fitófagos en hortalizas. En: memorias del primer simposio internacional de acarología en México. Sánchez, G. M. C.; Álvarez, S. E.; Vega, O. H. E. y García, F. J. (Ed.). Universidad Autónoma Chapingo, México. 21-24 pp.
- Estébanes, G. M. L. y Baker, E. W. 1968. Arañas rojas de México (Acarina: Tetranychidae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.* 15(1):61-133.
- Estébanes, G. M. L. y Rodríguez, N. S. 1991. Observaciones sobre algunos ácaros de las familias Tetranychidae, Eriophyidae, Acaridae y Tarsonemidae (Acari), en Hortalizas de México. *Folia Entomológica Mexicana.* 83(1):199-212.
- Flexner, J. L.; Westigard, P. H.; Gonzáles, P. and Hilton, R. 1991. The effect of groundcover and herbicide treatment in twospotted spider mite density and dispersal in Southern Oregon pear orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata.* 60(2):111-123.

- Flores, A. F.; Silva, G. A.; Tapia, M. V. y Casals, P. B. 2007. Susceptibilidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) colectada en *Primula obconica* Hance y *Convolvulus arvensis* L. a acaricidas. Agric. Téc. 67(2):219-224.
- García-Marí, F. 2005. Resistencia de *Tetranychus urticae* y *Panonychus citri* a acaricidas en el cultivo de los cítricos. Phytoma. 173(1):71-78.
- García-Marí, F.; Roca, D.; Fonbuena, P.; Ferragut, F. y Costa-Comelles, J. 1988. Acción de los acaricidas tetradifón y dicofol sobre huevos y adultos de *Panonychus citri* (McGregor) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari. Tetranychidae), en cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas.14(1):163-169.
- García-Martell, C. 1981. Lista de insectos y ácaros perjudiciales a los cultivos en México. 2ª (Ed.). Fitófilo. 86(1):1-196.
- Gerson, U.; Smiley, R. L. and Ochoa, R. 2003. Tydeidae. In: Mites (Acari) for pest control. Tydeidae. Blackwell science Ltd. USA. 258-262 pp.
- González, A. 2004. Maíz, transgénicos y pueblos indígenas de México. Rev. Semillas. 22:28-32.
- Gorman, K. F.; Hewitt, D. I. and Devine, G. J. 2001. New developments in insecticide resistance in the glasshouse white fly (*Trialeurodes vaporariorum*) and the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in the UK. Pest. Mang. Sci. 58(2):123-130.
- Hoffmann, A. y López-Campos, G. 2000. Biodiversidad de los ácaros en México. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)- Consejo Nacional de la Biodiversidad (CONABIO). México, DF. 230 p.
- Hughes, A. M. 1976. The mites of stored food and houses. Tech. Bull. Min. Agr. Fisheries and Foods. London. Núm. 9. 402 p.
- Jeppson, R. L.; Keifer, H. H. and Baker, E. W. 1975. Mites injurious to economic plants. Berkeley, University of California Press. 614 p.
- Koppert México. 2020. Partners with Nature. <https://www.koppert.mx>. November 2021.
- Krantz, G. W. and Lindquist, E. E. 1979. Evolution of phytophagous mites (Acari). Annual Review Entomol. 24(1):121-158.
- Lindquist, E. E. 1998. Evolution of phytophagy in trombidiform mites. Exp. Appl. Acarol. 22(1):81-100.
- Lindquist, E. E.; Krantz, G. W. and Walter, D. E. 2009. Classification. In: a manual of acarology. Krantz, G. W. and Walter, D. E. (Ed.). Texas Tech University Press, Lubbock, Texas. 97-103 pp.
- Lomelí, F. R. y Rodríguez, N. S. 2010. La Importancia de los ácaros en el control biológico. In: Memorias del Primer Simposio Internacional de Acarología en México. Sánchez, G. M. C.; Álvarez, S. E.; Vega, O. H. E. y García, F. J. (Ed.). Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Texcoco, Estado de México. 68-76 pp.
- Malais, M. y Ravensberg, W. J. 2006. Conocer y reconocer la biología de las plagas de invernadero y sus enemigos naturales. Editorial Koppert Biological Systems, Países Bajos. 21-38 pp.
- McGregor, E. A. and Ortega, A. A. 1953. Una nueva araña roja de México, *Paratetranychus mexicanus* sp. n. (Acarina, Tetranychidae). Folleto Tecnológico de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGAR). México, DF. 10(1):1-7.
- McGregor, R. y Gutiérrez, O. 1983. Guía de insectos nocivos para la agricultura en México. Alhambra Mexicana. México. 166 p.
- Metwally, A. M.; El-Naggar, M. E.; Abou-El-Sooud, A. B. and Amer, A. I. 2014. Ecological and biological studies on *Tetranychus urticae* Koch on maize single hybrids at Gharbia Governorate. Annal. Agric. Sci. Moshtohor. 52(3):357-368.

- Migeon, A. and Dorkeld, F. 2020. Spider mites. a comprehensive database for the Tetranychidae. <http://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>.
- Mitina, G.; Tulaeva, I. A.; Malysh, S. M. and Tokarev, Y. 2021 Molecular genetic analysis of resistance-associated mutations in the experimental lines of spider mite *Tetranychus urticae* Koch, selected for resistance to bifenthrin and abamectin. *Inter. J. Acarol.* doi: 10.1080/01647954.2021.1990406.
- Nauen, R.; Stumpf, N.; Elbert, A.; Zebitz, C. P. W. and Kraus, W. 2001. Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). *Pest Manag. Sci.* 57(3):253-261.
- Norton, R. A. 1998. Morphological evidence for the evolutionary origin of Astigmata (Acari: Acariformes). *Exper. Appl. Acarol.* 22(21):559-594. <https://doi.org/10.1023/A:1006135509248>.
- O'Connor, B. M. 2009. Astigmatid mites (Acari: Sarcoptiformes) of forensic interest. *Exp. Appl. Acarol.* 49(1-2):125-133. <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9270-2>.
- Ortega, A. C. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). El Batán, Texcoco, Estado de México. 106 p.
- Otero, C. G. 2012. Bioecología de las principales familias y especies de ácaros fitófagos. *In: ácaros de importancia agrícola.* Estrada-Venegas, E. G.; Acuña-Soto, J. A.; Chaires-Grijalva, M. P y Equihua-Martínez, A. (Ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 109-121 pp.
- Pritchard, A. E. and Baker, E. W. 1955. A revision of the spider mite family Tetranychidae. *Memoirs Series, San Francisco, Pacific Coast Entomological Society.* 2(1):1-472.
- Reséndiz, G. B y Aguillón-Trejo, M. G. 2009. Identificación de los ácaros asociados al maíz (*Zea mays* L.) en la comarca lagunera. *Agroproductividad.* 2(3):32-34.
- Reséndiz-García, B. y García-Severiano, J. 2016. Identificación y biología del tetraníquido del maíz (*Zea mays* L.) en San Sebastián Cuacnopalan, Puebla. *Entomol. Mex.* 3(1):39-44.
- Rodríguez, M.; Sánchez, M.; Navarro, M. y Aparicio, V. 2003. Los fitoseidos, depredadores efectivos de araña roja. *Horticultura.* 21(4):41-43.
- Rodríguez, N. S. 1999. Ácaros. *In: catálogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México.* (Ed). Sociedad Mexicana de Entomología. Publicaciones Esp. 125-140 pp.
- Rodríguez, N. S. 2012. Importancia agrícola y económica de los ácaros. *In: ácaros de importancia agrícola.* (Ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 98-108 pp.
- Rodríguez, N. S. y Estébanes, G. M. L. 1998. Acarofauna asociada a algunas vegetales de importancia agrícola y económica en México. (Ed.). *Ciencias Biológicas y de la Salud.* Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)- Xochimilco. 1ª (Ed). México. 105 p. ISBN: 970-654-415-1.
- Rodríguez-Escobar, J. G.; Rodríguez-Falconi, R. y Cruz-Gutiérrez, R. 2021. Efecto de acaricidas sobre *Tetranychus* sp. en maíz (*Zea mays*) en el estado de Veracruz. *Braz. J. Animal Environ. Res.* 4(3):4504-4511. doi: 10.34188/bjaerv4n3-132.
- Ruckert, A.; Golec, J. R.; Barnes, C. L. and Ramírez, R. A. 2021. Banks grass mite (Acari: Tetranychidae) suppression may add to the benefit of drought-tolerant corn hybrids exposed to water stress. *J. Econ. Entomol.* 114(1):187-196. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa269>.
- Saito, Y. 2010. Plant mites and sociality. *Diversity and evolution.* Springer Tokyo. 187 p. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-99456-5>.

- Salas, F. A. L. 1978. Algunas notas sobre las arañas rojas (Tetranychidae: Acari) halladas en Costa Rica. *Agron. Costar.* 2(1):47-59.
- Sifuentes, J. A. 1985. Plagas del maíz en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto técnico núm. 85. 49 p.
- Stavrinides, M. C.; Van Nieuwenhuysse, P.; Van Leeuwen, T. and Mills, N. J. 2010. Development of acaricide resistance in Pacific spider mite (*Tetranychus pacificus*) from California vineyards. *Exp. Appl. Acarol.* 50(3):243-254.
- Sukhoruchenko, G. I. and Dolzhenko, V. I. 2008. Problems of resistance development in arthropod pests of agricultural crops in Russia. *EPPO Bulletin.* 38(1):119-126.
- Tadmor, Y.; Lewinsohn, E.; Abo-Moch, F.; Bar-Zur, A. and Mansur, F. 1999. Antibiosis of maize inbred lines to the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*. *Phytoparasitica.* 27(1):1-7.
- Tuttle, D. M.; Baker, E. W. and Abbatiello, M. 1976. Spider mites of Mexico (Acarina: Tetranychidae). *Internat. J. Acarol.* 2(2):1-102.
- Tuttle, D. M.; Baker, E. W. and Abbatiello, M. 1974. Spider mites from northwestern and north central Mexico (Acarina: Tetranychidae). *Smithsonian Contributions to Zoology.* 171(1):1-18.
- Van de Velde, V.; Duarte, M. V. A.; Benavente, A.; Vangansbeke, D.; Wäckers, F. and De Clercq, P. 2021. Quest for the Allmitey: Potential of *Pronematus ubiquitus* (Acari: Iolinidae) as a biocontrol agent against *Tetranychus urticae* and *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *bioRxiv.* 1-16 pp. <https://doi.org/10.1101/2021.04.08.438973>.
- Van-Leeuwen, T.; Van-Pottelberge, S. and Tirry, L. 2006. Biochemical analysis of a chlorfenapyr-selected resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch. *Pest. Manag. Sci.* 62(5):425-433.
- Villegas-Elizalde, S. E.; Rodríguez-Maciel, J. C.; Anaya-Rosales, S.; Sánchez-Arroyo, H.; Hernández-Morales, J. y Bujanos-Muñiz, R. 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch.) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia.* 44(1):75-81.
- Walter, D. E. and Proctor, H. C. 2013. *Mites: ecology, evolution and behaviour: life at a microscale.* Springer Science Business Media Dordrecht. 281 p. doi: 10.1007/978-94-007-7164-2_8.
- Walter, D. E.; Lindquist, E. E.; Smith, I. M.; Cook, D. R. and Krantz, G. W. 2009. Order Trombidiformes. (Ed.), a manual of acarology. 3th (Ed.). Texas Tech University Press, Lubbock. 233-420 pp.
- Zhang, Z. 2003. *Mites of Greenhouses identification. biology and control.* Cabi Publishing. 240 p.
- Zhang, Z. Q. and Fan, Q. H. 2005. Revision of *Tyrophagus Oudemans* (Acari: Acaridae) of New Zealand and Australia. Landcare research New Zealand Ltd. Summary Final Report Operational Research. 189 p.