

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



CICLO DE VIDA Y PARÁMETROS POBLACIONALES DEL ÁCARO
AGALLADOR *Aceria malherbae* (Acari:Eriophyidae) SOBRE CORREHUELA
(*Convolvulus arvensis* L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.

Tesis

Que presenta FÁTIMA MARTÍNEZ ARGÜELLO

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

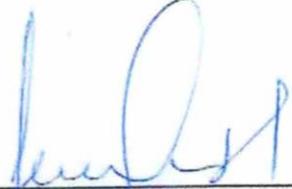
Saltillo, Coahuila

Junio 2023

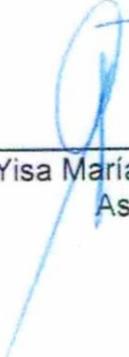
CICLO DE VIDA Y PARÁMETROS POBLACIONALES DEL ÁCARO
AGALLADOR *Aceria malherbae* (Acari:Eriophyidae) SOBRE CORREHUELA
(*Convolvulus arvensis* L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.

Tesis

Elaborada por FÁTIMA MARTÍNEZ ARGÜELLO como requisito parcial para
obtener el grado de Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Tesis



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor



M.C. Alicia Verga Verdugo
Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Postgrado

Agradecimientos

A **Dios**, por ser mi guía y parte importante en mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas.

A la **UAAAN** y **Departamento de Parasitología**, gracias al brindarme el conocimiento necesario para mi formación como profesionista y por haberme brindado las herramientas del conocimiento para desempeñarme en el ámbito profesional.

Al **Dr. Jerónimo Landeros**, por siempre darme ánimos y la atención para este proyecto, sus palabras de aliento me ayudaron mucho para lograr cada parte de este proyecto.

A la **M.C. Alicia Vega**, por el apoyo recibido durante el desarrollo de esta investigación y formar parte esencial de este proyecto.

A mis **Asesores de Tesis**, por haberme permitido realizar mi investigación de tesis, bajo su asesoría, aportaciones y enseñanzas.

Al **M.C. Abiel Sánchez**, por siempre ser parte de mi formación dentro de la Universidad y brindarme apoyo en todo momento. Gracias por compartirme su conocimiento y experiencia.

A **CONAHCYT**, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Dedicatoria

A mis padres, **Aníbal** y **Georgina**, por todo el amor y apoyo incondicional que siempre me han brindado, gracias por ser mi ejemplo y siempre confiar en mí. Los amo infinitamente.

A mis hermanos, **Greysi** y **Eduardo**, quienes siempre han estado conmigo incluso en la distancia dándome sus palabras de aliento para continuar con mis metas.

A **Elena García**, por todo su apoyo y cariño, gracias por estar presente en grandes momentos que compartimos durante esta etapa, gracias por decir las palabras correctas para no darme por vencida.

A **Ema L. García**, por siempre apoyarme aun en la distancia y guiarme en este camino.

A mis amigos, **Jaqueline Flores**, **Carolina Landeros**, **Lucia Fuentes**, **Adriana Félix**, **Marcos Librado**, **Vidal Zavala** y **Edgar Guzmán**; por compartir conmigo los buenos y malos momentos, gracias por todos sus ánimos y estar siempre, los quiero.

Índice General

Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria	iv
Índice General.....	v
Lista de Cuadros	vii
Lista de Figuras	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Biología y hábitos de correhuela	3
Ciclo y morfología.....	3
Adaptación de la maleza.....	6
Estrés hídrico	6
Alelopatía.....	6
El periodo crítico de competencia de la correhuela perenne.....	7
Importancia y control de la maleza.....	8
Económico.....	8
Control químico.....	9
Control biológico de malezas (CBM).....	10
Selección para el establecimiento del control biológico.....	12
Ácaros fitófagos como agentes de control biológico de malezas.....	12
Ácaro agallador de la correhuela (<i>Aceria malherbae</i>).....	20
Mecanismos de respuestas en convolvuláceas	20
MATERIALES Y METODOS	23
Ubicación del experimento	23
Colecta y establecimiento del material biológico	23
Desarrollo de poblaciones	24
Manejo del Material biológico.....	24
Poblaciones para ciclo de vida.....	25

Estimación de parámetros poblacionales.....	26
Análisis estadístico.....	27
Fórmulas para calcular parámetros poblacionales	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
Ciclo de vida de <i>Aceria malherbae</i> en condiciones de laboratorio.....	28
Supervivencia y mortalidad de <i>Aceria malherbae</i>	29
Observaciones.....	32
CONCLUSIONES.....	34
REFERENCIAS	35

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Cambios fenológicos en <i>Convolvulus arvensis</i> durante la estación de crecimiento y en relación a la temperatura del aire (Chaves, 2000).....	4
Cuadro 2. Periodo crítico de competencia de <i>Convolvulus arvensis</i> L. en cultivos de principal interés agrícola	7
Cuadro 3. Especies arvenses más importantes del mundo. De acuerdo con Holm et al., (1977).....	9
Cuadro 4. Ácaros eriófidos (Genero <i>Aceria</i>) que han sido considerados para el control biológico de malezas a nivel mundial (Smith et al., 2010).....	14
Cuadro 5. Definición y fórmulas para calcular parámetros poblacionales, según Birch (1948).....	27
Cuadro 6. Duración media del ciclo de vida de <i>Aceria malherbae</i> sobre discos de hoja de <i>C. arvensis</i> bajo condiciones de laboratorio.....	28
Cuadro 7. Resultados de parámetros poblacionales mediante fórmulas de Birch (1948).	30
Cuadro 8. Tabla de Vida de hembras de <i>A. malherbae</i> sobre discos de hoja de <i>C. arvensis</i> , bajo condiciones controladas de laboratorio.	31

Lista de Figuras

Figura 1. A. Semillas de <i>C.arvensis</i> ; B. Rizoma; C. Raíz.	4
Figura 2. <i>Convolvulus arvensis</i> en estado de plántula.....	5
Figura 3. Incremento global de los casos de resistencia de herbicidas en malezas en las últimas décadas, Según Vargas et.al. (2008).....	10
Figura 4. Número de especies de Eriophyidae utilizadas como agentes de control biológico de malezas (Vásquez et al., 2015).	13
Figura 5. Departamento de Parasitología UAAAN.....	23
Figura 6. A. Hojas con agallas producidas por <i>A. malherbae</i> ; B. Planta de <i>C. arvensis</i> ; C. Camara Biotronette Mark III Environmental Chamber.	24
Figura 7. Manejo de material biológico.....	25
Figura 8. Poblaciones para ciclo de vida de <i>Aceria malherbae</i>	25
Figura 9. Pasos para estimación de parámetros poblacionales.	27
Figura 10. Resultados de supervivencia de <i>A. malherbae</i> sobre discos de hoja de <i>C. arvensis</i> , bajo condiciones de laboratorio (25°C, HR 60-70% y 12:12 Luz-oscuridad).	30
Figura 11. Resultados de fecundidad de <i>A. malherbae</i> bajo condiciones de laboratorio (25°C, HR 60-70% y 12:12 luz-oscuridad).	32
Figura 12. Observaciones de comportamiento de <i>Aceria malherbae</i> ; B. Observación por (Leiva 2015).	33

RESUMEN

Convolvulus arvensis L. (Solanales: Convolvulaceae) es una maleza exótica del continente Europeo y se encuentra actualmente distribuida en el mundo. Los ácaros eriofioides durante mucho tiempo se ha pensado que poseen un gran potencial como agentes de control biológico ya que son altamente específicos, dentro de la acarofauna asociada a esta planta se ha reportado la especie *Aceria malherbae*, un ácaro productor de agallas en las hojas causando una deformación en la planta a lo largo de la vena media de la hoja, al tener una alta especificidad de ataque se le puede considerar como un candidato en el control de esta maleza. El objetivo de esta investigación fue determinar el ciclo de vida y parámetros poblacionales (R_0 , r_m , TG, t_2 y λ) de *Aceria malherbae* NUZZACI (Acari: Eriophyidae) sobre plantas de Correhuela (*Convolvulus arvensis* L). Para el establecimiento se mantuvieron las crías de *A. malherbae* en el laboratorio y se estudió el ciclo de vida y el potencial de desarrollo de esta especie a través del registro de los parámetros poblacionales. Para llevar a cabo la investigación se colectaron ácaros en la Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Yaqui en Cd. Obregón, Sonora en Septiembre 2022 y se mantuvieron en plantas de *C. arvensis* en una cámara Biotronette bajo condiciones controladas de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa de 60-70% y un fotoperiodo de 12:12 h (luz-oscuridad) en el laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Para el manejo del material biológico se empleó la técnica conocida como hoja-arena. *Aceria malherbae* completo su ciclo en 12.29 días. La tasa de fecundidad fue de 23.83 huevos ovipuestos en promedio por cada hembra durante 13 días (h/ H/ d); así mismo, los parámetros poblacionales R_0 , r_m y λ fueron de 18.87, 0.54 y 1.72. Para el caso de parámetros poblacionales de TG y t_2 se presentan los tiempos de desarrollo y duplicación de la población con 5.40 y 1.27 respectivamente.

Palabras clave: Liberación; transferencia; técnica.

ABSTRACT

Convolvulus arvensis L. (Solanales: Convolvulaceae) is an exotic weed, native to Mediterranean Europe and widely distributed in the world. The eriophyid mites have long been thought to have great potential as biological control agents because they are highly specific, within the acarofauna associated with this plant has been reported *Aceria malherbae* species, a mite producing galls on the leaves causing a deformation in the plant along the midvein of the leaf, having a high specificity of attack can be considered as a candidate in the control of this weed. The objective of this research was to determine the life cycle and population parameters (R_0 , r_m , TG, t_2 and λ) of *Aceria malherbae* NUZZACI (Acari: Eriophyidae) on plants of Correhuela (*Convolvulus arvensis* L). For the establishment, the offspring of *A. malherbae* were kept in the laboratory and the life cycle and developmental potential of this species were studied through the recording of population parameters. To carry out the research, mites were collected at the Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Yaqui in Cd. Obregón, Sonora in September 2022 and were maintained on *C. arvensis* plants in a Biotronette chamber under controlled conditions of $25 \pm 2^\circ\text{C}$, relative humidity of 60-70% and a photoperiod of 12:12 h (light-dark) in the laboratory of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. The leaf-sand technique was used for handling the biological material. *Aceria malherbae* completed its cycle in 12.29 days. The fecundity rate was 23.83 eggs oviposited on average per female in 13 days (h/ H/ d); likewise, the population parameters R_0 , r_m and λ were 18.87, 0.54 and 1.72. In the case of population parameters TG and t_2 , the development and doubling times of the population were 5.40 and 1.27, respectively.

Key words: Release; transfer; technique

INTRODUCCIÓN

La FAO (1996), describe que se deben considerar como malezas a las plantas que se involucran o interfieren con la actividad humana en áreas cultivables y no cultivables. La palabra maleza se deriva del latín «malitia» la cual significa «maldad»; por lo cual en el primer Diccionario General Etimológico de la Lengua Española se define “Maleza” como maldad (Blanco y Leyva, 2007).

Las malezas al estar compitiendo por los nutrientes del suelo representa un serio problema en la producción agrícola, se estiman perdidas considerables a nivel mundial de alrededor del 13%, además de los nutrientes también compiten por agua y luz, además las raíces pueden liberar algunas moléculas que impiden o invaden el desarrollo de los cultivos (INTAGRI, 2017).

Las características de estas malezas hace que puedan ser exitosas para invadir el agroecosistema exitosamente, esto se debe a la rapidez de colonización, la dificultad de su eliminación y el establecimiento dentro del cultivo (Altieri, 1996; Rodríguez, 2020). Es importante considerar los problemas potenciales de esta maleza y darle paso a nuevas alternativas en el control como es el caso del control biológico, el cual no es muy considerado cuando se aplica en maleza; por lo tanto los ácaros son un alternativa que favorece el detrimento de las plantas en campo cuando son específicos (Weyl *et al.*, 2019).

Dentro de la acarofauna asociada a malezas, los ácaros eriofioides se les considera como los más importantes por su potencial reproductivo y alta especificidad (Rosenthal & Buckingham, 1991; Skoracka *et al.*, 2009). *Aceria malherbae* es un ácaro fitoparásito asociado a *Convolvulus arvensis* el cual ocasiona malformaciones de la hojas y reducción en su capacidad de desarrollo (Konigsberg, 2014).

Objetivos

- I. Determinar el ciclo de vida de *Aceria malherbae*.
- II. Evaluar los parámetros poblacionales de *A.malherbae* sobre correhuela (*Convolvulus arvensis L.*).

Hipótesis

La capacidad de incremento poblacional de *Aceria malherbae* será eficiente para el control de *Convolvulus arvensis*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Biología y hábitos de correhuela

Convolvulus arvensis L. (Solanales: Convolvulaceae) es una maleza una maleza originaria de la región Europea, la cual se cree que fue introducida al continente americano en el siglo XVIII (Enloe et al., 1999). Las malezas al estar compitiendo por los nutrientes del suelo representa un serio problema en la producción agrícola, se estiman perdidas considerables a nivel mundial de alrededor del 13%, además de los nutrientes también compiten por agua y luz, además las raíces pueden liberar algunas moléculas que impiden o invaden el desarrollo de los cultivos (INTAGRI, 2017; Pedreros, 2010).

Por otro lado, esta maleza también se propaga por rizomas y el desarrollo de raíces en el sistema subterráneo se producen múltiples rizomas capaces de producir nuevos tallos aéreos, estos midiendo a su vez aproximadamente 9 metros (Tamayo Esquer, 2014). Otra característica de adaptación que presenta la maleza, es el potencial de producción de semillas para esto la temperatura es un factor abiótico importante para acelerar sus etapas, en el caso de la familia Convolvulaceae, la cantidad de semilla producida puede variar la genética de las plantas como al clima del lugar, por lo que la producción aumenta durante los años de sequía(Chaves, 2002).

Ciclo y morfología

Es una maleza perenne, dicotiledónea del orden solanales, perteneciente a la familia *Convolvulaceae*, puede reproducirse por semillas, rizomas y raíces (Fig. 1)

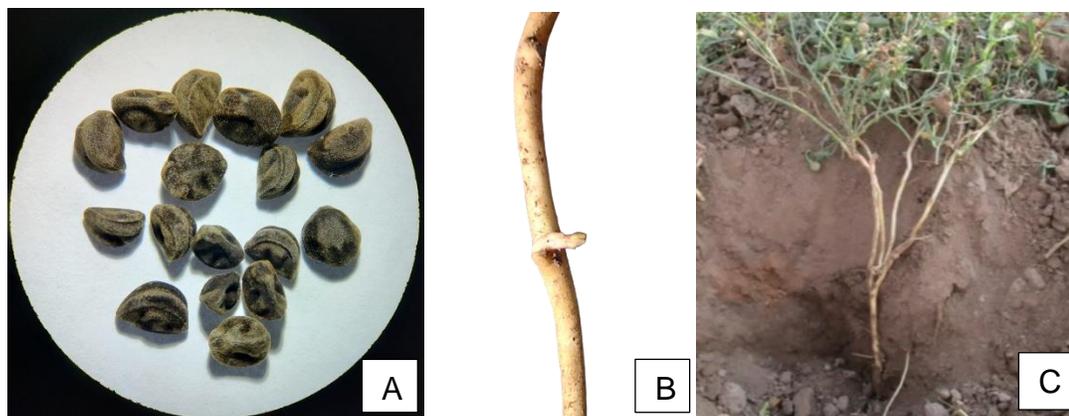


Figura 1. A. Semillas de *C. arvensis*; B. Rizoma; C. Raíz.

Convolvulus arvensis es una maleza perenne donde su ciclo se completa en primavera-verano, por lo tanto, su período vegetativo comienza a fines del invierno, florece en verano y prolonga su fructificación a fines del otoño (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cambios fenológicos en *Convolvulus arvensis* durante la estación de crecimiento y en relación a la temperatura del aire (Chaves, 2000).

Estado fenológico de <i>C. arvensis</i>	Fecha	Días desde la brotación	Temperatura media del mes °C
Inicio de brotación	Septiembre	0	10.8
Inicio de floración	Noviembre	57	18.3
50% de floración	Diciembre	82	20.7
Final de brotación	Marzo	187	17.7
Final de ciclo (1er helada)	Abril	217	13.1

Las plántulas que provienen de semillas son caracterizadas por tener cotiledones reniformes los cuales se presentan de forma redondeada y profunda desde el ápice (Figura 2), además poseen pedúnculos largos y son consideradas plántulas grandes. En los estados juveniles se pueden identificar fácilmente debido a que, tanto sus hojas como el aspecto en general de la plántula presentan características muy similares a la de una planta adulta.



Figura 2. Convolvulus arvensis en estado de plántula.

El tamaño de la hoja (de 0.3 a 6 cm de ancho y de 1 a 10 cm de largo) puede tener verse afectada a las condiciones ambientales, como el estrés por humedad y la intensidad de la luz que logra captar durante el día. Los tallos son delgados y caídos los cuales tienden a trepar buscando la luz, lisos a peludos y de hasta 2 m de largo o más. La enredadera de campo produce raíces verticales y laterales que pueden alcanzar profundidades de 6 a 9 m, según el tipo de suelo prefiriendo suelos arcillosos (Weaver y Riley, 1982).

Hay informes que las raíces laterales crecen a una distancia de 35 a 100 cm de la planta madre antes de que se formen las raíces verticales secundarias (Preston, 2012).

En los meses de Agosto y Septiembre se lleva a cabo la acumulación de almidón que se produce en las raíces pero en Octubre se encuentra la mayor cantidad de almidón en las raíces, este producto también ayuda a actuar como anticongelante para protección de las raíces por daños de congelamiento durante el invierno. Debido a que el alargamiento del tallo es realizado en el mes de Mayo las reservas de carbohidratos de la raíz son más bajas pero el contenido de nitrógeno de la raíz aumenta a mediados de Abril antes de la emergencia de la brotación nueva (Jacobs, 2007).

Adaptación de la maleza

Las malezas son plantas con diversas características adaptativas las cuales hacen que sean exitosas en la zona donde se establecen, donde lo más destacado es su extenso sistema de raíces que le favorece en la competencia con los cultivos de interés agrícola provocando una reducción de rendimiento en los cultivos (Rodríguez Delfín, 2016).

Estrés hídrico

Las especies que han desarrollado mecanismos de defensa ante el estrés hídrico, la capacidad fotosintética y el rendimiento logran mantener el área foliar o incluso aumentarla (Barreto *et al.*, 2017; Tourneux *et al.*, 2003).

Rodríguez-Navarro *et al.*, (2008) mencionaron en los resultados de su experimento con *Ipomoea batatas* L. (Convolvulaceae) que el estrés hídrico incrementó los niveles de prolina en raíces tuberosas pero no en hojas, también causó una menor extracción de N, P, Ca, Mg, K y Na.

Los síntomas causados por la incidencia de ácaros son elevados en años más secos y en ambientes sin riego. La recuperación de la población de ácaros en la maleza cuando ocurre una helada tardía, nieve o granizo tardan el resto del año por lo que es fácil identificar los síntomas en las mismas plantas (Smith *et al.*, 2010).

Alelopatía

Las malezas anuales y perennes han demostrado poseer un potencial alelopático a otras plantas, considerado como mecanismo de interferencia química, esto puede verse regulado por la germinación y el crecimiento de una especie contra lo cual se conoce como alelopatía dando lugar la liberación de sustancias químicas inhibitorias (Nitesh *et al.*, 2015).

Trezzi *et al.*, (2016) menciono algunos grupos de compuestos relacionados con efectos alelopáticos donde se incluyen los fenoles simples, flavonoides, terpenoides, alcaloides, ácidos grasos, poliacetilenos, compuestos sulfurados,

oligopéptidos y glucosinolatos, los cuales también pueden actuar por acción conjunta de varios aleloquímicos que se encuentran en la planta.

Convolvulus arvensis es una maleza altamente nociva para los cultivos, Navarro *et al.*, (2015) evaluaron su potencial alelopático mediante bioensayos in vitro en semillas de alfafa, trigo y garbanzo, en el cual menciona que tiene un efecto inhibitorio sobre el porcentaje de germinación de semillas y el crecimiento radicular de las especies de Trigo.

El periodo crítico de competencia de la correhuela perenne

Es necesario determinar la época óptima para aplicar las medidas de control, por lo tanto, el diseño de programas de manejo de malezas se basa en el periodo crítico de la maleza (PCC) (D'Antoni *et al.*, 2012)

La severidad de la competencia entre la maleza y el cultivo, depende de las malezas presentes, densidad del cultivo y la maleza, época de emergencia de la maleza, sistema de siembra, humedad del ambiente, nivel de fertilidad del suelo y duración del período de competencia, entre otros. En general, la competencia suele ser más crítica durante la primera etapa del desarrollo vegetativo del cultivo donde está más susceptible (Cuadro 2) (Rosales Robles *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Periodo crítico de competencia de *Convolvulus arvensis* L. en cultivos de principal interés agrícola

CULTIVO	PCC (DDS)	% REDUCCIÓN EN RENDIMIENTO DEL CULTIVO	REFERENCIA
SORGO	EMERGENCIA (30-40 DÍAS)	5%	(Rosales Robles <i>et al.</i> , 2006)
TOMATE	EMERGENCIA-DESARROLLO (30 DÍAS)	40%	(D'Antoni <i>et al.</i> , 2012)
ALGODÓN	EMERGENCIA-DESARROLLO (50-60 DÍAS)	30-50%	(Rosales Robles <i>et al.</i> , 2006)
MAÍZ	EMERGENCIA-DESARROLLO (30-40 DÍAS)	11%	(Muñiz Moreno, 2017)

La correhuela afecta considerablemente el rendimiento de los principales cultivos básicos, incrementando los costos de producción, la dificultad en las cosechas reduciendo la opción para la maquinaria y la reducción de la calidad del cultivo afectando el producto a comercializarse (Tamayo Esquer, 2014).

Importancia y control de la maleza

Por mucho tiempo la eliminación manual o mecánica de las malezas ha sido el método tradicional de control. En los últimos 60 años, coincidiendo con el inicio de la industrialización agrícola, el manejo de las malezas se ha visto más expuesto a su erradicación mediante el uso de herbicidas que en el desarrollo de su sistema de manejo; por lo tanto son consideradas las variables económicas, ecológicas, y sociales que impactan en su interés (Upadhyaya y Blackshaw, 2007).

Desde el punto de vista ecológico las actividades agrícolas que se realizan actualmente incluyendo el uso de herbicidas, el laboreo de suelo, la adición de nutrientes y la cosecha, causan alteraciones afectando el ecosistema y la población. Por lo tanto es necesario tomar en cuenta realizar hacer el manejo adecuado para las malezas presentes en el agroecosistema (Menalled, 2010).

Económico

Cordo (2004) observo que dentro de los problemas económicos para el control de malezas existe un gran impacto negativo, lo cual se observa en:

- Reducción de la producción agrícola (cantidad y/o calidad).
- Los costos provocados para el control de arvenses dentro del sistema agrícola existente.
- Preferencia de cultivos por la maleza (malezas particulares del cultivo).
- Los costos para el control de malezas externas que se propagan fuera de los límites de la finca o predio.

A continuación, Holm et al., (1977) menciona las 16 especies de arvenses más importantes del mundo, para esto es considerado los daños que producen y los

gastos que se aplican para su control, encontrándose *Convolvulus arvensis* en la posición número 12 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especies arvenses más importantes del mundo. De acuerdo con Holm et al., (1977).

	ESPECIES	FAMILIA	CICLO DE VIDA
1	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Perenne
2	<i>Cynodon dactylon</i> (L) Pers.	Poaceae	Perenne
3	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	Anual
4	<i>Echinochloa colona</i> (L) Link	Poaceae	Anual
5	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner	Poaceae	Anual
6	<i>Sorghum halepense</i> (L) Pers.	Poaceae	Perenne
7	<i>Imperata cylindrica</i>	Poaceae	Perenne
8	<i>Eichornia crassipes</i>	Potederiaceae	Perenne
9	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Anual
10	<i>Chenopodium album</i>	Chenopodeaceae	Anual
11	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Poaceae	Anual
12	<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	Perenne
13	<i>Avena fatua</i> y especies afines	Poaceae	Anual
14	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amarathaceae	Anual
15	<i>Amarantuhis spinosus</i> L.	Amarathaceae	Anual
16	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	Perenne
17	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.)	Poaceae	Anual

Control químico

El control químico ha influido excesivamente en la resistencia de la planta, ya que estas pueden heredar un biotipo a la siguiente generación para poder sobrevivir a las aplicaciones de los herbicidas (FAO, 1996; Taberner et al., 2007).

En las últimas décadas el aumento en los casos de resistencia ha tenido resultados exponencial, teniendo en cuenta que hay malezas resistentes a varios herbicidas con diferentes modos de acción, este fenómeno está provocando que el control químico se encuentre en un estado de desequilibrio para el control de malezas (Vargas et al., 2008) (Fig. 3).

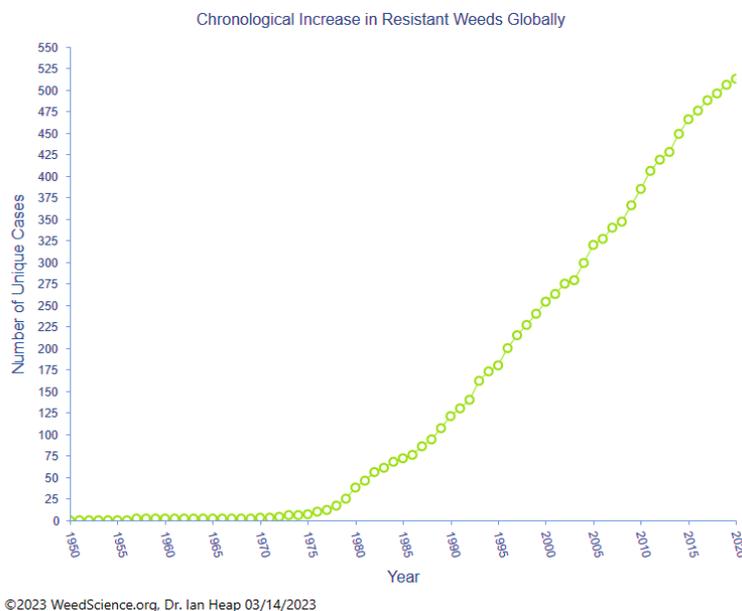


Figura 3. Incremento global de los casos de resistencia de herbicidas en malezas en las últimas décadas, Según Vargas et.al. (2008).

Actualmente Heap (2023), descubrió que existen más de 500 casos de malezas resistentes a herbicidas a nivel mundial tomando en cuenta la especie y el sitio de acción, donde 267 especies (154 dicotiledóneas y 113 monocotiledóneas) se mantienen en constante estudio sobre su resistencia y 97 cultivos en 72 países tienen reportes con resistencia a herbicidas, por lo tanto las malas hierbas han desarrollado resistencia excesiva a 21 de los 31 sitios de acción de herbicidas.

Control biológico de malezas (CBM)

El control biológico de malezas (CBM) es consiente en el uso de enemigos naturales para interrumpir el crecimiento o reducir el área donde están presentes las malezas. Para esto en los últimos años se han utilizado insectos, ácaros, patógenos de plantas, herbívoros acuáticos y terrestres como agentes de control, cuyo resultado en malezas es lenta, pero permanente y a bajo costo (de la Torre & Almaguel, 2014).

Por lo tanto, el manejo integrado de malezas (MIM) consiste en combinar información acerca de los factores biológicos, culturales y abióticos los cuales

determinan la abundancia e impacto de las arvenses evaluando el lado ecológico y social sobre las prácticas de manejo (Sanyal *et al.*, 2008).

El CBM tiene limitaciones para su introducción, liberación y establecimiento, son pocos los agentes de control estudiados y esto causa una desventaja más para su investigación ya que es necesario tener conocimiento exacto de la maleza para llevar a cabo su control (Cordo, 2004).

Es necesario conocer las medidas de éxito para evaluar el control biológico de malezas descritas por Wiedenmann (2007):

1. Éxito ecológico; ocurre una recuperación o restauración.
2. Éxito económico; los beneficios aumentan más que los costos.
3. Éxito social; tal como la sociedad adquiere beneficios o aumenta su entendimiento sobre el control biológico.
4. Éxito legal; la causa donde las leyes y normas son usadas efectivamente.
5. Éxito científico; donde se incrementa el entendimiento de sistemas o procesos ecológicos.
6. Éxito político: en el cual el apoyo financiero y filosófico se logra como consecuencia del resultado de un proyecto más competitivo.

En los últimos años las medidas que se deben tomar en cuenta para seleccionar un agente de control biológico clásico es la especificidad, adaptación al clima y fitogeografía del área invadida, impacto sobre la maleza específica y niveles aceptables de interacción con otros agentes de CB y la red trófica en general donde han sido utilizados insectos, ácaros y fitopatógenos, este control es un proceso lento en el cual se deben cancelar otros controles para lograr el establecimiento, reproducción y crecimiento de las poblaciones de los agentes y el control se lleve a cabo con éxito (Cabrera-Walsh, 2018) (Cabrera-Walsh, 2018).

Selección para el establecimiento del control biológico

Wiedenmann (2007), menciona que antes de considerar cualquier prueba de especificidad de huéspedes, es necesario conocer la taxonomía y ecología de la planta objetivo, por lo tanto, debemos tomar en cuenta:

1. La especie de la planta objetivo (como testigo), pero preferiblemente plantas de varias poblaciones genéticamente diferentes.
2. Especies relacionadas a nivel género y familia de la familia objetivo
3. Otras especies de plantas que han sido encontradas en hábitats similares con la planta objetivo.
4. Finalmente, especies de plantas que son agronómicamente importantes, como maíz, soya, trigo, algodón, alfalfa y arroz, incluso si la planta objetivo no tiene ninguna relación con dichos cultivos.

Es importante tomar en cuenta la composición química de la planta, calidad nutricional, toxicidad y etapa de crecimiento, estructura, el microambiente y la relación con otros herbívoros presentes podrían ser factores que afecten el establecimiento de los ácaros en las malezas objetivo (Michalska *et al.*, 2010).

Ácaros fitófagos como agentes de control biológico de malezas

Las respuestas por la alimentación de los ácaros fitófagos será específica en cada planta, estos pueden ocasionar daños y alteraciones en la morfología de los órganos de la planta, produciendo agallas, deformaciones de tallos y flores las cuales de igual manera pueden variar en forma y tamaño dependiendo del sitio de alimentación del ácaro (De Lillo y Monfreda, 2004).

Los eriófidos prefieren los meristemos y los tejidos blandos jóvenes de todos los órganos de la planta esto relacionado con su alto valor nutricional que estos contienen. La interacción del genotipo de la planta huésped, la especie de ácaro y los factores ambientales dan como resultado la forma final de los síntomas de la planta o el órgano afectado (Duso *et al.*, 2009).

Dentro de la acarofauna asociada a malezas, los ácaros eriofioides se les considera como los más importantes por su potencial reproductivo y alta especificidad (Rosenthal y Buckingham, 1991; Skoracka *et al.*, 2009). Actualmente, pocas especies han sido evaluadas, aprobadas e introducidas por algunos países, ya que se ha tenido poco éxito significativo en algunas especies (Smith *et al.*, 2010).

Vásquez *et al.*, (2015) mencionan las especies más importantes que han sido utilizadas para el control biológico de malezas en donde del género *Aceria*, *Leipothrix* y *Phyllocoptes* presentan un nivel alto de éxito sobre los otros géneros (Fig. 4).

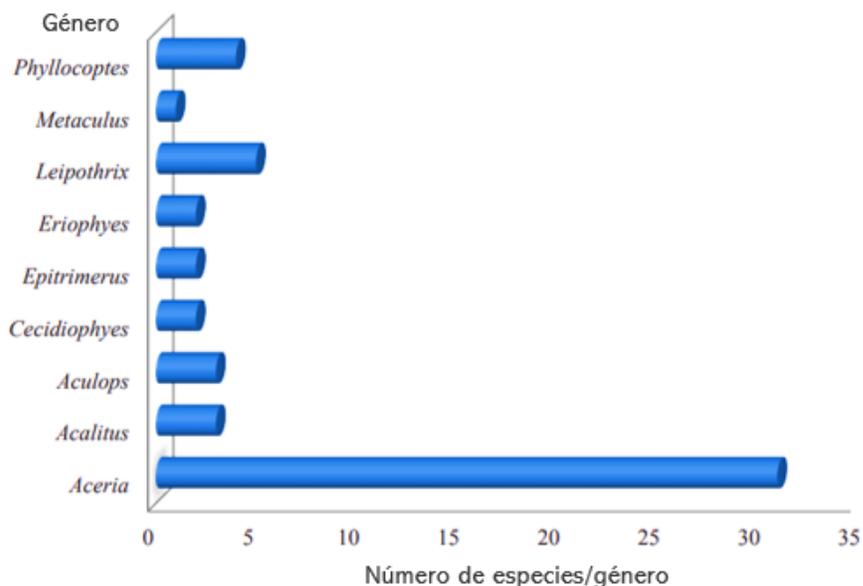


Figura 4. Número de especies de Eriophyidae utilizadas como agentes de control biológico de malezas (Vásquez *et al.*, 2015).

Su alto nivel de especificidad de los eriofioides es un problema relacionado con la canalización morfológica. Un ejemplo de este fenómeno es el género *Aceria*, este género contiene más de 1,000 especies descritas a nivel mundial en plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas (Cuadro 4). Los ácaros que pertenecen a este género son muy similares morfológicamente; por lo tanto, se necesita conocer la

planta huésped del ácaro para poder identificar la especie, esta razón hace el género *Aceria* muy específico, grande y exitoso (Chetverikov, 2015).

Cuadro 4. Ácaros eriófidos (Genero *Aceria*) que han sido considerados para el control biológico de malezas a nivel mundial (Smith et al., 2010).

Target plant ^a	Species	Country of the type locality	Notes
<i>Acacia saligna</i> (Labill.) Wendl. (Fabaceae; orange wattle)	<i>Aceria acacifloris</i> Meyer 1990	West Australia (Australia)	Distortion of the inflorescences often entirely preventing flowering; also on <i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.
<i>Acacia saligna</i>	<i>Aceria burnleya</i> Keifer 1965	Victoria (Australia)	Leaf blisters
<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC. (Asteraceae; Russian knapweed)	<i>Aceria sobhani</i> Sukhareva 2001	Uzbekistan	Stunting of plants; failed host specificity tests
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. (Amaranthaceae; redroot amaranth)	<i>Phyllocoptes amaranathi</i> (Corti 1917)	Argentina	Galls
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. (Asteraceae; common ragweed)	<i>Aceria boycei</i> (Keifer 1943)	California (USA)	Leaf blade galls; also on <i>Ambrosia psilostachya</i> DC (western ragweed) shipments from California to USSR failed
<i>Artemisia vulgaris</i> L. (Asteraceae; wormwood)	<i>Aceria artemisiae</i> (Canestrini 1891)	Italy	Leaf galls; largely spread in Europe; biological observations
<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv. (Brassicaceae; hoary cress, whitetop)	<i>Aceria drabae</i> (Nalepa 1890)	Austria	Flower deformation and reduction in seed production, preliminary evaluation
<i>Centaurea diffusa</i> Lam. (Asteraceae; diffuse knapweed)	<i>Aceria thessalonicae</i> Castagnoli 1991	Greece	Broom-like deformation and reduction of seed production; biological observations; failed host specificity tests
<i>Centaurea diffusa</i> , <i>C. stoebe</i> L. (Asteraceae; diffuse knapweed, spotted knapweed)	<i>Aceria centaureae</i> (Nalepa 1891)	Austria (presumed)	Leaf blister galls; biological and ecological observations; failed host specificity tests

Target plant ^a	Species	Country of the type locality	Notes
<i>Centaurea solstitialis</i> L. and <i>C. virgata</i> Lam.	<i>Aceria solcentaureae</i> de Lillo et al. 2003	Turkey	Plant stunting
<i>C. squarrosa</i> (Willd.) Gugler (Asteraceae; yellow starthistle, squarrose knapweed)			
<i>Centaurea solstitialis</i> and <i>C. virgata</i> ssp. <i>squarrosa</i>	<i>Aceria solstitialis</i> de Lillo et al. 2003	Turkey	Plant stunting; preliminary host specificity
<i>Centaurea virgata</i> ssp. <i>squarrosa</i>	<i>Aceria squarrosae</i> de Lillo et al. 2003	Turkey	Plant stunting
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) King & H. Robinson (Asteraceae; Siam weed)	<i>Acalitus osmia</i> (Cromroy 1958)	Puerto Rico	Erinea
<i>Chromolaena odorata</i>	<i>Aceria striata</i> (Nalepa 1905)	Barbados	Erinea
	<i>Phyllocoptes cruttwelliae</i> Keifer 1973	Trinidad	Vagrant
<i>Clematis vitalba</i> L. (Ranunculaceae; evergreen clematis)	<i>Aceria vitalbae</i> (Canestrini 1892)	Italy	Bud and leaf deformations
<i>Clematis vitalba</i>	<i>Epirimerus heterogaster</i> (Nalepa 1891)	Austria (presumed)	Many host plants; leaf injuries
	<i>Aceria convolvuli</i> (Nalepa 1898)	Austria	Galls, tubercles; confused with <i>Aculus convolvuli</i> (Nalepa 1891)
<i>Cuscuta epithymum</i> (L.) L. (Cuscutaceae; clover dodder)	<i>Eriophyes cuscutae</i> (Molliard 1909)	France	Stunting and plant deformations

Target plant ^a	Species	Country of the type locality	Notes
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. (Poaceae; Bermudagrass)	<i>Aceria cynodontiensis</i> Sayed 1946	Egypt	Economic pest of Bermuda grass in southern USA; plant stunting and decline; relationship in respect to <i>Aceria cynodontis</i> Wilson 1959 needs to be clarified
<i>Dipsacus fullonum</i> L., <i>D. laciniatus</i> L. (Dipsacaceae; teasel)	<i>Leipothrix knautiae</i> (Liro 1942)	Finland	Vagrant; preliminary host specificity
<i>Dipsacus fullonum</i> , <i>D. laciniatus</i>	<i>Leipothrix dipsacivagus</i> Petanović and Rector 2007	Serbia	Leaf, flower, stem injuries; preliminary host specificity
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms (Pontederiaceae; water hyacinth)	<i>Leipothrix eichhorniae</i> (Keifer 1979)	Brazil	Vagrant and rusting
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L. (Elaeagnaceae; Russian olive)	<i>Aceria eleagnicola</i> Farkas 1963	Hungary	(habitus needs confirmation)
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	<i>Aceria angustifoliae</i> Denizhan et al. 2008	Turkey	Leaf lamina distortion, biological studies
<i>Euphorbia cyparissias</i> L. (Euphorbiaceae; cypress spurge)	<i>Phyllocoptes euphorbiae</i> (Farkas 1962)	Hungary	Leaf injuries
<i>Euphorbia esula</i> L., <i>E. cyparissias</i> (Euphorbiaceae; leafy & cypress spurge)	<i>Phyllocoptes nevadensis</i> Roivainen 1953	Spain	Leaf rolling causing plant stunting; primarily damages cypress spurge; host specificity tests; develops on 5 nontarget <i>Euphorbia</i> species.
<i>Euphorbia seguierana</i> Neck. and <i>Euphorbia</i> spp. (Euphorbiaceae; spurges)	<i>Aculops euphorbiae</i> (Petanović 1991)	Serbia	Terminal shoot injuries and drying

Target plant ^a	Species	Country of the type locality	Notes
<i>Galium aparine</i> L. (Rubiaceae; bedstraw)	<i>Cecidophyes galii</i> (Karpelles 1984)	Austria (presumed)	Reduced viable seed production by 30-40%; found at more than 50% of sites and in high quantities
<i>Galium mollugo</i> L., <i>G. verum</i> L. (Rubiaceae)	<i>Aceria galiobria</i> (Canestrini 1891)	Italy	Flower and leaf deformations; apparently not host specific
<i>Geranium carolinianum</i> L. (Geraniaceae; Carolina geranium)	<i>Aceria mississippiensis</i> Chandrapatya and Baker 1986	Mississippi (USA)	Plant deformation
<i>Geranium carolinianum</i>	<i>Cecidophyes caroliniani</i> Chandrapatya and Baker 1986	Mississippi (USA)	Leaf edge rolling and erineae; can kill young plants
<i>Geranium dissectum</i> L. (Geraniaceae; cutleaf geranium)	<i>Aceria dissecti</i> Petanović 1993	Serbia	Petal and young leaf deformations
<i>Geranium dissectum</i>	<i>Aceria geranii</i> (Canestrini 1891)	Italy	Many host plants; stem and leaf deformations
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv. (cogon grass)	<i>Aceria imperata</i> (Zaher and Abou-Awad 1978)	Egypt	Stunting
<i>Lepidium latifolium</i> L. (perennial pepperweed)	<i>Metaculus lepidifolii</i> Monfreda and de Lillo	Turkey	Prevented flowering and/or seed production
<i>Lythrum salicaria</i> L. (Lythraceae; purple loosestrife)	<i>Aceria jovanovici</i> Petanović 1993	Serbia	Erineae and leaf edge rolling
<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Epirimerus lythri</i> Petanović 1995	Serbia	Plant stunting
<i>Melia azedarach</i> L. (Meliaceae; Chinaberry)	<i>Aceria meliae</i> (Dong and Xin 1984)	China	

Target plant ^a	Species	Country of the type locality	Notes
<i>Mikania micrantha</i> Kunth (Asteraceae; bittervine)	<i>Acalitus mikaniae</i> Keifer 1974	Florida (USA)	On <i>Mikania scandens</i> (L.) Willd. in buds
<i>Plantago</i> spp. (Plantaginaceae, plantain)	<i>Leipothrix coactus</i> (Nalepa 1896)	Germany	Leaf injuries
<i>Rubus fruticosus</i> L. (Rosaceae; blackberry)	<i>Eriophyes rubicolens</i> (Canestrini)	Italy	Erinea under leaves on several wild species of <i>Rubus</i> in France
<i>Rubus</i> species (Rosaceae; blackberry)	<i>Acalitus essigi</i> (Hassan 1928)	California (USA)	Berry injuries; many host plants
<i>Rubus tomentosus</i> Borkh. (Rosaceae; woolly blackberry)	<i>Phyllocoptes gracilis</i> (Nalepa 1891)	Germany (presumed)	Leaf, bud, berry injuries; many host plants
<i>Salsola tragus</i> L. (Chenopodiaceae; Russian thistle)	<i>Aceria salsolae</i> de Lillo and Sobhian 1996	Turkey	Plant stunted, galls; laboratory and field host specificity tests completed; awaiting approval for release
<i>Salvia pratensis</i> L., <i>S. verticillata</i> L. (Lamiaceae; introduced sage, lilac sage)	<i>Aceria salviae</i> (Nalepa 1891)	Austria	Leaf deformations, may also affect stems, petals and flowers; also infesting other salvia species as <i>Salvia sclarea</i> L., a potential oil crop (Chumak 1975 and Nachev 1987)
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav. (Solanaceae; silverleaf nightshade)	<i>Aceria bicornis</i> (Trotter 1900)	Argentina	Leaf galls
<i>Sonchus oleraceus</i> L., <i>S. asper</i> (L.) Hill, <i>S. hydrophilus</i> Boulos (Asteraceae; sowthistles)	<i>Aceria thalgi</i> Knihinicki et al. 2009	West Australia (Australia)	Severe curling and rolling of leaf margins; preliminary host specificity and impact studies

Target plant ^a	Species	Country of the type locality	Notes
<i>Spartium junceum</i> L. (Fabaceae; Spanish broom)	<i>Aceria spartii</i> (Canestrini 1893)	Italy	Witches' broom growth
<i>Tamarix gallica</i> L. and <i>T. ramosissima</i> Ledeb. (Tamaricaceae; French tamarisk, saltcedar)	<i>Aceria tamaricis</i> (Trotter 1901)	Turkey	Leaf and twig galls; host specificity tests
<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg. (Asteraceae; dandelion)	<i>Leipothrix taraxaci</i> (Liro 1943)	Finland	Leaf injuries (russetting and discoloration); preliminary host specificity tests
<i>Toxicodendron radicans</i> (L.) Kuntze (Anacardiaceae; poison ivy)	<i>Aculops toxicophagus</i> (Ewing 1917) = <i>Aculops rhois</i> (Stebbins 1909)	Florida (USA)	Widespread leaf galling and stunted plants in Florida
<i>Tribulus terrestris</i> L. (Zygophyllaceae; puncturevine)	<i>Aceria tribuli</i> (Keifer 1974)	Sudan	Vagrant; preliminary host specificity on population from Bangalore India

^a In cases in which plant species names differed among sources, we generally used the name in the USDA PLANTS Database, <http://plants.usda.gov>

^b Excluding review papers and strictly taxonomic studies

^c Rosenthal (1983) mistakenly used the name *A. convolvuli* in early studies on *A. malherbae* (Nuzzaci et al. 1985)

Ácaro agallador de la correhuela (*Aceria malherbae*)

En 1989, se introdujo por primera vez en los Estados Unidos el ácaro agallador *Aceria malherbae* Nuzzaci (Acari: Eriophyidae), donde se realizaron liberaciones y establecimiento de la especie (Boldt y Sobhian, 1993).

Aceria malherbae es un ácaro fitoparásito asociado a *Convolvulus arvensis* el cual ocasiona malformaciones de la hojas y reducción en su capacidad de desarrollo. La fenología del ácaro coincide con sus anfitriones perennes para que las siguientes generaciones puedan reinfectar continuamente al mismo huésped (Konigsberg, 2014).

Rancic y Pentanović (2002) observaron que en cortes transversales de hojas infestadas se observaba hipertrofia tisular, más sobresaliente en la zona de la nervadura principal. La hipertrofia y la hiperplasia del tejido cercano a la nervadura da como resultado que la hoja se pliegue cara a cara. Algunas alteraciones son causadas por la alimentación del ácaro donde se puede observar el mesófilo y las células epidérmicas dos veces más gruesas y grandes en comparación con las hojas no infestadas.

En general, las consecuencias de la alimentación del ácaro eriofioide dependen del genotipo eriofioide (o incluso de la raza), la densidad y el tiempo de alimentación pero también difieren mucho según la especie de la planta huésped, el cultivar, la edad del órgano y las condiciones ambientales (Pentanović y Kielkiewicz, 2010).

Mecanismos de respuestas en convolvuláceas

Las consecuencias de la alimentación de los ácaros eriófidos pueden variar desde asintomáticas hasta toxemias o algunos efectos no distorsionadores como enrojecimiento, plateado, bronceado, etc., o la respuesta de hipersensibilidad donde toma lugar la formación de agallas modificando el desarrollo celular y forma una lesión necrótica en la planta cambiando la ruta bioquímica de la planta por lo tanto las interacciones compatibles e incompatibles se distinguen por el

reconocimiento y la presencia o ausencia de la reacción de hipersensibilidad de la planta en el momento que el ácaro se está alimentando (Rancic & Pentanović, 2002; Walling, 2000).

Una característica común en los ácaros agalladores es la presencia de taninos, así mismo, la acumulación de taninos en agallas inducidas por insectos y ácaros ha sido señalada como una respuesta defensiva de la planta (Nyman y Julkunen, 2000). Y también, como protección para el inductor contra enemigos naturales, como hongos (Kielkiewicz *et al.*, 2011). Las fibras y los taninos se encuentran en el floema biliar y en las vainas de los haces vasculares lignificados de la planta (Petanović y Kielkiewicz, 2010).

Es necesario resaltar que en la producción de agallas los taninos pueden acumularse en distinta cantidad en las células epidérmicas, las células nutritivas, los tricomas, las células parenquimáticas pero vale la pena aclarar que el ácaro evitara alimentarse de células con abundante tanino (Corro Molas *et al.*, 2020). Por otro lado, los taninos en las plantas juega diversos roles tanto donde también ha funcionado como protección de tejidos vegetales actuando como un filtro de la radiación ultravioleta y como defensa química contra la alimentación reduciendo la digestibilidad y promoviendo la precipitación de enzimas digestivas (Jáuregui y Torres, 2014; Vaca-Sanchez *et al.*, 2016).

En muchos otros casos, la respuesta al daño de los ácaros en las células adyacentes a las perforadas sufren acumulación de mayores cantidades de compuestos similares a la lignina y un engrosamiento en las paredes celulares (Petanović y Kielkiewicz, 2010).

Dyer (2001) ha realizado varios estudios sobre mensajeros bioquímicos donde la posible presencia de un péptido del factor de crecimiento epidérmico (EGF) y péptidos similares en la saliva y los sistemas alimentarios de vertebrados e invertebrados fitófagos se ha demostrado que interactúan con hormonas vegetales.

En cuanto, De Lillo y Monfreda (2004) afirman que la caracterización de la saliva eriofioidea podría llevar a una ruta bioquímica involucrando los mecanismos reguladores en la fitofagia por parte de los ácaros formadores de agallas ya que esto puede proporcionar nuevos conocimientos para desarrollar técnicas específicas para limitar el daño a los cultivos.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de acarología del departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila (Fig. 5)



Figura 5. Departamento de Parasitología UAAAN.

Colecta y establecimiento del material biológico

La colonia madre se realizó a partir de material biológico proporcionado por el Centro de Reproducción de Organismos Benéficos del Valle del Yaqui (CREROB), esta población se mantuvo sobre plantas de *C. arvensis* en una cámara Biotronette bajo condiciones controladas de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de 60-70% y un fotoperiodo de 12:12 h (luz-oscuridad). La infestación consistió en colocar agallas infestadas entre las hojas de las plantas sanas a las cuales para facilitar la infestación se hicieron pequeños cortes a nivel de la vena central de la hoja para facilitarles y asegurar la infestación en la planta (Fig. 6).

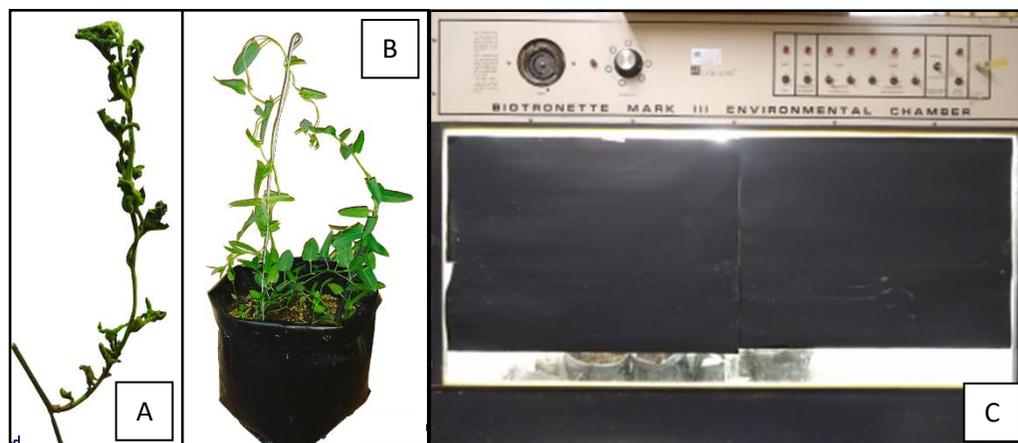


Figura 6. A. Hojas con agallas producidas por *A. malherbae*; B. Planta de *C. arvensis*; C. Camara Biotronette Mark III Environmental Chamber.

Desarrollo de poblaciones

Una vez que se cuente con la población suficiente del acaro en estudio, se colocaran 100 hembras adultas de la colonia madre para que ovipositen a discos de hojas de *C. arvensis* de 1 cm de diámetro extraídos con ayuda de un sacabocado. Estos discos se colocarán en cajas Petri de plástico de 5 cm de diámetro a las cuales se le agregara en el fondo algodón con agua hasta saturación. Después de 24 horas se retirarán las hembras de la especie en estudio dejando solamente huevos, estos se mantendrán hasta que alcancen su edad adulta.

Se tomarán datos para obtener el tiempo del ciclo de vida del acaro bajo las condiciones del laboratorio.

Manejo del Material biológico

Para el manejo del material en laboratorio se utilizó la técnica conocida como hoja-arena de Abou-Setta y Childers (1987), la cual consistió en la manipulación y transferencia de adultos hembra con ayuda de una minucia entomológica de 0.10 mm a cajas Petri de plástico de 5 cm de diámetro y en el fondo se colocó algodón humedecido con agua destilada en saturación para mantener el disco de hoja turgente.

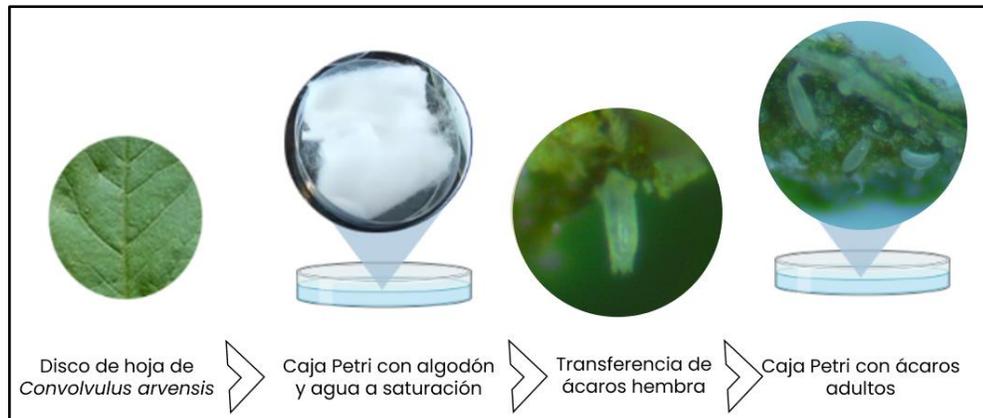


Figura 7. Manejo de material biológico.

Poblaciones para ciclo de vida

Para determinar los estadios de *A. malherbae*, posteriormente con ayuda de una minucia entomológica de 0.10 mm se colocó 1 ácaro hembra en un disco de hoja en cajas Petri de plástico de 5 cm de diámetro por 2 cm de altura, con una perforación en la tapa y cubierta con tela organza para permitir la ventilación, después se retiró la hembra y únicamente se dejó un huevo. Las cajas se rotularon con el número de ejemplar y fecha, cada individuo se consideró una unidad experimental y se colocaron en una cámara Biotronette con las condiciones antes mencionadas, se realizaron observaciones cada 24 horas para determinar el tiempo de incubación de cada estadio del ácaro (Fig. 7).

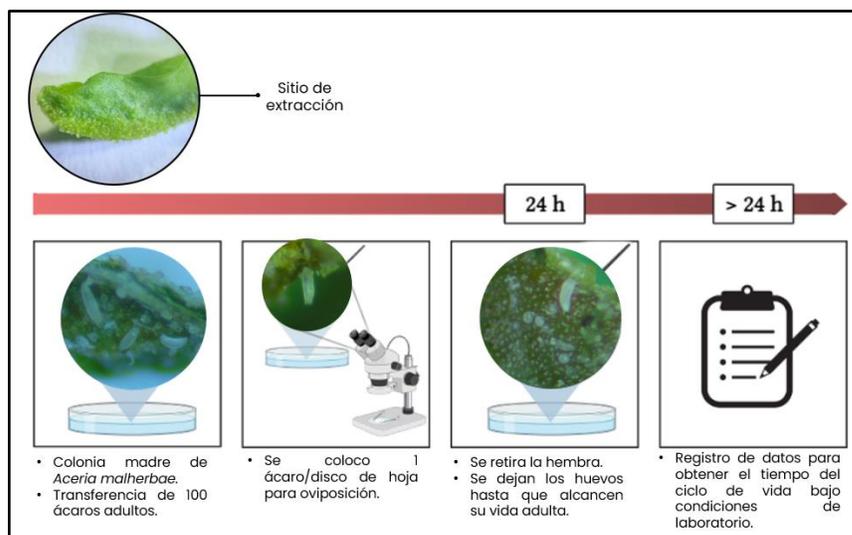


Figura 8. Poblaciones para ciclo de vida de *Aceria malherbae*.

Estimación de parámetros poblacionales

Se registro el comportamiento del ácaro agallador mediante los factores de supervivencia y fecundidad, las cuales se basaron en el comportamiento de ácaro. En la primera etapa se determinó el ciclo de vida de *A. malherbae*, donde se colocaron 100 hembras durante 24 h para la oviposición, posteriormente se removieron las hembras dejando solamente los huevos los cuales eclosionaron y la colonia de nuevos individuos continúan su desarrollo hasta que alcanzaron el estado adulto.

Para el registro de supervivencia del ácaro, posteriormente se procedió a tomar 100 hembras con un día de edad después de recién apareadas y se colocaron en forma individual en los discos de hojas de correhuela de tal forma que cada unidad experimental consistió de una hembra por disco, 24 horas después se empezaron a tomar registros hasta la muerte de la última hembra (Fig. 8).

Para determinar la fecundidad de cada hembra, se registró diariamente el número de huevos depositados en el disco de hoja de cada unidad experimental. Los parámetros poblacionales estimados fueron: fecundidad (m_x); que se define como el número total de huevos que deposita una hembra, la tasa neta de reproducción (R_0); que se refiere al número de hembras que una hembra produce en una generación, la tasa intrínseca de crecimiento (r_m); definida como la capacidad de multiplicación de una población en el lapso de una generación, el tiempo de generación (t_2); que es el tiempo promedio entre dos generaciones sucesivas y la tasa finita de reproducción (λ); que es el número de individuos por día (Rabinovich, 1980). Adicionalmente se realizó una curva de sobrevivencia sólo para ácaros hembras.

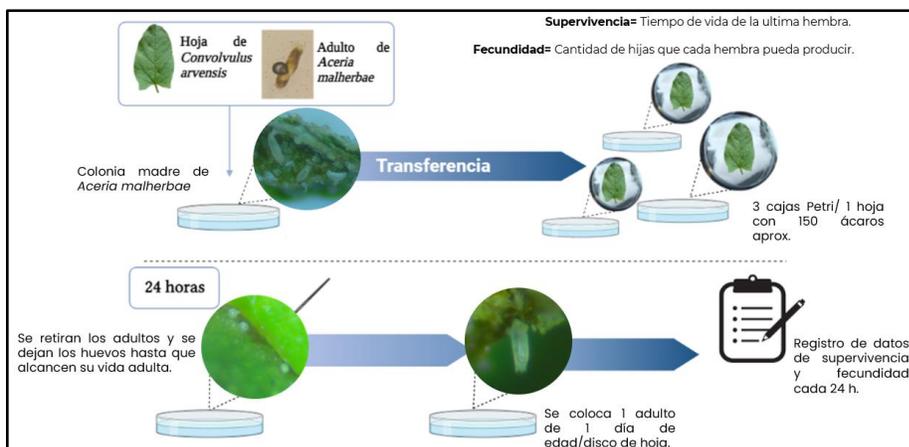


Figura 9. Pasos para estimación de parámetros poblacionales.

Análisis estadístico

El tiempo de desarrollo de los ácaros se analizó mediante un diseño completamente al azar; La respuesta de la duración del tiempo del desarrollo se comparó mediante una prueba de Tukey ($p = 0.05$) (SAS Institute Inc, 1987) y de técnicas demográficas con el programa Excel.

Los datos de parámetros poblacionales de *A. malherbae* se analizaron con las fórmulas de Birch (1948) (Cuadro 5), donde se consideró la tasa neta de reproducción (R_0), tasa intrínseca de crecimiento (r_m), tasa finita de crecimiento (λ), tiempo medio generacional (TG) y tiempo de duplicación de la población (t_2).

Fórmulas para calcular parámetros poblacionales

Cuadro 5. Definición y fórmulas para calcular parámetros poblacionales, según Birch (1948).

Símbolo	Definición	Fórmula
X	Edad	
n_x	Nº de individuos al inicio de X	
l_x	Proporción de individuos vivos en cada X	n_x/n (inicial)
m_x	Promedio hijas/madre/X	
TRB	Tasa reproductiva bruta: total de hembras nacidas/ madre a través de todas las X	$\sum m_x$
R_0	Tasa reproductiva neta	$\sum l_x m_x$
r_c	Aproximación a tasa intrínseca de crecimiento	$\ln R_0/T_c$
r_m	Tasa intrínseca de crecimiento	$\sum e^{-r_m X} l_x m_x = 1^{(1)}$
λ	Tasa infinita de crecimiento	$e^{r_m t}$
T_c	Tiempo de duración del cohort	$(\sum l_x m_x X / \sum l_x m_x)$
T_G	Tiempo de generación (una generación)	$\ln R_0 / r_m$
t_2	Tiempo de duplicación	$\ln 2 / r_m$

(1) Proceso iterativo hasta igualar los dos lados de la ecuación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ciclo de vida de *Aceria malherbae* en condiciones de laboratorio

El ciclo de vida de *Aceria malherbae* consta de huevo, larva, dos estadios ninfales y adulto. El desarrollo de huevo a adulto bajo condiciones controladas de laboratorio ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, 60-70% HR y un fotoperiodo 12:12 luz-oscuridad) se completó en 12.29 ± 0.3 días.

El período de incubación del huevo fue de 1.77 días; el estadio larva tuvo una duración de 2.27 días; el estadio ninfa 1 y ninfa 2 tuvo una duración de 2.3 y 2.44 días correspondiente; terminando el ciclo con el estadio adulto con una duración de 3.78 días (Cuadro 6).

Cuadro 6. Duración media del ciclo de vida de *Aceria malherbae* sobre discos de hoja de *C. arvensis* bajo condiciones de laboratorio.

Estadio	N° de Individuos	Días (Media)	Media \pm EE ¹	Desv.Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
Huevo	100	1.7700	0.6448	0.6448	3.00	4.00	5.00
Larva	100	2.2700	0.0609	0.6093	4.00	6.00	6.00
Ninfa 1	100	2.300	0.0957	0.9575	6.00	8.00	9.00
Ninfa 2	100	2.4400	0.088	0.8805	9.00	10.00	11.00
Adulto	100	3.7800	0.0456	0.456	12.00	12.00	13.00
Total		12.2900					

¹Error Estándar.

Los resultados obtenidos aportan observaciones específicas y detalladas sobre el ciclo biológico de *Aceria malherbae* bajo condiciones de laboratorio, donde en nuestro país no hay reportes sobre lo antes mencionado de esta especie. Estudios similares se han realizado sobre otras especies de ácaros de la familia Eriophyidae donde los resultados demuestran similitud. Leiva (2015) menciona

que el ciclo de vida completo de *Aceria oleae* es de 11.4 ± 0.4 días bajo condiciones controladas de 25 ± 2 °C, 70% HR y 14 h de luz. Juárez Ferla y José de Moraes (2003) mencionan para el ácaro *Calacarus heveae* en el promedio en desarrollo de 9.7 días bajo condiciones de 28 ± 1 °C, 12:12 h luz: oscuridad y $90 \pm 5\%$ HR. Los resultados cambian cuando se hace la liberación en el campo, ya que la probabilidad de las diferencias críticas en condiciones ambientales bióticas, como: patógenos, depredadores y condiciones abióticas como la humedad relativa, temperatura y precipitación sean diferentes a las investigaciones base que se han realizado en laboratorio en condiciones reguladas (Smith et al., 2010).

Lo anterior indica que la duración del ciclo biológico de *A. malherbae* se encuentra en promedio con otros eriofioides. Donde se pudo observar que el desarrollo de los ácaros en general, se ve afectado por las condiciones de laboratorio, principalmente por la temperatura, humedad relativa y fotoperiodo.

Supervivencia y mortalidad de *Aceria malherbae*

La máxima supervivencia de las hembras de *A. malherbae* se presentó hasta el día 3 con 100 hembras vivas, el descenso comenzó en el día 4 continuando con el día 8 con un porcentaje del 25% respectivamente, en el día 10 disminuyó hasta un 59%, finalizando el día 12 donde solo quedaban el 10% de hembras vivas y en el día 13 ya no se observó actividad de las hembras, se realizó una curva de sobrevivencia sólo para ácaros hembras (Fig. 10).

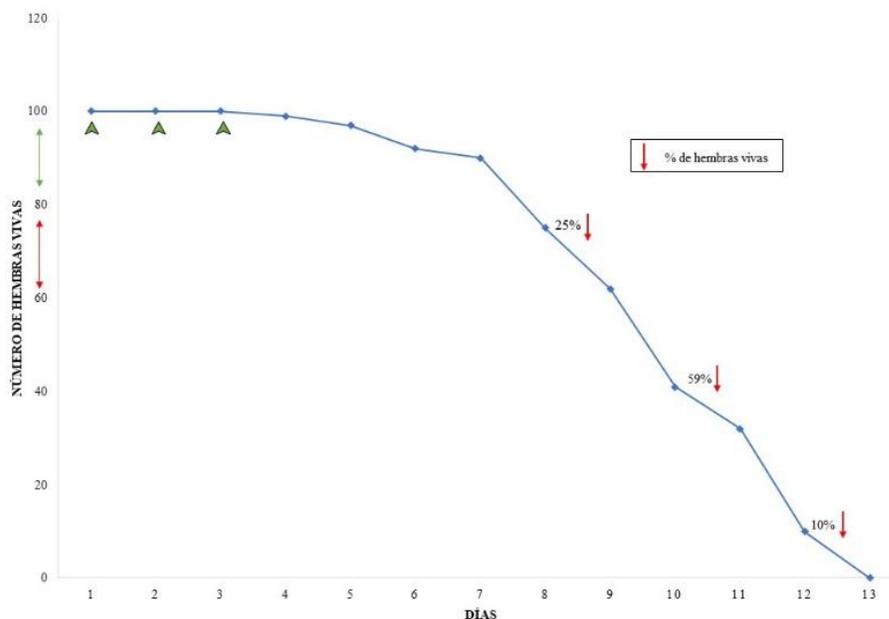


Figura 10. Resultados de supervivencia de *A. malherbae* sobre discos de hoja de *C. arvensis*, bajo condiciones de laboratorio (25°C, HR 60-70% y 12:12 Luz-oscuridad).

Parámetros poblacionales

Los resultados de los parámetros poblacionales se presentan en la siguiente tabla. Estos resultados se realizaron con base a los registros de fecundidad y sobrevivencia que se obtuvieron de las observaciones cada 24 horas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados de parámetros poblacionales mediante fórmulas de Birch (1948).

Símbolo	Definición	Fórmula	Resultados
TRB	Tasa reproductiva bruta: total de hembras nacidas/ madre a través de todas las X	$\sum m_x$	23.83
R_o	Tasa reproductiva neta	$\sum l_x m_x$	18.87
r_c	Aproximación a tasa intrínseca de crecimiento	$\ln R_o / T_c$	0.48
r_m	Tasa intrínseca de crecimiento	$\sum e^{-r_m \cdot x} l_x m_x = 1^{(1)}$	0.54
λ	Tasa infinita de crecimiento	$e^{r_m \cdot t}$	1.72
T_c	Tiempo de duración del cohort	$(\sum l_x m_x X / \sum l_x m_x)$	6.07
T_G	Tiempo de generación (una generación)	$\ln R_o / r_m$	5.4
t₂	Tiempo de duplicación	$\ln 2 / r_m$	1.27

La tasa de fecundidad se observó de 23.83 huevos ovipuestos en promedio por cada hembra por día (h/H/d); así mismo, los parámetros poblacionales R_0 , r_m y λ fueron de 18.87, 0.54 y 1.72. Para el caso de parámetros poblacionales de TG y t_2 se presentan los tiempos de desarrollo y duplicación de la población con 5.40 y 1.27 respectivamente (Cuadro 8).

Fecundidad por edad específica: se registraron cambios en la fecundidad por edad específica siendo la máxima en el día 6, donde se observaron que entre las 100 unidades experimentales hicieron una suma con un total de 560 huevecillos/Hembra/día, al día 11 una suma de 29 h/H/d, continuando con el descenso hasta el día 13 donde ya no se mostró actividad del ácaro. Las hembras tienen un potencial reproductivo donde pueden ovipositar entre 15 y 21 huevos en un periodo de 13 días (Fig.11).

Cuadro 8. Tabla de Vida de hembras de *A. malherbae* sobre discos de hoja de *C. arvensis*, bajo condiciones controladas de laboratorio.

X (Días)	nx	Prm. Hijas	lx	Mx	lxmx	lxmxX
1	100	0	1	0	0	0
2	100	0	1	0	0	0
3	100	58	1	0.58	0.58	1.74
4	99	247	0.99	2.494949	2.47	9.88
5	97	492	0.97	5.072165	4.92	24.6
6	92	560	0.92	6.086957	5.6	33.6
7	90	182	0.9	2.022222	1.82	12.74
8	75	94	0.75	1.253333	0.94	7.52
9	62	145	0.62	2.33871	1.45	13.05
10	41	65	0.41	1.585366	0.65	6.5
11	32	29	0.32	0.90625	0.29	3.19
12	10	15	0.1	1.5	0.15	1.8
13	0	0	0	0	0	0
Total		1887		23.83995	18.87	114.62

Edad (**x**), N° de individuos al inicio de X (**nx**), proporción de individuos vivos en cada X (**lx**), promedio de hijas/madre/X (**mx**).

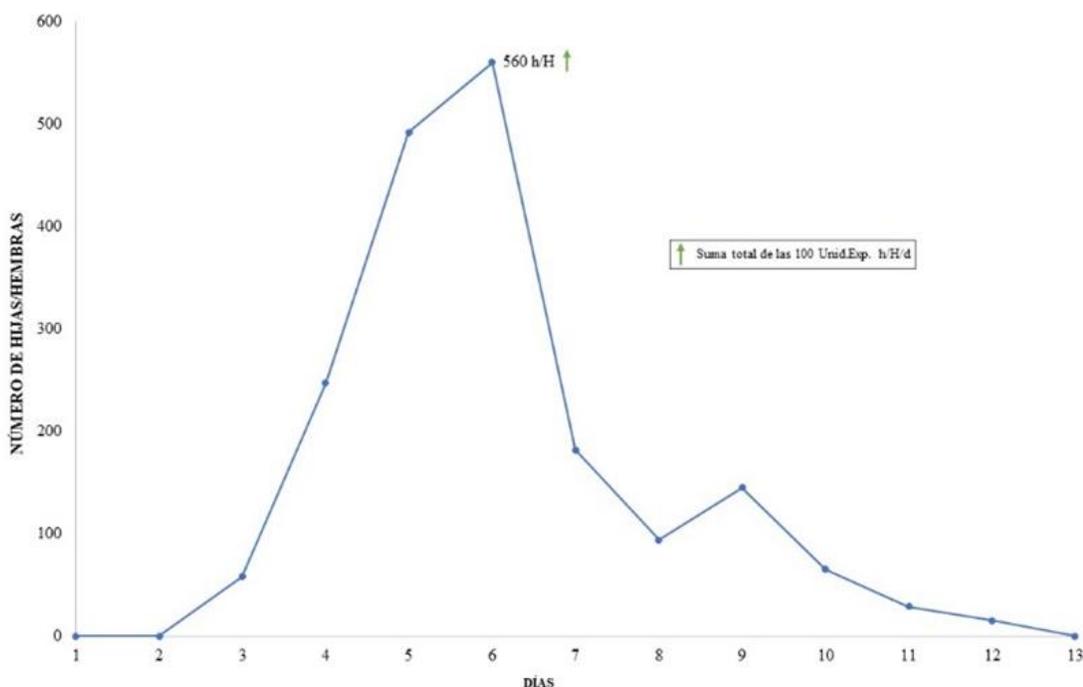


Figura 11. Resultados de fecundidad de *A. malherbae* bajo condiciones de laboratorio (25°C, HR 60-70% y 12:12 luz-oscuridad).

Al comparar la fecundidad de *A. malherbae* con algunas especies de eriofioides, se observan comportamientos similares. Un estudio de Leiva (2015) menciona que las hembras de *Aceria oleae* en el cultivo de olivo, pueden ovipositar entre 7 a 18 huevos en un periodo de 11 días.

Los parámetros poblacionales y ciclo de vida obtenidos en este estudio confirman la rapidez de crecimiento de las poblaciones de este ácaro y explican las causas por las cuales se convirtió en un importante agente de control biológico. Los valores obtenidos para el tiempo de generación (TG) y tiempo de duplicación (t_2) demuestran la capacidad biológica que presenta *A. malherbae* y permiten entender el impacto de su actividad en campo cuando encuentra condiciones favorables para su multiplicación y desarrollo.

Observaciones

Los estudios realizados y las observaciones, nos permitió el comportamiento de *Aceria malherbae* (Fig. 11A); donde se pudo apreciar con la cámara que los adultos tienden a colocar sus patas hacia arriba utilizando el ano y las setas para mantenerse en posición vertical en el borde de la hoja. Este comportamiento ya

ha sido documentado en algunas investigaciones y está relacionado especialmente con los ácaros de la familia Eriophyidae ya que toman esta posición para poder ser arrastrados a grandes distancias por el viento buscando cambiar de planta para seguirse alimentando. En la investigación de Leiva (2015) observaron en un estereomicroscopio el mismo comportamiento en ácaros adultos de *Aceria oleae* esperando a ser arrastrados por el viento (Fig.11B).

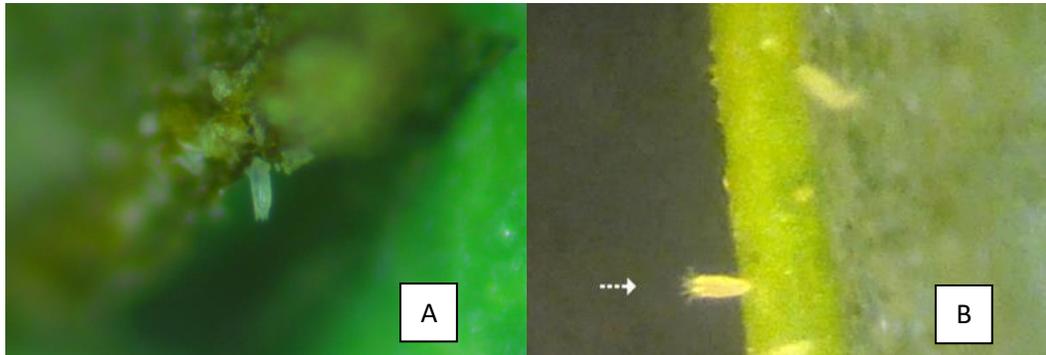


Figura 12. Observaciones de comportamiento de *Aceria malherbae*; B. Observación por (Leiva 2015).

CONCLUSIONES

Los parámetros poblacionales y ciclo de vida obtenidos en este estudio confirman la celeridad de crecimiento de las poblaciones de este ácaro y explican las causas por las cuales se convirtió en un importante agente de control biológico. También se permitió observar que las condiciones ambientales deben ser favorables para su multiplicación y desarrollo en la maleza objetivo.

REFERENCIAS

- Abou-Setta, M. M., & Childers, C. C. (1987). A Modified Leaf Arena Technique for Rearing Phytoseiid or Tetranychid Mites for Biological Studies. *The Florida Entomologist*, *70*(2), 245. <https://doi.org/10.2307/3495156>
- Altieri, M. A. (1996). Ecología y manejo de malezas. *La Habana: CEAS-ISCAH*, 125–146.
https://www.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/LIBRO+CAPITULO+DE+Ecologia+y+manejo+de+maleza.pdf?op=d&ticket_id=8256&evento_id=16965#:~:text=Este enfoque se basa en,cultivo sea el más favorecido.
- Barreto, L. F., Decaro, R. A., Silva, M. G. da, Griesang, F., & Ferreira, M. D. C. (2017). Efeito do paraquat e glyphosate sobre espécimes de poaceae e convolvulaceae em condições de déficit hídrico. *Revista Brasileira de Herbicidas*, *16*(3), 198. <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i3.554>
- Barrios-Trilleras, C. E., Bustillo-Pardey, Á. E., & Morales-Rodríguez, A. (2022). Biología y dinámica poblacional de *Retracrus elaeis* Keifer, 1975 (Acari: Eriophyidae) en palma de aceite en el Caribe colombiano. *Palmas*, *43*(3), 12–17. <https://doi.org/10.56866/01212923.13913>
- Birch, L. C. (1948). The Intrinsic Rate of Natural Increase of an Insect Population. *The Journal of Animal Ecology*, *17*(1), 15. <https://doi.org/10.2307/1605>
- Blanco, Y., & Leyva, Á. (2007). LAS ARVENSES EN EL AGROECOSISTEMA Y SUS BENEFICIOS AGROECOLÓGICOS COMO HOSPEDERAS DE ENEMIGOS NATURALES. *Cultivos Tropicales*, *28*(2), 21–28. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217731003>
- Boldt, P. E., & Sobhian, R. (1993). Release and establishment of *Aceria malherbae* (Acari: Eriophyidae) for control of field bindweed in Texas. *Environmental Entomology*, *22*(1), 234–237. <https://doi.org/10.1093/ee/22.1.234>
- Cabrera-Walsh, G. (2018). EL CONTROL BIOLÓGICO DE MALEZAS. *Sociedad Colombiana de Entomología*, 88. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33655.98728>
- Chaves, C. H. (2002). *Manejo y control en producciones con riego*.
- Chetverikov, P. E. (2015). Evolutionary Placticity of Highly Specialized Organisms: Evolution of Eriophyoid Mites (Acariformes: Eriophyoidea) on Plants. *Acta Entomologica Serbica*, *20*(1), 151–161. <https://doi.org/10.5281/zenodo.44649>

- Cordo, H. A. (2004). El Control Biológico de Malezas, una alternativa factible para la lucha contra las plantas invasoras exóticas en Áreas Protegidas de la Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Argent*, 63(2), 1–9. <http://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v63n1-2/v63n1-2a01.pdf>
- Corro Molas, B. M., Martinez, J. J., Porta, A. O., & Agudelo, I. J. (2020). Exomorfología y anatomía de la agalla foliar desarrollada en *Geoffroea decorticans* (Fabaceae) inducida por ácaros eriófididos. *Semiárida*, 30(1), 19–28. [https://doi.org/10.19137/SEMIARIDA.2020\(01\).19-28](https://doi.org/10.19137/SEMIARIDA.2020(01).19-28)
- D'Antoni, M. J., Vento, B., Moreno, G., & Porra, C. (2012). Determinación del período crítico de interferencia de malezas en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*), San Juan, Argentina. *Revista de La Facultad de Agronomía, La Plata.*, 111(1), 23–30. <file:///C:/Users/1083881581/Desktop/DialnetDeterminacionDelPeriodoCriticoDeInterferenciaDeMal-5718109.pdf>
- de la Torre, P. E., & Almaguel, L. (2014). DAÑOS PROVOCADOS POR ACERIA LANTANAE (COOK 1909) (ACARI:ERIOPHYIDAE) SOBRE LANTANA CAMARA L. (VERBENACEA) EN CONDICIONES CONTROLADAS. *FITOSANIDAD*, 8, 58–61. https://www.researchgate.net/profile/Josefina-Cao/publication/233748704_EL_HABITAT_EN_LAS_VARIACIONES_MORFOLOGICAS_Y_LAS ESTRATEGIAS_VITALES_DE_PHYLLOCOPTRUT AOLEIVORA_ASHMEAD_ACARINA_ERIOPHYIDAE_UNA_INTERACCION_PLANTA-HUESPED/links/00b7d524418ac65fbc00000
- De Lillo, E., & Monfreda, R. (2004). “Salivary secretions” of eriophyoids (Acari: Eriophyoidea): First results of an experimental model. *Experimental and Applied Acarology*, 34(3–4), 291–306. <https://doi.org/10.1007/s10493-004-0267-6>
- Duso, C., Castagnoli, M., Simoni, S., & Angeli, G. (2009). The impact of eriophyoids on crops: Recent issues on *Aculus schlechtendali*, *Calepitrimerus vitis* and *Aculops lycopersici*. *Experimental and Applied Acarology*, 51(1), 151–168. <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9300-0>
- Dyer, M. . (2001). Invertebrates as Webmasters in Ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(4–5), 115–140. [https://doi.org/10.1016/s0038-0717\(00\)00130-9](https://doi.org/10.1016/s0038-0717(00)00130-9)
- Enloe, S. F., Westra, P., Nissen, S. J., Miller, S. D., & Stahlman, P. W. (1999). Uso de Quinclorac Plus 2,4-D para el control de enredaderas de campo (*Convolvulus arvensis*) en barbecho en JSTOR. *Weed Technology*, 13(4), 731–736. <https://www.jstor.org/stable/3989003>

- FAO. (1996). Manejo de maleza para países en desarrollo. In *Manejo de Malezas para Países en Desarrollo*. FAO. <https://www.fao.org/3/T1147S/t1147s00.htm#Contents>
- Heap, I. (2023, March 14). LA BASE DE DATOS INTERNACIONAL DE MALEZAS RESISTENTES A HERBICIDAS. La Base de Datos Internacional de Malezas Resistentes a Herbicidas. <http://www.weedscience.org/Home.aspx>
- Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, J. V., & Herberger, J. P. (1977). The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. *https://www.Journals.Uchicago.Edu/Doi/Abs/10.1086/410688*, 53(3), 319–320. <https://doi.org/10.1086/410688>
- INTAGRI. (2017). Los Riesgos de una Mala Aplicación de Herbicidas. *Los Riesgos de Una Mala Aplicación de Herbicidas*, 4. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/los-riesgos-de-una-mala-aplicacion-de-herbicidas>
- Jacobs, J. (2007). *Ecology and Management of field bindweed* [*Convolvulus arvensis*L.]. February, 1–9. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/mtpmctn13106.pdf
- Jáuregui, D., & Torres, S. (2014). Anatomía de la lámina foliar de especies arbóreas predominantes en la estación experimental nicolasito, estado Guárico, Venezuela. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*, 26(4), 373–384. <http://ve.scielo.org/pdf/saber/v26n4/art03.pdf>
- Juarez Ferla, N., & José de Moraes, G. (2003). Ciclo biológico de Calacarus heveae Feres, 1992 (Acari, Eriophyidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 47(3), 399–402. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262003000300006>
- Konigsberg, E. R. (2014). *Factors involved in the success and establishment of the field bindweed gall mite Aceria malherbae Nuzzaci (Acari: Eriophyidae)*. January, 1–88.
- Leiva, S. (2015). *Estudio taxonómico y ciclo biológico de Aceria oleae (Nalepa , 1900) (Acari : Eriophyidae) , parásito de Olea europaea L . cv Arauco , en la provincia de La Rioja*. [Universidad Nacional de la Plata]. <https://core.ac.uk/download/pdf/76496436.pdf>
- Menalled, F. D. (2010). Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología*, 5, 73–78. [file:///C:/Users/1083881581/Desktop/IMPORTANCIA MALEZA/CONSIDERACIONES ECOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS.pdf](file:///C:/Users/1083881581/Desktop/IMPORTANCIA%20MALEZA/CONSIDERACIONES%20ECOLÓGICAS%20PARA%20EL%20DESARROLLO%20DE%20PROGRAMAS%20DE%20MANEJO%20INTEGRADO%20DE%20MALEZAS.pdf)

- Michalska, K., Skoracka, A., Navia, D., & Amrine, J. W. (2010). Behavioural studies on eriophyoid mites: An overview. *Experimental and Applied Acarology*, 51(1), 31–59. <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9319-2>
- Muñiz Moreno, L. (2017). MANEJO DE HERBICIDAS SINTÉTICOS Y EXTRACTOS VEGETALES PARA CONTROLAR MALEZAS EN CULTIVOS BÁSICOS: MAÍZ, FRIJOL Y SORGO [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN]. <http://eprints.uanl.mx/16024/1/1080290871.pdf>
- Navarro, S. R., Esteban, J., Florido, B., Javier, F., Rosas, L., Rodríguez, V. N., & Macías, A. F. (2015). Potencial alelopático de *Convolvulus Arvensis* en semillas de alfalfa , trigo y garbanzo mediante bioensayos. *Revista Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, Vol. 15; N, 1–14.
- Nitesh, J., Neha, N., & Ambika, J. (2015). Seed Germination Studies on Allelopathic Effects of Weeds on *Vigna Radiata* L. *International Journal of Bioassays*, January.
- Pedrerros, A. (2010). *Manejo de malezas en producción con base agroecológica*. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/147618/NR42695.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=252>
- Petanović, R., & Kielkiewicz, M. (2010). Plant-eriophyoid mite interactions: Cellular biochemistry and metabolic responses induced in mite-injured plants. Part I. *Experimental and Applied Acarology*, 51(1), 61–80. <https://doi.org/10.1007/s10493-010-9351-2>
- Preston, R. E. (2012). *Convolvulaceae*. *Convolvulaceae*. https://ucjeps.berkeley.edu/eflora/eflora_display.php?tid=105
- Rabinovich, J. (1980). *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Introducción+a+la+ecología+de+poblaciones+animales.&btnG=
- Rancic, D., & Pentanović, R. (2002). Anatomical alterations of *Convolvulus arvensis* L. leaves caused by eriophyoid mite *Aceria malherbae* Nuzz. *Acta Entomologica Serbica*, 7(1/2), 129–136.
- Rodríguez-Navarro, S., Flores-Macías, A., & Torres-Martínez, G. (2008). Evaluation of infesting field bindweed (*convolvulus arvensis* L.) with *aceria malherbae nuzzaci* (acari: Eriophyidae) under glasshouse conditions. *International Journal of Acarology*, 34(2), 151–154. <https://doi.org/10.1080/01647950808683718>
- Rodríguez Delfín, A. S. (2016). DINÁMICA DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.) AL ESTRÉS HÍDRICO Y SALINO

[UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2813>

- Rodríguez, J. (2020). Las malezas y el agroecosistema. 21(1), 1–9.
<http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Rosales Robles, E., Sánchez De La Cruz, R., Roel, J., García, S., Quintero, V. P., Loera Gallardo, J., Alberto, V., & Esquivel, E. (2006). CRITICAL PERIOD OF COMPETITION OF FIELD BINDWEED (*Convolvulus arvensis* L.) IN GRAIN SORGHUM. *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex*, 29(1), 47–53.
<https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/29-1/7a.pdf>
- Rosenthal, S. S., & Buckingham, G. R. (1991). Natural enemies of *Convolvulus arvensis* in Western Mediterranean Europe. *A Journal Pf Agricultural Science (USA)*, 50. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9103601>
- Sanyal, D., Bhowmik, C., Randy, L. A., & Shrestha, A. (2008). Revisiting the Perspective and Progress of Integrated Weed Management. *Weed Science*, 56(1), 161–167. <https://www.jstor.org/stable/25148495>
- SAS Institute Inc. (1987). Guide for personal computers. SAS Institute, Cary, N.C.
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=+Guide+for+personal+computers&publication_year=1985
- Skoracka, A., Smith, L., Oldfield, G., Cristofaro, M., & Amrine, J. W. (2009). Host-plant specificity and specialization in eriophyoid mites and their importance for the use of eriophyoid mites as biocontrol agents of weeds. In *Eriophyoid Mites: Progress and Prognoses*. Springer, Dordrecht.
https://doi.org/10.1007/978-90-481-9562-6_6
- Smith, L., de Lillo, E., & Amrine, J. W. (2010). Effectiveness of eriophyid mites for biological control of weedy plants and challenges for future research. *Experimental and Applied Acarology*, 51(1), 115–149.
<https://doi.org/10.1007/s10493-009-9299-2>
- Taberner, A., Cirujeda, A., & Zaragoza, C. (2007). Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura (FAO), 4(3), 78.
<http://www.fao.org/3/a1422s/a1422s.pdf%0Ahttp://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150>
- Tamayo Esquer, L. M. (2014). LA CORREHUELA FACTORES QUE LA ORIGINAN Y TECNOLOGÍA PARA SU MANEJO. In L. M. Tamayo Esquer (Ed.), 1er Simposium para el Manejo Integrado de Correhuela *Convolvulus*

arvensis L. en el valle del Yaqui, Sonora, México. .
[https://www.academia.edu/8434595/LA_CORREHUELA_FACTORES_QUE
 _LA_ORIGINAN_Y_TECNOLOGÍA_PARA_SU_MANEJO](https://www.academia.edu/8434595/LA_CORREHUELA_FACTORES_QUE_LA_ORIGINAN_Y_TECNOLOGÍA_PARA_SU_MANEJO)

- Tourneux, C., Devaux, A., Camacho, M., Mamani, P., & Ledent, J.-F. (2003). Effects of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia (I): morphological parameters, growth and yield. *Agronomie*, 23(1), 407–418. <https://doi.org/10.1051/agro>
- Trezzi, M. M., Vidal, R. A., Junior, A. A. B., von Hertwig Bittencourt, H., & da Silva Souza Filho, A. P. (2016). Allelopathy: Driving mechanisms governing its activity in agriculture. *Journal of Plant Interactions*, 11(1), 53–60. <https://doi.org/10.1080/17429145.2016.1159342>
- Upadhyaya, M. K., & Blackshaw, R. E. (2007). *Non-chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology*. CAB International. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6ZFdboWaA7UC&oi=fnd&pg=PA201&dq=Nonchemical++weed+management:+synopsis,+integration+and++the+Future&ots=YyQ9SOw3DI&sig=lfHUi_GKT7VHc814BKeyW-9RdEk#v=onepage&q=Non-chemical weed management%3A synopsis%2C integration and the Future&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6ZFdboWaA7UC&oi=fnd&pg=PA201&dq=Nonchemical++weed+management:+synopsis,+integration+and++the+Future&ots=YyQ9SOw3DI&sig=lfHUi_GKT7VHc814BKeyW-9RdEk#v=onepage&q=Non-chemical+weed+management%3A+synopsis%2C+integration+and+the+Future&f=false)
- Vaca-Sanchez, M. S., González-Rodríguez, A., Maldonado-López, Y., Fernandes, G. W., & Cuevas-reyes, P. (2016). Importancia de los taninos en especies del género *Quercus* como metabolitos secundarios asociados a defensa contra insectos herbívoros. *Biologicas*, 18(1), 10–20.
- Vargas, R., Olivares, N., & Ubillo, A. (2008). Manejo Integrado de Resistencia (MIR) y selectividad de plaguicidas.
- Vásquez, C., Colmenárez, Y., Morales-Sánchez, J., Valera, N., Sandoval, M. F., & Balza, D. (2015). Current and Potential Use of Phytophagous Mites as Biological Control Agent of Weeds. *Weed Biology and Control*. <https://doi.org/10.5772/59953>
- Walling, L. L. (2000). The myriad plant responses to herbivores. *Journal of Plant Growth Regulation*, 19(2), 195–216. <https://doi.org/10.1007/s003440000026>
- Weaver, S. E., & Riley, W. R. (1982). THE BIOLOGY OF CANADIAN WEEDS: 53. *Convolvulus arvensis* L. *Revista Canadiense de Ciencias Vegetales*, 62(2), 461–472. <https://doi.org/10.4141/CJPS82-066>
- Weyl, P., Cristofaro, M., Smith, L., Schaffner, U., Vidović, B., Petanović, R., Marini, F., Asadi, G. A., & Stutz, S. (2019). Eriophyid mites and weed biological control: does every silver lining have a cloud? *XV International*

Symposium on Biological Control of Weeds., January, 9–11.
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203127159>

Wiedenmann, R. N. (2007). Control Biológico de Maleza. In *TEORÍA Y APLICACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO* (pp. 196–208).
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51955052/teoria_applCB_1-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663184672&Signature=l4wchh25mMW2ErukFSvTazqmFYn~4ZcUqc2S9clWhheftiO9GjDXpRID3yvLhu51FERPdbXG4OoKTbCXh2LLoKL2gb6jklivunStrc1GtVfSq~Cukl3mN5wKe4sqa8my3-AOfMFf21vh