

ARTÍCULO:

Ciclo biológico y observaciones del comportamiento de *Aceria tulipae* (Acari: Eriophyidae) bajo condiciones de laboratorio

Jesús Alberto Acuña-Soto
Edith Guadalupe Estrada-Venegas
Armando Equihua-Martínez
Jorge Valdez-Carrasco.

Instituto de Fitosanidad. Programa de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Texcoco de Mora, Estado de México, CP 56230.
E-mail: acunas@colpos.mx.

Revista Ibérica de Aracnología

ISSN: 1576 - 9518.

Dep. Legal: Z-2656-2000.

Vol. 20

Sección: Artículos y Notas.

Pp: 129-141

Fecha de publicación: 31-Enero-2012

Edita:

Grupo Ibérico de Aracnología (GIA)

Grupo de trabajo en Aracnología

de la Sociedad Entomológica

Aragonesa (SEA)

Avda. Radio Juventud, 37

50012 Zaragoza (ESPAÑA)

Tef. 976 324415

Fax. 976 535697

C-elect.: amelic@telefonica.net

Director: Carles Ribera

C-elect.: cribera@ub.edu

Índice, resúmenes, abstracts, vols.

publicados:

http://gia.sea-entomologia.org/jour_intro_es.html

Página web GIA:

<http://gia.sea-entomologia.org>

Página web SEA:

<http://www.sea-entomologia.org>

ARTÍCULO:

Ciclo biológico y observaciones del comportamiento de *Aceria tulipae* (Acari: Eriophyidae) bajo condiciones de laboratorio

Jesús Alberto Acuña-Soto, Edith Guadalupe Estrada-Venegas, Armando Equihua-Martínez, y Jorge Valdez-Carrasco.

Resumen:

Se estudió el ciclo biológico, y comportamiento del eriófido *Aceria tulipae* Keifer, 1938, asociado a los bulbillos de ajo destinados para siembra en condiciones de laboratorio. Los eriófidos fueron colectados de cabezas de ajo obtenidas en bodegas de diferentes productores del estado de Guanajuato, México, durante el ciclo 2004-2005. El ciclo biológico se estudió sobre segmentos basales de las hojas provenientes de plantas de ajo. Tuvo una duración de 13.8 ± 1.5 días para una generación, a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Se realizaron observaciones del comportamiento del ácaro sobre los bulbillos de ajo (espermátforo, oviposición, eclosión, quiescencia, muda, alimentación, desplazamiento y dispersión).

Palabras clave: Ciclo biológico, *Aceria tulipae*, comportamiento, ajo, México.

Biological cycle and behavioral observations of *Aceria tulipae* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions

Abstract:

The biological cycle and behavior of the eriophyid mite *Aceria tulipae* Keifer, 1938 on garlic bulbs, were studied in laboratory conditions. The eriophyids were initially collected from garlic bulbs obtained from different storage rooms and producers of the state of Guanajuato, Mexico, during the cycle 2004-2005. The life cycle was studied on units consisting of pieces of the basal portion of garlic leaves. The duration of one generation was 13.8 ± 1.5 days at $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Behavioral observations on mites were made using garlic bulbs (spermatophore deposition, oviposition, emergence, quiescence, molting, feeding, displacement and dispersal).

Key words: Life cycle, *Aceria tulipae*, behavior, garlic, Mexico.

Introducción

Aceria tulipae Keifer fue descrita en 1938 en los Estados Unidos de América, de bulbos de tulipán provenientes de los Países Bajos. Tiempo después se descubrió otra especie en trigo que transmitía un virus, entonces también identificada como *A. tulipae* (Slykhus, 1953). Durante las siguientes tres décadas fueron publicados artículos referentes a la biología de éste ácaro en éste último hospedero (Slykhus, 1955; Connin, 1956; Gibson, 1957; Del Rosario y Sill, 1958, 1964, 1965; Nault y Styer, 1969), mas tarde Shevtchenko *et al.* (1970) lo determinan como otra especie *Aceria tritici* Shevtchenko, 1970. Posteriormente *A. tritici* fue considerado sinónimo de *Aceria tosichella* Keifer, 1969. Recientemente se ha aceptado que *A. tosichella* es una especie asociada a monocotiledonias y *A. tulipae* se asocia con liliáceas (Keifer, 1975; Amrine y Stasny, 1994; Navia, *et al.*, 2006).

Actualmente se considera a *A. tulipae* cosmopolita (Hoffman y López-Campos, 2000). En México ha sido colectada tanto en plantaciones como en almacenes de ajo (*Allium sativum* L.) en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Puebla y Zacatecas (Rodríguez-Navarro y Estébanez, 1998). Esta especie provoca daños severos a este cultivo, afectando principalmente a los bulbos almacenados para sembrar en el siguiente ciclo (Lange, 1955; Almaguel, 1986). *A. sativum* es una especie estéril anual o bianual que rara vez produce flores, por lo que es sembrada a través de los dientes (bulbillos) que se obtienen de la cosecha del año anterior, permanecen en bodegas aproximadamente de 3 a 4 meses generalmente en condiciones de oscuridad, con temperaturas por encima de los 23°C y con humedad variable. Dichas condiciones permiten que los ácaros se desarrollen favorablemente alimentándose de los tejidos superficiales del bulbillo; éstos se establecen debajo de las hojas modificadas que lo protegen, donde se encuentran a salvo de condiciones adversas, desecación, falta de alimento, y enemigos naturales. Permanecen ahí durante todo el periodo de almacenamiento y causan al ajo deshidratación y necrozamiento del tejido, que se momifica, razón por la cual se va perdiendo el poder de brotación, (Estrada-Venegas y Acuña Soto, 2004).

En general los trabajos sobre biología y comportamiento para esta especie son escasos. Se pueden citar los siguientes: el de Almaguel *et al.* (1986) en Cuba, en donde informan que el ciclo biológico de la especie, en condiciones de laboratorio, es de alrededor de 8.3 días. En Francia, Courtin *et al.* (2000), determinaron que la temperatura y la humedad relativa son factores que influyen en la eclosión, y el mayor porcentaje del mismo ocurre a 25° C y una humedad relativa de 25%. Para México se reportan dos estudios sobre esta especie, el de Estrada-Venegas y Acuña-Soto (2004), donde se propone una escala de daños en bulbillos destinados para siembra con base en el aumento de la población de la especie; y el de Acuña-Soto y Estrada-Venegas (2005) en el que presentan observaciones generales y aisladas; en ninguno hay secuencia de los eventos del comportamiento y biología de *A. tulipae* y no se incluyen datos sobre el ciclo biológico.

En México los factores que afectan este cultivo se han estudiado pobremente y sobre los problemas causados por ácaros se tiene poca información. Con base en la relevancia de la especie en el Estado de Guanajuato, los objetivos del presente trabajo fueron determinar el ciclo biológico y describir a detalle los aspectos de la biología y comportamiento de *A. tulipae*, y registrarlos por vez primera en fotografías.

Material y métodos

OBTENCIÓN DEL MATERIAL BIOLÓGICO. Las cabezas de ajo (Var. Taiwán) destinados para siembra fueron recolectados en bodegas de diferentes productores de la Asociación de Exportadores de ajo del Centro A. C., provenientes del Estado de Guanajuato durante el ciclo 2004-2005. Estos fueron escogidos con diferentes nive-

les de infestación por *A. tulipae* y tiempos de almacenamiento, siendo entonces trasladados al laboratorio.

MANTENIMIENTO DE LA COLONIA DE ÁCAROS. Para este fin, se utilizó el método de cría que ayuda a conservar los bulbos infestados, propuesto por Acuña-Soto y Estrada-Venegas (2005). Éste se realizó dentro de bolsas de papel, las cuales proveían de condiciones similares a las encontradas en las bodegas de almacenamiento, permitiendo así mantener e incrementar la población a través de la adición periódica de ajos sanos a las bolsas. Una vez que los bulbillos eran infestados con poblaciones de ácaros se utilizaron en los diferentes experimentos.

DETERMINACIÓN DEL CICLO BIOLÓGICO. Se colocaron siete cajas de petri (5 cm de diámetro), dentro de una cámara de cría con las condiciones de temperatura, humedad relativa y fotoperiodo, arriba descritas. Cada unidad experimental (caja de petri), tuvo cuatro repeticiones (28 cajas en total). En el interior de cada una de las cajas se colocaron secciones basales de hojas de ajo, de aproximadamente 2 cm, y en cada uno de sus extremos se colocó algodón húmedo para mantener la turgencia del tejido y evitar la desecación prematura. Las hojas fueron obtenidas de plantas sembradas en el laboratorio. En cada porción de hoja se puso una hembra ovígera que era retirada después de la ovoposición dejando únicamente un huevo por hoja para iniciar el ciclo. Cada tres días se reemplazaba la hoja cambiando los organismos manualmente con un cabello humano que permitía la manipulación de los ácaros sin lastimarlos (Almaguel *et al.*, 1986). Se realizaron cinco observaciones cada 24 horas. Para evaluar el potencial reproductivo de las hembras, estas fueron colocadas en las mismas condiciones referidas para el ciclo biológico, pero en este caso el número de cajas fue de 10, cada una con dos repeticiones, en cada una de ellas se ubicó la hembra y los huevos ovipositados, se observaron tres veces cada 24 horas, los huevos fueron contados desde la primera ovoposición hasta la muerte del organismo.

OBSERVACIÓN DE LA BIOLÓGÍA Y COMPORTAMIENTO. Una vez infestados los bulbillos se colocaron en cinco contenedores de plástico (10 bulbillos por contenedor), éstos fueron mantenidos dentro de una cámara de cría con condiciones de 22° ± 2°C, 22% HR, y fotoperiodos de 12 hrs luz y 12 hrs oscuridad. Para la observación de los eventos biológicos y comportamiento de la especie, se les retiró a los bulbillos una parte de las hojas escamosas y membranosas que los protegían dejando expuesta la población de ácaros. Se realizaron 10 observaciones diarias cada media hora bajo microscopio estereoscópico, en busca de los eventos biológicos, cuando eran encontrados se registraban en fotografía digital y se video-grababa, el tiempo de duración de cada uno de los eventos registrados fue medido con un cronómetro digital. La dispersión de la especie fue determinada mediante la colocación de 10 trampas de agua, las cuales consistieron de cajas de petri (10 cm de diámetro) con líquido hasta la mitad; éstas se colocaron en las partes altas (2 m) y rincones bajos del laboratorio cerca de los lugares de almacenamiento de los bulbillos de ajo infestados

y fueron revisadas una vez al día.

Para complementar las observaciones de biología y comportamiento se tomaron fotografías de las estructuras implícitas en estos aspectos. Para ello se realizaron montajes permanentes en líquido de Hoyer, aclarados previamente en ácido láctico y se observaron en un microscopio de contraste de fases, adicionalmente fueron tomadas fotografías de barrido. Tanto los organismos como las secciones de hoja y bulbos de ajo se prepararon con la metodología estándar.

Resultados

CICLO BIOLÓGICO. El ciclo completo de huevo hasta adulto tuvo una duración de 13.8 ± 1.5 días. El periodo de incubación fue de 4.2 ± 0.5 días, para la larva de 3.8 ± 1.3 y la ninfa con 2.6 ± 0.9 , con dos periodos de quiescencia de larva a ninfa y de ninfa a adulto, de 1.8 ± 1.3 , y 1.4 ± 0.5 días respectivamente. El tiempo que los adultos permanecieron vivos fue de 18.6 ± 2.3 días.

Al evaluar el potencial reproductivo de las hembras, se observó que cada una es capaz de ovipositar entre 5 ± 2 y 20 ± 1 huevos en un periodo de 10 días, con un promedio de 7.5 huevos por hembra. Esto es similar a lo señalado por Del Rosario *et al.* (1964) para *A. tosichella*, donde mencionan que una sola hembra es capaz de ovipositar de 3 a 25 huevos en un periodo de 10 días, con un promedio de 9.8 huevos.

Con el método de cría propuesto en las bolsas de papel, se obtuvieron resultados óptimos ya que la especie se establece aproximadamente en una semana en los bulbos sanos; de esta manera se obtiene material infestado y con poblaciones abundantes.

REPRODUCCIÓN. Los espermátóforos de *A. tulipae* están formados por cuatro estructuras características: (Fig. 1a), a) base plana que se encuentra adherida al sustrato, b) pedicelo alargado que soporta a la cabezuela, c) cabezuela ó estructura en forma de copa, y d) saco contenedor de espermatozoides que se encuentra insertado en el centro de la cabezuela. En la figura 1b se muestra como se ve bajo el microscopio de contraste de fases. La deposición se inicia con la selección del sitio, el macho determina esto a través del rastro dejado por las ninfas que serán hembras cercanas a la quiescencia mediante olores que detecta. Si bien no se tiene un registro fotográfico del evento, lo podemos comprobar ya que se observaron a los machos moviéndose activamente alrededor de las ninfas quiescentes, subiendo y bajando el cuerpo así como moviendo las patas.

Olfield *et al.* (1970) mencionan que los machos depositan los espermátóforos en áreas delimitadas, donde se encuentran ninfas que serán hembras, esto también fue observado por Sterling y Griffiths (1974) y Erbe *et al.* (1995) en *Aceria sheldoni*.

Los espermátóforos se observan en el microscopio estereoscópico como minúsculas gotitas traslúcidas que se encuentran fijadas a una base alargada, la cual esta adherida al sustrato (Figs. 1c y 1d). La forma en que los machos distribuyen los espermátóforos no presenta un patrón definido, pero se observan (Fig. 1e) alrededor de las ninfas quiescentes, permitiendo que la hembra, al

emerger de la muda (Fig. 1f), los encuentre fácilmente asegurando la fertilización.

Acuña-Soto y Estrada-Venegas, (2005), menciona un comportamiento similar aunque no se precisó la manera como el macho detectaba a las ninfas quiescentes; además no describen las estructuras del espermátóforo y no contaron con registros fotográficos.

OVIPOSICIÓN. Las hembras ovígeras maduran un huevo a la vez y pueden ovipositar uno cada 12 horas aproximadamente, por lo que al observarlas las laminillas en microscopio de contraste de fases se observa siempre un solo huevo (Fig. 2a). Inicialmente la oviposición se lleva a cabo a través de la detección de un sitio apropiado; se le observa moviéndose activamente para buscarlo, subiendo y bajando el cuerpo (Fig. 2b), una vez seleccionado, se sujeta con los lóbulos anales y coloca la placa genital al ras del sustrato (Fig. 2c). Entonces comienzan una serie de contracciones del cuerpo al nivel de la placa genital, lo contrae y expande parecido al movimiento de un acordeón. Al paso del tiempo dichas contracciones se vuelven más constantes (20 por minuto), y cada vez con mayor frecuencia y fuerza.

Al cabo de dos minutos su cuerpo forma un arco entre el sustrato y la placa genital manteniendo los lóbulos anales y las patas pegadas al sustrato mientras sube y baja el cuerpo. Esto sucede en repetidas ocasiones (Fig. 2d), finalmente en esta posición se abre la placa genital (Fig. 2e) y unos segundos después sale el huevo (Fig. 2f), éste viene acompañado por un líquido traslucido que, aunque no se observa en la fotografía, se registró en video y es notorio al observar que el huevo es brillante por la luz que refleja el líquido.

En general los huevos de los ácaros son altamente elásticos y resistentes y vienen acompañados de líquido al momento de la oviposición que sirve como lubricante y evita que se dañe al pasar por la pequeña abertura genital (Krantz, 1978).

El huevo sale con fuerza del cuerpo de la hembra debido a las contracciones; una vez fuera, ésta lo mantiene entre sus patas, debajo de su cuerpo, permaneciendo inmóvil por alrededor de cuatro minutos (Fig. 2g), para posteriormente alejarse del lugar (Fig. 2h). El permanecer cerca del huevo posiblemente sea con el fin de protegerlo y/o esperando a que el corion se endurezca y/o a que el huevo esté totalmente adherido al sustrato antes de abandonarlo, además de que quizá descansa después de la ovipostura por el esfuerzo que se requiere. Todo el proceso de la oviposición, desde la detección del sustrato hasta el abandono del huevo, tuvo una duración de 35 ± 5 minutos.

HUEVO. El huevo de *A. tulipae* es inicialmente hialino y redondo, de aproximadamente $40 \mu\text{m}$ de diámetro. (Fig. 3a). Durante su desarrollo se pueden observar diversos cambios que sufre como el alargamiento de los polos y el color que se observa bajo el microscopio. En el día 1 del desarrollo no encontramos grandes cambios, la redondez del huevo se mantiene y el contenido interno se observa translucido con gránulos en la parte central en diversas tonalidades (Fig. 3b). Al día siguiente se observó la pérdida de la redondez y se enturbia el contenido de forma generalizada observándose un borde más obs-

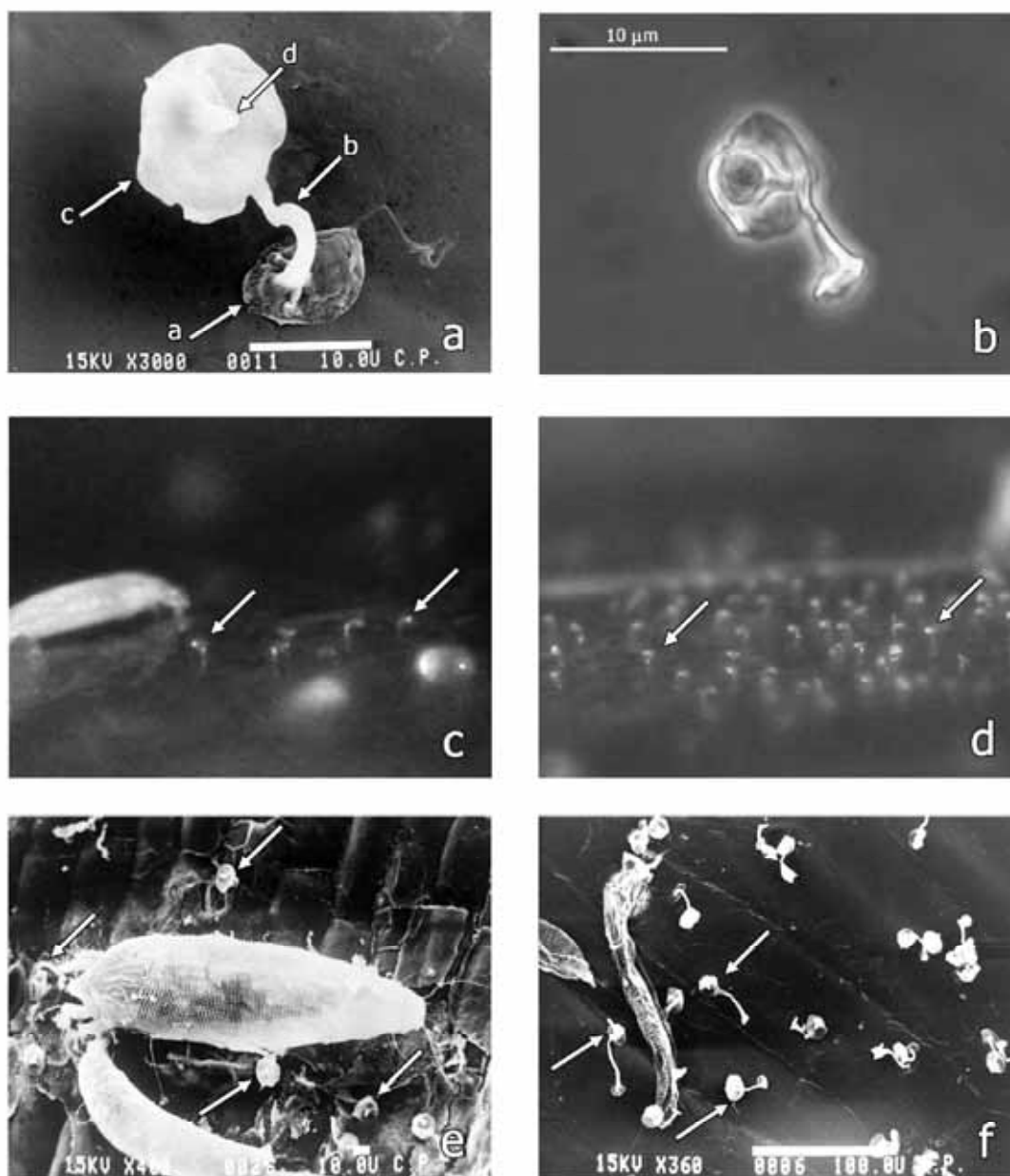


Figura 1. Espermatóforo de *Aceria tulipae*. a) En microscopía electrónica, b) en microscopía de contraste de fases, c-d) espermatóforos en el sustrato, e) ninfa quiescente rodeada por espermatóforos, f) muda de la ninfa rodeada de espermatóforos.

curo (Fig. 3c). Al tercer día éste se alarga aún más y se observan cambios en el vitelo mostrándose más denso donde ya se observan aspectos del cuerpo de la larva, la cual se encuentra ya totalmente desarrollada, con el cuerpo completamente doblado a la mitad; de tal forma que el gnatosoma toca la parte final del opistosoma (Fig. 3d), y su color es de un tono más oscuro. Al cuarto día el huevo se observa totalmente ovalado, y es entonces cuando la larva está lista para emerger. Son ovipositados por lo general en sitios recién ocupados por hembras; se han observado de forma individual y en algunas ocasiones en grupos de hasta seis huevos (Fig. 3e), lo cual va a depender del tamaño de la población que en ese momento se esté desarrollando.

Acuña-Soto y Estrada Venegas (2005), mencionan los cambios de color y forma en el huevo, pero no detallan los cambios que sufre éste en cada día de desarrollo.

ECLOSIÓN. Una vez que el desarrollo de la larva dentro del huevo ha concluido, éste se torna ambarino e iridiscente y se perciben movimientos dentro de él. Son contracciones de tensión y relajación, que deforman el corion con la presión del cuerpo. El ácaro hace presión en el sentido transversal del huevo ya que hace fuerza con la parte anterior de opistosoma.; para ello aplica presión y movimientos con esta parte del cuerpo, y una vez que se ha roto el corion, sale el gnatosoma utilizando las patas para abrirse paso. Con movimientos del cuerpo se va empujando y desdoblado poco a poco; mientras se

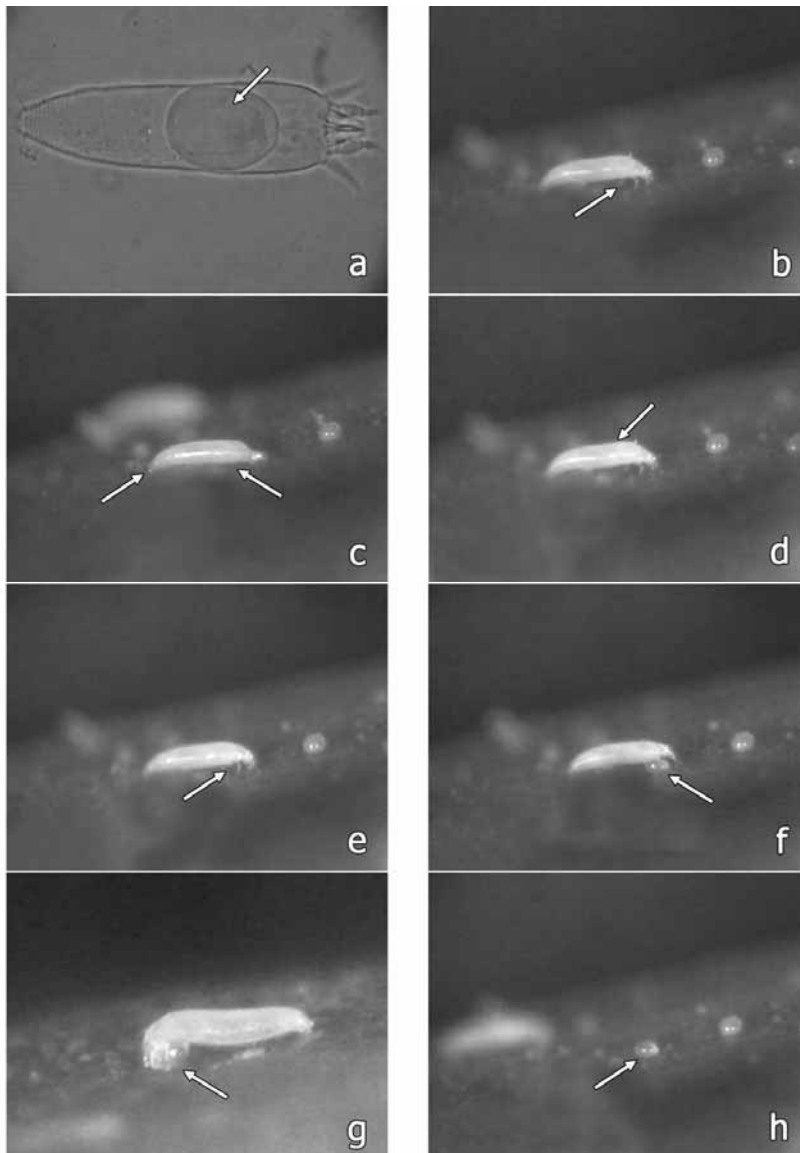


Figura 2. Hembra de *Aceria tulipae*. a) En microscopía de luz, b-h) secuencia de la oviposición de *A. tulipae*.

observa salir la primera parte del cuerpo del corion; una vez fuera, aproximadamente la primera mitad del opistosoma (Figs. 4a y 4b); la larva busca agarrarse del sustrato con las patas y ejercer más fuerza jalando su cuerpo hacia fuera, hasta que logra liberarse totalmente (Fig. 4c). Durante el proceso la larva toma periodos breves de descanso. Una vez que emerge y se encuentra libre, busca alimento inmediatamente, esto quizá porque gasta energía para eclosionar y ha utilizado ya todas sus reservas. Permanece en la zona sin desplazarse del sitio por algunos minutos, reconociendo su nuevo medio, explora los alrededores y finalmente se aleja del lugar. Todo el proceso, desde que se abre el corion hasta que sale totalmente, toma 25 ± 2 minutos.

Krantz (1973) menciona que la larva de *Aculus cumatus*, rompe el corion con ayuda de una estructura especial, presente detrás del escudo predorsal (los cuatro primeros anillos) y aunque no se pudo observar para *Aceria tulipae* es muy probable que suceda lo mismo.

QUIESCENCIA. En este proceso los organismos observados van perdiendo movilidad, buscan un sitio y solo

llevan a cabo movimientos esporádicos cuando son molestados, hasta quedar totalmente inmóviles; en general los encontramos solitarios; y conforme la población aumenta y el espacio se reduce se encuentran en grupos de tres a cinco organismos, con un cierto espaciado entre ellos.

Los organismos toman una posición de descanso sobre el sustrato con las patas retraídas hacia el cuerpo y con los lóbulos anales adheridos al sustrato (Fig. 5a). Se ha observado que algunos ácaros que pasan muy cerca de las formas quiescentes pueden empujarlos hasta levantarlos y dejarlos en una posición vertical, sujetos únicamente por los lóbulos anales (Fig. 5b), en algunos casos es posible que los desprendan y se los lleven pegados a su cuerpo.

Se designa como ninfocrisálida a la fase quiescente entre la larva y la ninfa, e imagocrisálida a la fase correspondiente entre la ninfa y el adulto (Lindquist, 1996).

ECDISIS. Este proceso se inicia aproximadamente a los 1.5 ± 0.5 días de la quiescencia y se denota por un cam-

bio en el cuerpo del organismo quiescente. La cutícula se observa estirada y de color iridiscente; esto marca el inicio de la ecdisis. Se observan entonces los movimientos del cuerpo, como contracciones al inicio suaves y después más intensas para liberarse de la vieja cutícula, el cuerpo se tensa y se genera presión dentro, lo que provoca que el organismo se eleve (Fig. 6a), el acaro genera movimientos circulares sobre el eje de los lóbulos anales que están sujetos al sustrato; y se nota cómo el cuerpo se retrae y se expande (contracciones); además realiza flexiones del cuerpo, desde una posición vertical hasta tocar el sustrato de un lado hacia el otro. Aproximadamente 10 minutos de iniciado el proceso, se observa el rompimiento de la cutícula en la parte anterior del escudo predorsal, las patas y el gnatosoma han salido y están libres (Fig. 6b). Cuando ha liberado tres cuartas partes de su cuerpo, se mueve hacia el otro lado para posteriormente agarrarse al sustrato con las patas (Figs. 6c y 6d). A continuación, con ayuda de sus patas jala el cuerpo para quitarse el resto de la cutícula, liberándose, la muda queda adherida en el sustrato por medio de los lóbulos anales (Figs. 6e y 6f). Le toma alrededor de 15 ± 5 minutos desde que se rompe la cutícula hasta librarse de ella; una vez terminado el proceso el organismo se aleja del lugar.

En las Figuras 7a, 7b, 7c y 7d, se observa el desprendimiento de la cutícula, la zona de ecdicis y las exuvias. A este tipo de muda se le denomina como "proterodehisciente" ya que la cutícula se rompe por la parte anterior del cuerpo y el organismo sale hacia el frente (Evans, 1992). El proceso de ecdisis va precedido por etapas de quiescencia, que en los ácaros tiene una duración variable, pero puede constituir hasta un tercio del ciclo biológico (Estrada-Venegas *et al.*, 1999).

ALIMENTACIÓN. Los eriófidos, debido a su talla pequeña y a lo diminuto de sus quelíceros se alimentan del citoplasma de las células de la epidermis de los vegetales donde se desarrollan; se mueven activamente sobre la superficie buscando el sitio apropiado. Una vez que lo localiza, se fija con los lóbulos anales y arquea su cuerpo de tal forma que sus quelíceros se encuentren perpendiculares al sustrato (Fig. 8a) para que puedan ser insertados, con la finalidad de reducir la resistencia de la pared celular a la penetración de los quelíceros. Este comportamiento de arquear el cuerpo fue también reportado por Krantz, (1973) para *Aculus cumatus*.

Aceria tulipae se sostiene en esta posición alrededor de 3 a 4 minutos, tiempo que tarda en retirar todo el contenido celular. Cuando ha terminado saca los quelíceros, y aún sujetos por los lóbulos anales, se mueve ligeramente con las patas y vuelve a clavar los estiletes en otro lugar; este comportamiento se repite entre tres y cuatro veces, por lo que todo el proceso de alimentación le toma alrededor de 12 ± 2 minutos. Terminado este tiempo, se suelta y se aleja del sitio; esta forma de alimentación se presenta en todos los estadios móviles de desarrollo; y quizás se deba a que el organismo tenga que hacer presión sobre la célula, y así poder absorber los líquidos contenidos en la célula.

Se ha encontrado que la turgencia de las células es un aspecto importante, debido a que estos organismos de-

penden de la presión contenida en estas para tomar su alimento, ya que al perforarla, su contenido sube por capilaridad a través de los estiletes (Westphal y Manson, 1996). Whitmoyer *et al.* (1972).

En fotografías de microscopio electrónico de barrido (Figs. 8b y 8c), se observa como *A. tulipae* inserta los estiletes, perforando la pared celular en posición perpendicular al sustrato, y como los pedipalpos, aunque se observan retraídos, están rodeando a los estiletes; es posible que algún momento antes del procesamiento de la muestra estuvieran pegados al sustrato ya que al ser telescópicos, pudieron haberse retraído por la muerte del organismo.

Estas observaciones concuerdan con lo descrito por Nuzzaci y Alberti (1996), donde mencionan que los pedipalpos juegan un papel importante en la alimentación de los eriófidos, ya que funcionan como guías rodeando a los quelíceros, para que estos sean introducidos en las células de la epidermis, y difieren de lo reportado por Krantz (1973) donde él observó que para *Aculus cumatus* los pedipalpos se encuentran totalmente dirigidos hacia atrás y los estiletes penetran la epidermis de forma transversal.

En la figura 8d se muestran las punciones de forma ovalada ocasionadas por la especie al alimentarse en el tejido vegetal, esta serie de agujeros muy característicos, representan el daño hecho a las células de la epidermis. **DESPLAZAMIENTO.** Las hembras grávidas son las que inician la colonización de los bulbos, esto pudo ser corroborado ya que al observar al microscopio de contraste de fases los montajes permanentes realizados con organismos en fases iniciales de colonización, el 95% de los ácaros eran hembras ovígeras que presentaban huevos en distintas etapas de desarrollo. Éstas son bastante activas y pueden desplazarse caminando por toda la superficie de los bulbillos a pesar de su diminuto tamaño. Cuando las poblaciones son abundantes y los daños generalizados en los bulbillos, se observa que los ácaros se mueven a las capas externas hasta alcanzar la parte exterior del bulbo; y poblar a los bulbos continuos, pasando de uno a otro sucesivamente. Una vez que se encuentran en otra cabeza de ajo penetran las capas por la parte inferior (Figs. 9a y 9b), hasta alcanzar los tejidos de los bulbillos de los cuales se alimentan.

Debido a su talla pequeña aprovechan hendiduras o separación entre las capas que cubren la parte basal de los bulbillos pasando fácilmente entre ellas. A causa de los daños, durante la alimentación, la epidermis del ajo, se va deshidratando y la población comienza a migrar hacia la parte alta de estos, buscando nuevos sitios de alimentación, hasta cubrir todo el bulbillo, provocando que los organismos se dispersen. Al momento de desplazarse los ácaros no siguen una línea recta definida, sino que van haciendo ondulaciones debido a las irregularidades del sustrato y buscando camino a través de la población (exuvias, espermatóforos, huevos, quiescentes, etc.). Al caminar los organismos elevan la parte media de su cuerpo manteniéndolo paralelo al sustrato evitando así que éste se arrastre; únicamente los lóbulos anales y las patas tocan el suelo, lo que le permite mayor movilidad.

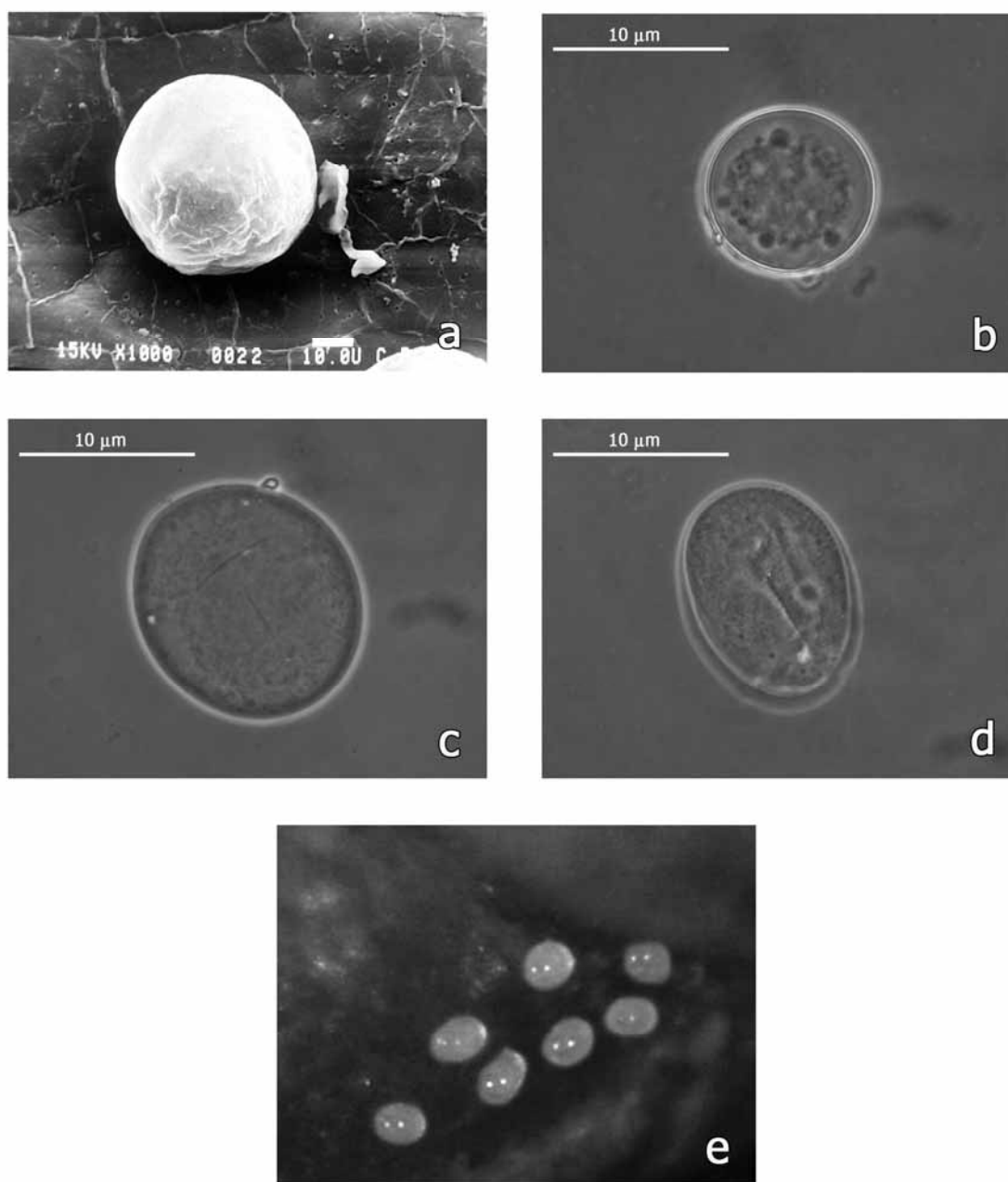


Figura 3. Huevo de *Aceria tulipae*. a) Huevo en microscopía electrónica de barrido, b) huevo recién puesto, c) huevo de dos días de puesto, d) huevo de tres días donde se observa la larva dentro, e) huevos sobre el sustrato.

DISPERSIÓN. Este comportamiento fue observado, aproximadamente a la semana de haber infestado los bulbillos de ajo, y fue corroborado al encontrar eriófidos en las trampas de agua (Figs. 10a y 10b) en un principio solo un par de organismos y al paso del tiempo (15 días) el número aumentó hasta llegar a contar de 300 a 400 en cada caja, los cuales en su mayoría (90%) eran hembras ovigeras, y el resto inmaduros y machos, esto fue determinado al hacer los montajes permanentes, en los cuales se constató los estadios que se estaban dispersando.

Al analizar los bulbillos se observó como *A. tulipae* se mueve hacia los bordes de estos y/o busca lugares elevados (Fig. 11a); debido a que buscan las corrientes de

aire y/o algún otro organismo que los ayudaran a transportarse a otros sitios. Con ayuda de los lóbulos anales se sujetan al sustrato y elevan el cuerpo hasta quedar totalmente parados, posteriormente extienden las patas, las abren y las mueven constantemente (Figs. 11b, 11c y 11d), de tal manera que la superficie de contacto con el aire sea mayor, se mantienen en esta posición por tiempos variables desde unos segundos hasta 20 minutos, lo cual va a depender de si hay corrientes de aire que pasen en ese momento; ya que se comprobó que algunos ácaros se dispersan en cuanto elevan el cuerpo aun con corrientes imperceptibles y algunos otros tardan varios minutos, permaneciendo insistentemente en esa posición

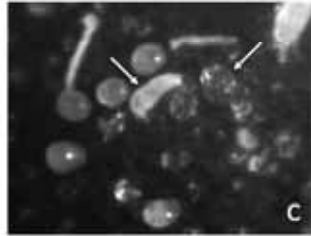
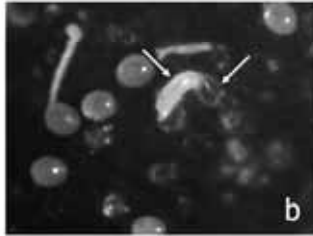
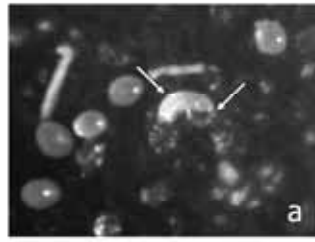


Figura 4. Secuencia que muestra de manera resumida la eclosión de la larva de *Aceria tulipae*. a) Larva comenzando a salir del huevo, b) larva terminando de emerger, c) larva alejándose del corión.



Figura 5. Quiescencia en *Aceria tulipae*. a) Ninfa quiescente en reposo sobre el sustrato, b) ninfa quiescente levantada adherida al sustrato de los lóbulos anales.

elevada hasta lograr su objetivo.

Esta conducta también fue observada por Estrada-Venegas y Equihua-Martínez (2006) para *Aculus tetanothrix*, en la cual mencionan que esta dispersión es azarosa y probablemente muchos mueren en el intento, pero les permite desplazarse a grandes distancias.

MORFOLOGÍA Y FUNCIÓN DE LOS LÓBULOS ANALES. En los eriófidos se le llama así a la estructura que se encuentra en la parte final del opistosoma, y que permite al organismo sujetarse al sustrato además de las patas, permitiendo mantenerlo elevado al momento del desplazamiento como un tercer punto de apoyo. Éste además le permite sujetarse en su base y elevar su cuerpo sobre su eje al momento de la quiescencia, dispersión, oviposición, alimentación y deposición del espermátforo.

Por ejemplo, en la figura 12a se puede observar un grupo de ácaros activos sujetos al sustrato y algunos otros sujetos a estos, formando acumulaciones elevadas de organismos uno sobre de otro; la figura 12b muestra como una ninfa de *A. tulipae* quiescente se encuentra totalmente adherida y no se desprendió, ni siquiera con todo el proceso realizado para tomar la fotografía de barrido; además en esa imagen se puede ver que los lóbulos anales están extendidos por fuera del cuerpo, como una ventosa.

Acuña-Soto y Estrada-Venegas (2005), mencionan que esta estructura es importante en muchas de las actividades del ácaro, pero no dan detalles de su composición, forma y uso.

Esta estructura al ser observada a través del microscopio de luz se ve formada por lóbulos (Fig. 13a), aunque un análisis más detallado al microscopio electrónico de

barrido evidencia que su forma es el de una membrana elástica continua que forma pliegues al relajarse (Fig. 13b); además en la parte ventral se observa otra estructura más pequeña y bien diferenciada en forma de triángulo (Figs. 13c y 13d).

Al respecto Whitmoyer *et al.* (1972) mencionan que la estructura en forma de triángulo, tiene la función de proteger el ano y unas glándulas presentes que secretan un tipo de adhesivo.

Al observar organismos adheridos al sustrato a través de microscopía de barrido (Fig. 13e) se ve la forma de una ventosa continua alrededor del cuerpo sin una abertura visible. Por lo que consideramos que la adhesión se lleva a cabo por vacío, pero debe de haber la presencia de algún tipo de adhesivo que fije los lóbulos anales al sustrato; estas afirmaciones se basan en el hecho de que los organismos quiescentes se encuentran adheridos al sustrato y se necesita ejercer cierta fuerza para soltarlos. Esto fue comprobado al observar que en los organismos quiescentes, al intentar desprenderlos mecánicamente mediante un pincel hecho con un pelo humano; se requería de una fuerza relativa, y en el caso de los organismos activos que están adheridos, tienen que jalar su cuerpo para desprenderse del sustrato.

Baker *et al.* (1987) observaron que los eriófidos tienen que jalar la ventosa anal para poder desprenderla del sustrato.

Consideramos que los lóbulos anales juegan un papel importante en los diferentes aspectos del comportamiento y biología de *Aceria tulipae*, permitiéndoles una gran movilidad.

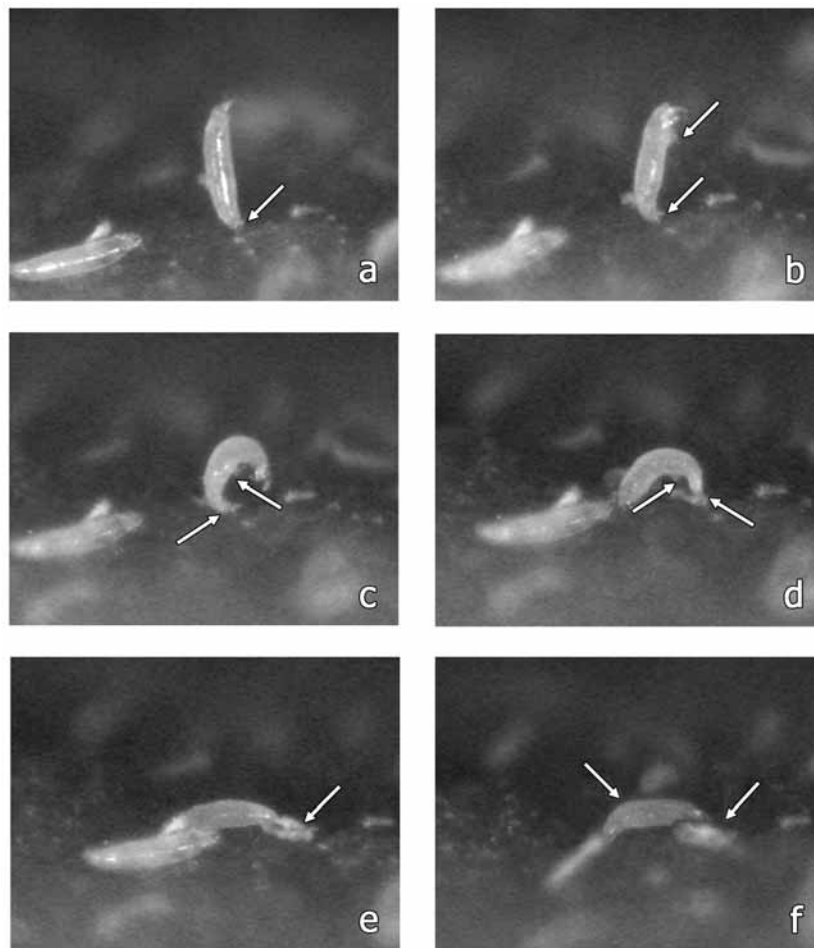


Figura 6. Secuencia que muestra las partes resumidas de la muda en *Aceria tulipae*. a) Ninfa comenzando el proceso de la muda, b) momento en que la cutícula se rompe, c-d) movimientos de la ninfa para deshacerse de la vieja cutícula, e) cutícula adherida al sustrato, f) adulto alejándose del lugar al término de la muda.

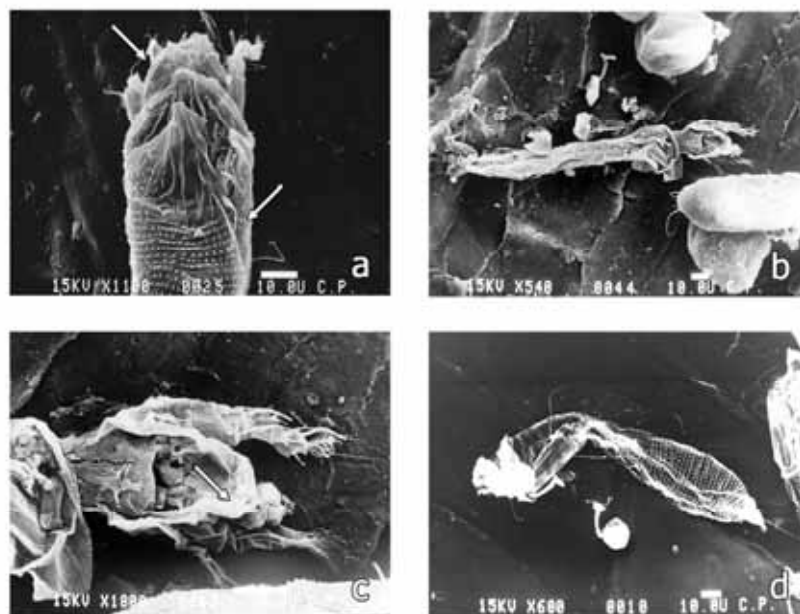


Figura 7. Muda de *Aceria tulipae* en microscopía electrónica de barrido. a) Adulto que emerge y exuvia desprendida, b) exuvia en el sustrato, c) línea de dehiscencia en la parte anterior, d) exuvia donde se observa la forma del cuerpo.

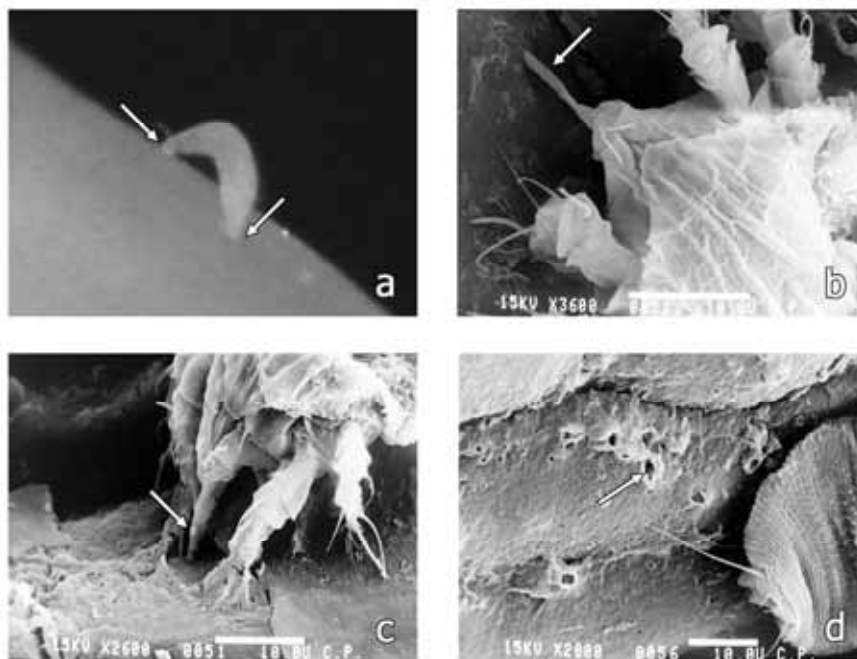


Figura 8. Alimentación en *Aceria tulipae*. a) Forma en que alimenta, b) detalle de los estiletes, c). estiletes en posición para penetrar el sustrato, d) daños causados al tejido por la alimentación.

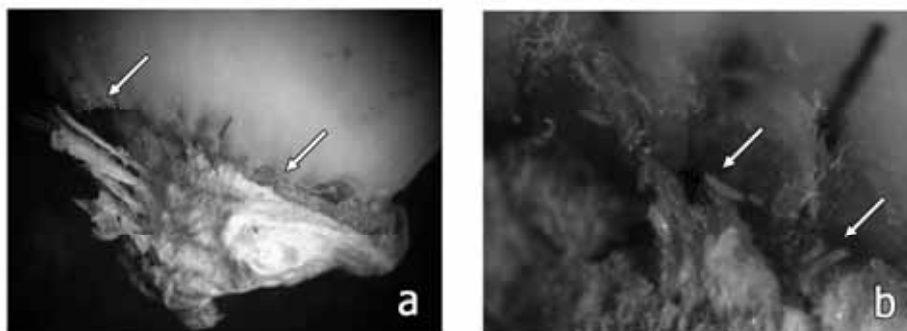


Figura 9. Desplazamiento de *Aceria tulipae* sobre los bulbillos de ajo.

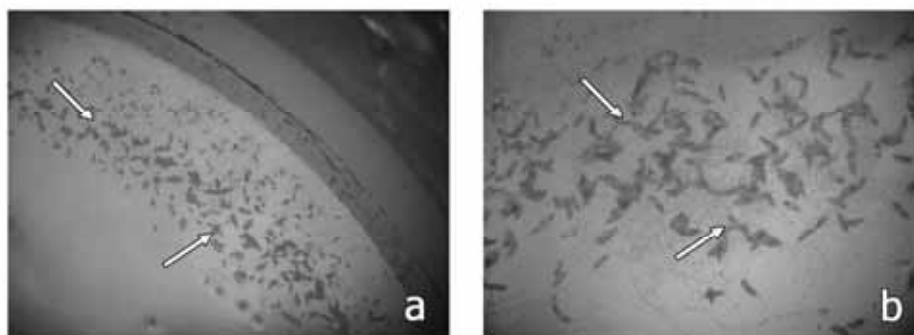


Figura 10. Dispersión de *Aceria tulipae*. a) En las trampas de agua, b) acercamiento de los ácaros en el agua.

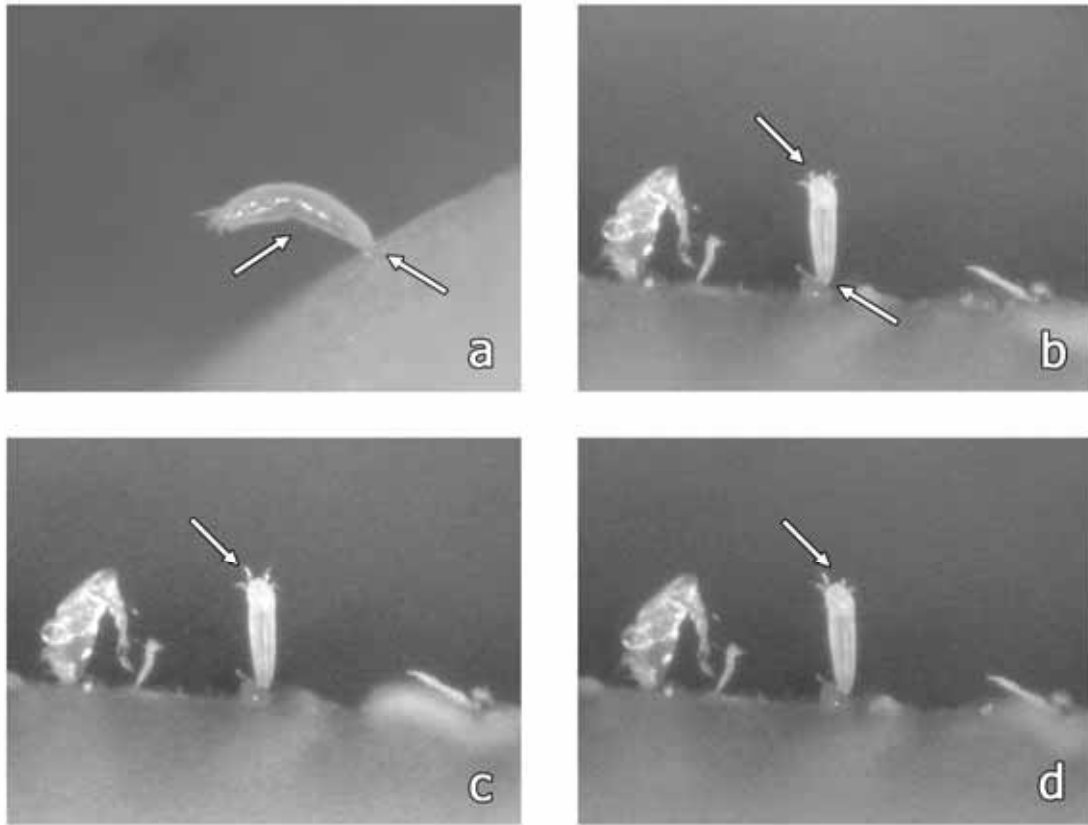


Figura 11. Dispersión de *Aceria tulipae*. a) En el borde del bulbilllo, b-d) forma en que levanta las patas hacia arriba para tener más superficie de contacto.

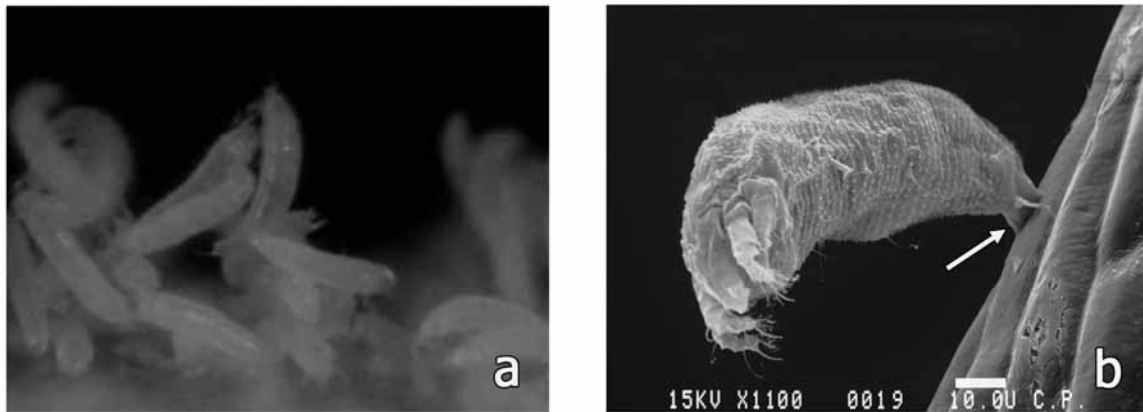


Figura 12. Lóbulos anales de *Aceria tulipae*. a) Grupo de ácaros en quiescencia varios sujetos con los lóbulos anales, b) larva quiescente de *Aceria tulipae* sujeta con los lóbulos anales.

Conclusiones

Este trabajo es el resultado de investigaciones realizadas dentro del proyecto Manejo Integrado del ajo en el Estado de Guanajuato, México, y los resultados obtenidos aportan observaciones específicas y detalladas sobre la biología y comportamiento de *Aceria tulipae* lo que nos permitió conocer aspectos importantes de las estrategias que tiene este eriófido para su sobrevivencia, así como el ciclo biológico que en nuestro país era desconocido.

Todo esto se realizó buscando entender cómo se desarrolla la especie y los patrones de comportamiento que se presentan durante el tiempo que permanece dentro de los bulbos almacenados, esto con el fin de dirigir los esfuerzos de control al conocerse las etapas donde sería posible realizar un manejo integrado de la especie; así como para obtener una disminución importante, tanto en las poblaciones de los ácaros, como en los efectos que causan al cultivo del ajo.

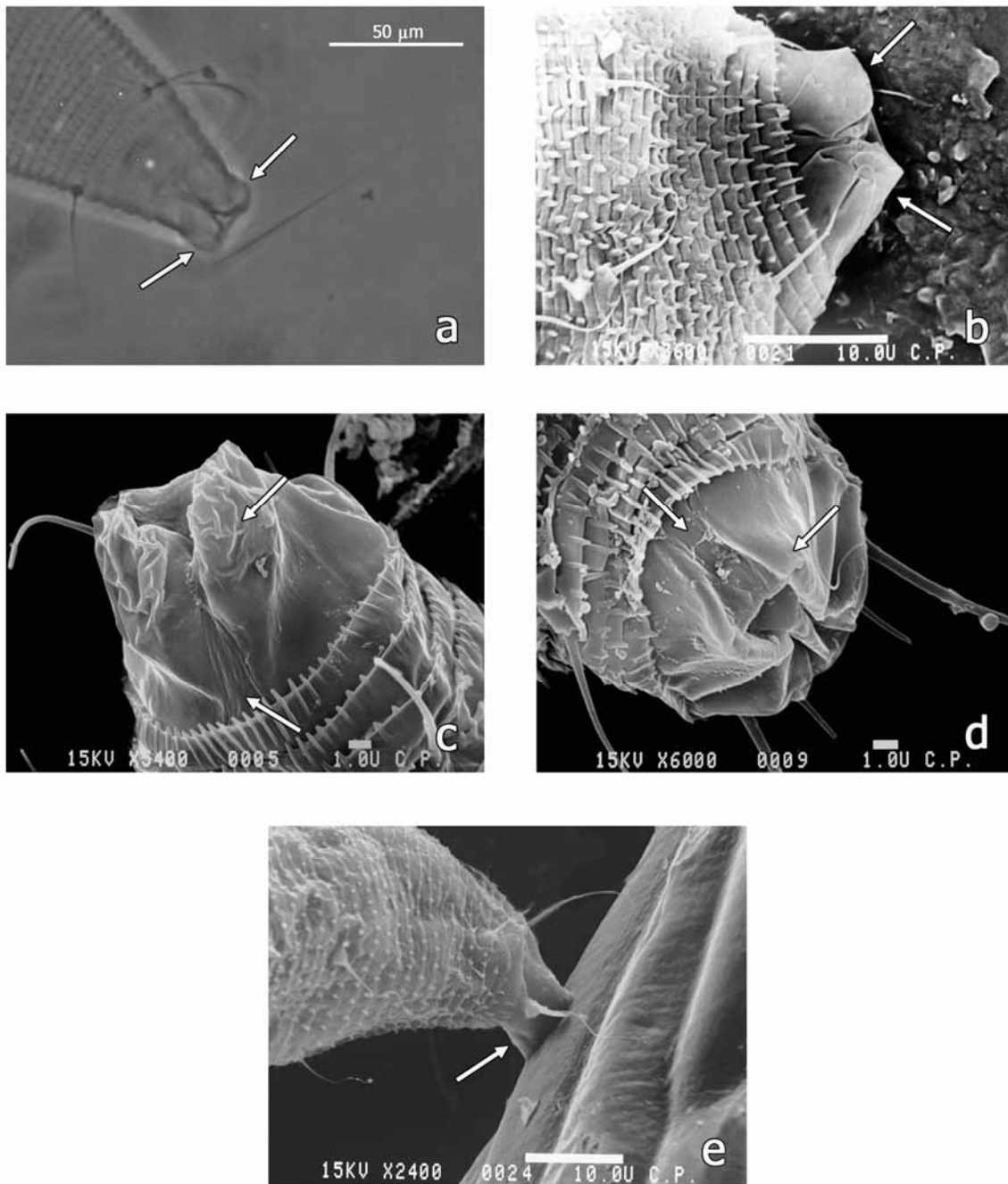


Figura 13. Lóbulos anales de *Aceria tulipae*. a) Vistos en microscopía de contraste de fases, b) vistos en microscopía electrónica de barrido, c-d) partes que los componen, e) detalle de cómo se fija al sustrato.

Agradecimientos

A la Fundación Produce Guanajuato (Proyecto 245-03) y a la Asociación de Exportadores de Ajo del Centro A. C., por los

apoyos dados para la realización de este trabajo. Además se agradece a los revisores, Gilberto de Moraes y Pedro de la Torre por sus acertados comentarios para mejorar el escrito.

Bibliografía

ACUÑA-SOTO, J.A. Y ESTRADA-VENEGAS, E.G. 2005. Observaciones sobre la biología y comportamiento de *Aceria tulipae* (Acari: Eriophyidae), en condiciones de laboratorio, en bulbillos de ajo (*Allium sativum*) destinados para siembra. Pp39-43. En: Morales-Moreno, A., Mendoza-

Estrada, A., Ibarra-González, M. P., y S. Stanford-Camargo (eds.). *Entomología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Entomología y Colegio de Postgraduados Ed., Vol. 5. 39-43.
ALMAGUEL, R., PÉREZ, R., CÁSERES, I., FEITO, E. & SÁNCHEZ,

- G. 1986. Método de cría y ciclo biológico de *Aceria tulipae* en ajo (*Allium sativum*). *Cien., y Tec., Agric. Prot. de Plan.*, **9**(2): 51-58.
- AMRINE, J.W. & STASNY, T.A. 1994. *Catalog of the Eriophyoidea (Acarina: Prostigmata) of the World*. Indira Publishing House, West Bloomfield, Michigan, 798 p.
- BAKER, G.T., CHANDRAPATYA, A. & NESBIT, H.H.J. 1987. Morphology of several types of cuticular suckers on mites (Arachnida, Acarina). *Spixiana.*, **10**:131-137.
- CONNIN, R.V. 1956. The host Range of the wheat curl mite, vector of wheat streak-mosaic. *J. Econ. Entomol.*, **49**(1): 1-4.
- COURTIN, L., FAUVEL, G. & LECLANT, F. 2000. Temperature and relative humidity effects on egg and nymphal development of *Aceria tulipae* (K.) (Acari: Eriophyoidea) on garlic leaves (*Allium sativum* L.) *Ann. Appl. Biol.*, **137**(3): 207-211.
- DEL ROSARIO, M.S. & SILL, S.H. 1958. A method of large colonies of an eriophyd mite, *Aceria tulipae* K., in pure culture from single eggs or adults. *J. Econ. Entomol.*, **51**(3): 303-306.
- DEL ROSARIO, M. S. AND SILL, S. H. 1964. Additional biological and ecological characteristics of *Aceria tulipae* (Acarina-Eriophyoidea). *J. Econ. Entomol.*, **57**(6): 893-896.
- DEL ROSARIO, M.S. & SILL, H.W. 1965. Physiological strains of *Aceria tulipae* and their relationships to the transmission of wheat streak mosaic virus. *Phytopathology*, **55**: 1168-1175.
- ERBE, E., POOLEY, C. & MURPHY, C. 1995. Plant Sciences Institute. Beltsville Electron Microscopy Unit Page. http://emv.arsuda.gov/color_stereo_mites/default.html. Pagina electronica. Consultada 23 de Julio de 2007.
- ESTRADA-VENEGAS, E.G., NORTON, R.A., EQUIHUA-MARTÍNEZ, A., ROMERO, J.N., TRINIDAD, J.S. & GONZÁLEZ, H.H. 1999. Biología y nueva sinonimia de *Archezogozetes longisetosus* Aoki, (Acari-Oribatida) de la Mancha Veracruz, México. *Fol. Entomol. Mex.*, **107**: 41-50.
- ESTRADA-VENEGAS, E.G. Y ACUÑA-SOTO, J.A. 2004. Daños provocados por *Aceria tulipae* (Acari: Eriophyoidea) en bulbillos de ajo (*Allium sativum*) destinados para siembra en el estado de Guanajuato, México. Pp. 96-100. En: Morales-Moreno A., Ibarra González, M. P., Rivera González, M. del P., y S. Stanford-Camargo (eds.). *Entomología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Entomología y Colegio de Postgraduados Ed., Vol. 3: 96-100.
- ESTRADA-VENEGAS, E.G. Y EQUIHUA-MARTÍNEZ, A. 2006. Algunos aspectos sobre la biología de *Aculus tetanothrix* (Acari: Eriophyoidea), ácaro agallador del ahuejote en la zona chinampera de Xochimilco, D. F. Pp 167-171. En: Estrada-Venegas, E. G., Romero-Nápoles, J., Equihua-Martínez, A., Luna-León, C., y J. L. Rosas-Acevedo. (eds.). *Entomología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Entomología y Colegio de Postgraduados Ed., Vol. 5, Tomo 1: 167-171.
- EVANS, G.O. 1992. *Principles of acarology*. C.A.B. International University Press, Cambridge, 576 pp.
- GIBSON, W.W. 1957. Biological and ecological studies on the wheat curl mite, *Aceria tulipae* (Keifer) on winter wheat in Kansas. *State Coll. Manhattan Dis. Abst.*, **17**(1): 697-698.
- HOFFMANN, A. & LÓPEZ-CAMPOS, G. 2000. *Biodiversidad de Ácaros de México*. UNAM- CONABIO, 230 pp.
- KEIFER, H.H. 1938. Eriophyid studies I. *Bull. Depart. of Agric.* State of California., **27**(2):181-206.
- KEIFER, H.H. 1969. Eriophyid Studies C-3. *ARS-USDA*. 1-24.
- KEIFER, H.H. 1975. Eriophyoidea (Nalepa). In: Jeppson L. E., Keifer, H. H., and E. W. Baker (eds.). *Mites injurious to economic plants*. University of California Press. Berkeley, California. USA. P. 327-396.
- KRANTZ, G.W. 1973. Observations on the morphology and behavior of the filbert rust mite, *Aculus comatus* (Prostigmata: Eriophyoidea) in Oregon. *Ann. Ent. Soc. Amm.*, **66**(4): 709-717.
- KRANTZ, G.W. 1978. *A manual of acarology*. OSU Bookstore. Corvallis, Oregon, 509 pp.
- LANGE, H.W. JR. 1955. *Aceria tulipae* (K.) damaging garlic in California. *J. Econ. Entomol.*, **48**(5): 612-613.
- LINDQUIST, E.E. 1996. External anatomy and systematic: External anatomy and notation on structures. In: Lindquist, E.E., Sabelis, M.W., and J. Bruin (eds.). *Eriophyid mites- their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publ., Amsterdam. The Netherlands. P. 3-32.
- NAULT, R.L. & STYER, E.W. 1969. The dispersal of *Aceria tulipae* K. and three other grass-infesting eriophyid mites in Ohio. *Ann. Ent. Soc. Amm.*, **62**(6): 1446-1455.
- NAVIA, D., TROUL, G., MENDOCA, S.R. & SAGADIN, M. 2006. *Aceria tosichella* Keifer (Acari: Eriophyoidea) from wheat streak mosaic virus-infected wheat plants in Argentina. *Internat. J. Acarol.*, **32**(2): 189-193.
- NUZZACI, G. & ALBERTI, G. 1996. Internal anatomy and physiology. In: Lindquist, E.E., Sabelis, M.W., and J. Bruin (eds.). *Eriophyid mites- their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publ., Amsterdam. The Netherlands. 101-150.
- OLFIELD, G.N., HOZBA, R.F. & WILSON, N.S.. 1970. Discovery and characterization of spermatophores in the Eriophyoidea (Acari). *Ann. Ent. Soc. Amm.*, **63**(2): 520-526.
- RODRÍGUEZ-NAVARRO, G.S. & ESTÉBANEZ, G.M.L. 1998. *Acarofauna asociada a vegetales de importancia agrícola y económica en México*. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de producción agrícola y animal. UAM, Xochimilco, 103 p.
- SHEVTCHEIKO, V.G., DE-MILLO, A.P., RAZVYAZKINA, G.M. & KAPKOVA, E.A. 1970. Taxonomic separation of similar species of eriophyid mites, *Aceria tulipae* Keif. And *A. tritici* sp. n. (Acarina, Eriophyoidea) – Vectors of the viruses of onions and wheat. *Zool. Zhur.*. Moscow., **49**(2): 224-235.
- SLYKHUS, J.T. 1953. The relation of *Aceria tulipae* (K.) to streak mosaic and other chlorotic symptoms of wheat. *Phytopathology.* **43**: 484-485.
- SLYKHUS, J.T. 1955. *Aceria tulipae* in relation to the spread of wheat streak mosaic. *Phytopathology.* **45**: 116-128.
- STERLING, M. & GRIFFITHS, D.A. 1974. The emission and form of spermatophores and the fine structure of adult *Eriophyes sheldoni* Ewing (Acarina: Eriophyoidea). *Bull. Entomol. Res.*, **63**: 561-565.
- WESTPHAL, E. & MANSON, D.C. 1996. Feeding effects on host plants: Galls formation and other distortions. In: Lindquist, E.E., Sabelis, M.W., and J. Bruin (eds.). *Eriophyid mites- their biology, natural enemies and control*. Elsevier Science Publ. Amsterdam, The Netherlands. P. 231-242.
- WHITMOYER, R.E., NAULT, L.R. & BRADFUTE, O.E. 1972. Fine structure of *Aceria tulipae* (Acarina: Eriophyoidea). *Ann. Ent. Soc. Amm.*, **65**(1): 201-215.

