

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

MASTER EN SANIDAD Y PRODUCCION VEGETAL

**DEPARTAMENTO DE ECOSISTEMAS
AGROFORESTALES**



TESIS DE MASTER

Distribución espacio-temporal y variabilidad en los
caracteres taxonómicos de *Brevipalpus ferraguti*
(Acari: Tenuipalpidae)

Presentado por Ing. Hector Alonso Escobar Garcia

Dirigido por Dr. Francisco Ferragut Pérez

Valencia, Septiembre 2015



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**MASTER EN SANIDAD Y
PRODUCCION VEGETAL**

Autorización del Director

Datos de la Tesis de Master

Autor: Hector Alonso Escobar Garcia

Pasaporte : 6372002

Título: Distribución espacio-temporal y variabilidad en los caracteres taxonómicos de *Brevipalpus ferraguti* (Acari: Tenuipalpidae)

Área o áreas de conocimiento a las que corresponde el trabajo: Entomología

Titulación: Master en Sanidad y Producción Vegetal

A cumplimentar por el director/a, codirector/a o tutor/a del trabajo

Nombre y apellidos: Francisco Ferragut Pérez

Departamento : Ecosistemas Agroforestales

En calidad de : Director

Autorizo la presentación de la Tesis de Master cuyos datos figuran en el apartado anterior y certifico que se adecua plenamente a los requisitos formales, metodológicos y de contenido exigidos a una Tesis de Master, de acuerdo a la normativa aplicable.

(Firma)* Francisco Ferragut Pérez

Valencia 4 de setiembre de 2015



Datos personales

Autor: Hector Alonso Escobar Garcia

Pasaporte : 6372002

Datos de la Tesis de Master

Título : Distribución espacio-temporal y variabilidad en los caracteres taxonómicos de *Brevipalpus ferraguti* (Acari: Tenuipalpidae)

Lugar de realización : UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

Fecha de lectura : Setiembre 2015

Titulación : Master en Sanidad y Producción Vegetal

Director : Francisco Ferragut Pérez

Resumen

Los ácaros del género *Brevipalpus* (Acari: Tenuipalpidae) tienen gran importancia económica por ser vectores de virosis que afectan a plantas cultivadas. La taxonomía del género está siendo revisada actualmente y la especie *B. phoenicis*, sobre la que se hicieron numerosos trabajos de biología y comportamiento ha sido dividida en varias especies. Una de ellas es *B. ferraguti*, presente sobre plantas ornamentales en Valencia. En este trabajo se realizaron las primeras observaciones sobre la morfología y daños de este ácaro en plantas de *Myoporum laetum* y se estudió su dinámica poblacional y distribución espacial. Asimismo, se estudió la constancia en sus caracteres taxonómicos y la presencia de espermateca desarrollada en hembras colectadas sobre *M. laetum*, *Pittosporum tobira* y *Tecomaria capensis*.

Brevipalpus ferraguti produce daños importantes en *M. laetum* cuando sus poblaciones son elevadas (periodo estival), que se manifiestan en forma de decoloración y bronceado de las hojas, que terminan secándose y cayendo hasta dejar defoliada la planta. Su abundancia es mayor en los periodos cálidos y disminuye a partir de mediados del otoño hasta alcanzar valores muy bajos al inicio de la primavera. La recuperación tiene lugar a finales de primavera e inicios de verano. Tiene preferencia por vivir en el envés de las hojas, sobre todo cuando son inmaduros móviles. La distribución de los huevos no muestra preferencias, encontrándose tanto en el haz como en el envés. Además, sobre las hojas presenta un patrón de distribución agregado, siendo esta agregación mayor en los huevos y ninfas y menor en las hembras.

Los caracteres taxonómicos usados tradicionalmente para el género *Brevipalpus*, son válidos en *B. ferraguti*, no observándose ninguna variabilidad. Se observó por primera vez, la estructura de la espermateca completamente desarrollada, cuyo receptáculo seminal no se conocía. Esta estructura se encuentra en menos de la tercera parte de las hembras examinadas, sin que su presencia pueda atribuirse a la planta hospedante, época del año, abundancia poblacional o edad de la hembra. Se han encontrado, por primera vez, machos de esta especie en un número muy pequeño.

Palabras clave

Ácaros planos, Dinámica poblacional, Distribución espacial, Taxonomía, Ornamentales

Abstract

Brevipalpus mites (Acari: Tenuipalpidae) are of great economic importance due to their role as virus vectors in economic plants. The taxonomy of the genus is currently being revised and the species *B. phoenicis* has been divided into several species. One of them, *B. ferraguti* occurs on some ornamental plants in Valencia. In this work the morphology, damage, population dynamics and spatial distribution were studied on *Myoporum laetum* by the first time. In addition, the reliability of the most important taxonomic characters and the presence of fully developed spermathecae were studied in females collected on *M. laetum*, *Pittosporum tobira* and *Tecomaria capensis*.

Brevipalpus ferraguti produces important damage in *Myoporum*, mainly with high populations (summer season). Leaves become discoloured and bronze-coloured. Afterwards, they dry and fall. Populations are higher in summer, decreasing in autumn until reach the low levels at the beginning of spring. The mite has preference for living on the underside of leaves, mainly mobile immature. Eggs do not show any preference. On the leaves mites are distributed aggregately, being this aggregation higher in eggs and nymphs than in females.

The taxonomic characters commonly used in *Brevipalpus* taxonomy demonstrate to be valid and constant for this species. The spermatheca fully developed was observed by the first time. Only a third of females show this character. Its presence cannot be attributed to the host plant, season, population density o female age. It have been found by the first time males of this mite.

Key words

Flat Mites, Population Dynamics, Spatial distribution, Taxonomy, Ornamental plants

AGRADECIMIENTOS

Aprovecho la oportunidad en esta página, para dar las gracias primeramente a Dios, Jesucristo, Virgen María; mi familia y a toda la plana técnica docente: F. Garcia, A. Soto, J. Armengol, I. Font, M. Abad, J. Maroto, B. Pascual, V. Castell, N. Pascual, S. López, J. Osa, M. Agustí, C. Mesejo, C. Reig, D. Salazar, I. Lopez, M. Verdeguer, S. Ibáñez ; S. Gonzales ; R. Molina y mi Director de Tesis Francisco Ferragut Pérez; quienes contribuyeron con mi formación profesional para así concluir mis estudios de Master en Sanidad y Producción Vegetal curso 2014/2015 en la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia-España.

INDICE



INDICE GENERAL

	Pagina
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Importancia económica de los ácaros del género <i>Brevipalpus</i>	12
1.2. La complicada historia taxonómica de <i>Brevipalpus phoenicis</i>	12
1.3. Antecedentes de los <i>Brevipalpus</i> en España.....	14
1.4. Utilidad de los caracteres taxonómicos para separar las especies de <i>Brevipalpus</i> ...	15
1.5. Justificación y Objetivos.....	16
2. MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1. Muestreo, extracción y preparación de los ácaros.....	18
2.2. Observación microscópica.....	20
2.3. Análisis de la distribución espacial de las poblaciones.....	20
3. RESULTADOS	
3.1. Aspecto externo y daños de <i>Brevipalpus ferraguti</i> en <i>Myoporum laetum</i>	22
3.2. Observaciones sobre los enemigos naturales de <i>B. ferraguti</i>	24
3.3. Abundancia y estructura de la población.....	24
3.4. Patrones de distribución espacial en las hojas.....	25
3.5. Comportamiento agregativo de los ácaros en las hojas.....	29
3.6. Validez de los caracteres taxonómicos.....	31
3.7. Aspecto de la espermateca de la hembra de <i>Brevipalpus ferraguti</i>	35
4. DISCUSIÓN	36
5. CONCLUSIONES	39
6. BIBLIOGRAFÍA	41

INDICE DE FIGURAS

Pagina

Figura 01. Especies de Plantas; A. Seto de plantas de *Myoporum laetum*; **B.** Floración de *M. laetum*, a partir de la segunda quincena de febrero; **C.** Planta de *Pittosporum tobira*; **D.** Floración de *P. tobira* a partir de la segunda quincena de abril; **E.** Planta de *Tecomaria capensis*; **F.** Floración de *T. capensis* a partir de inicios de agosto hasta la segunda quincena de diciembre.....18

Figura 02: Muestras de hojas utilizadas apreciando de izquierda a derecha *Tecomaria capensis*, *Pittosporum tobira*, *Myoporum laetum* respectivamente.....19

Figura 03: Hoja de *Myoporum laetum* donde se muestran las dos partes, distal próxima al extremo y proximal cercana a la base, en que se dividió la superficie para conocer el patrón de distribución de los ácaros.....19

Figura 04. Aspecto externo de *Brevipalpus ferraguti* en *Myoporum laetum*; A. Huevos ovalados de color anaranjado y agrupados en la hoja; **B.** Disposición de los huevos de color rojo a lo largo del nervio central de la hoja **C.** Huevos en el haz en verano cuando las poblaciones son mayores; **D.** Lesiones en el envés de las hojas donde las hembras depositan sus huevos; **E.** Colonia de *Brevipalpus ferraguti*; **F.** Hembras adultas.....22

Figura 05. Síntomas de daños en *M. laetum* causados por *B. ferraguti*; A. Planta de *Myoporum laetum* en la estación del año-Otoño con parte de la vegetación seca dañada por *B. ferraguti*; **B.** Bronceado de la hoja iniciándose por los bordes; **C.** Daño en brotes tiernos; **D.** Decoloración y deformación de hojas; **E.** Hojas necróticas y secas que caen al suelo; **F.** Defoliación total de la planta a finales de verano y principios de otoño.....23

Figura 06: Evolución estacional de la abundancia de *Brevipalpus ferraguti* y estructura de sus poblaciones en plantas de *Myoporum laetum*. Los números en el eje de abscisas indican el número de muestreo.....25

Figura 07: Preferencia por el haz y el envés en las formas de desarrollo de *B. ferraguti*. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas.....26

Figura 08: Relación entre el porcentaje de hojas ocupadas y la densidad poblacional.....29

Figura 09: Representación de la relación entre el log de la media y el log de la varianza para todas las formas de desarrollo de *B. ferraguti* en las hojas de *Myoporum laetum*.....29

Figura 10: Comparación de las pautas de distribución de huevos, inmaduros móviles y hembras de *B. ferraguti* en las hojas de *Myoporum laetum*.....30

Figura 11: Comparación de la distribución de *B. ferraguti* entre el haz y el envés de las hojas de *Myoporum laetum*.....30

Figura 12. Morfología y caracteres taxonómicos de *Brevipalpus ferraguti*; **A.** Morfología del Macho; **B.** Forma del edeago del macho; **C.** Diseño del Prodorso; **D.** Disposición de los solenidios en el tarso I y II; **E.** Disposición de seis setas laterales a ambos lados en el opisthosoma de; **F.** Deutoninfa con espermateca desarrollada; **G.** Espermateca desarrollada. **H.** Espermateca no desarrollada **I.** Aspecto externo de la hembra adulta.....32

Figura 13. Morfología y caracteres taxonómicos de *Brevipalpus californicus* especie *B*; **A.** Diseño de Prodorso; **B.** Disposición de los solenidios en el tarso I y II; **C.** Disposición de siete setas laterales a ambos lados en el opisthosoma; **D.** Espermateca desarrollada afuera del cuerpo de una hembra adulta.....34

Figura 14: Comparación del porcentaje del desarrollo de la espermateca de las hembras adultas de *Brevipalpus ferraguti* en las tres plantas de estudio.....35

INDICE DE TABLAS

Pagina

Tabla 01. Medias y errores de las abundancias encontradas en cada fase de desarrollo de <i>B. ferraguti</i> en hojas de <i>Myoporum laetum</i> . N = número de observaciones (muestras).....	26
Tabla 02.- Resultados del ANOVA de medidas repetidas, comparando la presencia de ácaros en las superficies de la hoja (haz y envés) independientemente de los sectores (proximal y distal). a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.* La diferencia de medias es significativa al nivel por debajo de 0,05.....	27
Tabla 03.- Resultados del ANOVA de medidas repetidas, comparando el sector proximal y distal de la hoja sin tener en cuenta el haz y envés. a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.* La diferencia de medias es significativa al nivel por debajo de 0,05.....	27
Tabla 04.- Resultados del ANOVA de medidas repetidas, comparando la presencia de ácaros en el haz y envés de la hoja considerando los sectores proximal y distal. a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.* La diferencia de medias es significativa al nivel por debajo de 0,05.....	28
Tabla 05.- Resultados del ANOVA de medidas repetidas, comparando la presencia de ácaros en la parte próxima a la base y distal de la hoja, considerando el haz y en envés. . a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni *. La diferencia de medias es significativa al nivel por debajo de 0,05.....	28
Tabla 06.- Especies de <i>Brevipalpus</i> , número de individuos y sexo identificados en cada especie vegetal muestreada.....	31

1.- INTRODUCCIÓN



1.1. Importancia económica de los ácaros del género *Brevipalpus*

Los ácaros planos de la familia Tenuipalpidae contienen algunas de las especies de ácaros fitófagos económicamente más importantes en el mundo, especialmente las del género *Brevipalpus* Donnadieu (Jeppson et al 1975; Childers y Rodrigues 2011). Su importancia como plagas agrícolas ha aumentado en los últimos 40 años, principalmente debido a su papel en la transmisión de algunas virosis en plantas cultivadas y la necesidad de establecer medidas cuarentenarias para evitar su extensión geográfica (Ochoa et al 1994;. Childers y Derrick 2003; Childers et al 2003; Gerson 2008; Kitajima et al 2010; Rodrigues y Childers 2013; Alberti y Kitajima 2014).

En el pasado se ha considerado que eran tres las especies de *Brevipalpus* implicadas en la transmisión de varios virus en todo el mundo, *B. phoenicis* (Geijskes), *B. californicus* (Banks) y *B. obovatus* Donnadieu (Knorr et al 1968; Maeda et al 1998; Kitajima et al. 2001, 2003; Rodrigues et al, 2008; Rodrigues y Childers 2013; Kitajima y Alberti 2014) y se han citado más de 40 especies de plantas afectadas por estos virus (Kitajima et al 2001, 2003;. Rodrigues et al. 2008; Kitajima y Alberti 2014). Entre ellos, el Virus de la leprosis de los cítricos (CiLV-C) es de lejos la más grave, pero hay otras enfermedades que resultan en pérdidas económicas en el continente americano, como *Passion fruit green spot virus* (PFGSV) y *Coffee ringspot virus* (CoRSV) (Chagas et al. 2003, Kondo et al. 2003, Kitajima et al. 2003).

La leprosis de los cítricos es una de las enfermedades invasoras más importantes en América y plantea una grave amenaza para las industrias de cítricos en todo el mundo. Esta amenaza se ve agravada por la amplia distribución de los vectores potenciales. En la última década, la leprosis se ha extendido a un ritmo alarmante en todo el sur y Centroamérica, y más recientemente en México (Rodrigues y Childers 2013, Alberti y Kitajima 2014; Kitajima y Alberti 2014). Hasta ahora se ha considerado que el vector de la leprosis era *Brevipalpus phoenicis*. Sin embargo, en los últimos años, se han utilizado nuevos caracteres morfológicos para separar las especies del género y se han aplicado análisis moleculares, llegándose a la conclusión que *B. phoenicis*. y *B. californicus* comprenden en realidad varias especies crípticas; es decir, lo que hasta ahora se consideraba cada una de esas especies está constituido, en realidad, por un grupo de especies diferentes que no pueden o apenas pueden ser diferenciadas morfológicamente (Beard et al 2013, 2014, 2015; Navia et al 2013).

1.2. La complicada historia taxonómica de *Brevipalpus phoenicis*

El descubrimiento de la existencia de complejos de especies en los taxones implicados en la transmisión de virus tiene importantes implicaciones.

En primer lugar, toda la información publicada anteriormente sobre la biología, daños y comportamiento de *B. phoenicis* en todo el mundo es dudosa, ya que normalmente no se conservan preparaciones microscópicas de los ejemplares estudiados y no se sabe realmente sobre que especie se hicieron esos estudios. Por ejemplo, la asociación de *B. phoenicis* con el virus de la leprosis. Además, la identidad de *B. phoenicis* es, también, dudosa, ya que la especie fue descrita en 1939 por el holandés Geijskes a partir de unos ácaros colectados sobre *Phoenix canariensis* (Arecaceae) en un invernadero en La Haya y los ejemplares que sirvieron para la descripción se han perdido. Posteriormente a la descripción de *B. phoenicis*, Baker (1949) describe *Brevipalpus yothersi* y *B. papayensis* como especies muy próximas a *B. phoenicis*. El mismo Baker, unos años más tarde compara las tres especies (utilizando los ácaros originales de Geijskes) y considera que son la misma (Pritchard y Baker, 1952). Este criterio se ha mantenido hasta este mismo año 2015.

Esta situación confusa ha comenzado a aclararse recientemente gracias a los trabajos de Beard et al. (2013, 2015) y Navia et al. (2013). En estos trabajos se han utilizado nuevos caracteres taxonómicos para separar las especies, como la forma del receptáculo seminal de la espermateca de la hembra (carácter observable al microscopio óptico) y la forma y disposición de las microplacas sobre el tegumento (solo visible en el microscopio electrónico de barrido a 15000 aumentos) (Beard et al. 2013, 2015) y la aplicación de análisis moleculares para resolver la filogenia del grupo (Navia et al. 2013). El resultado de estos estudios ha sido la división de “*Brevipalpus phoenicis*” en siete especies, incluyendo la redescrición de *B. phoenicis* a partir de ejemplares colectados en la misma localidad y especie de planta que sirvió a Geijskes para nombrar la especie: *Brevipalpus phoenicis sensu stricto* (Geijskes), *B. yothersi* Baker y *B. papayensis* Baker, estas dos últimas recuperadas como especies válidas y cuatro que habían sido confundidas con *B. phoenicis*: *B. azores* Beard y Ochoa, *B. feresi* Ochoa y Beard, *B. ferraguti* Ochoa y Beard y *B. tucuman* Beard y Ochoa.

Este mismo año, se ha confirmado que son cinco los virus asociados con la leprosis (Roy et al. 2015). Tres de ellos, *Citrus leprosis virus C* (CiLV-C), *Citrus leprosis virus C2* (CiLV-C2) e *Hibiscus green spot virus 2* (HGSV-2) producen partículas en el citoplasma de las células infectadas, mientras *Citrus leprosis virus N* (CiLV-N) y *Citrus necrotic spot virus* (CiNSV) producen partículas en el núcleo celular. Se ha demostrado que los virus citoplásmicos están asociados a *Brevipalpus yothersi*, mientras que los nucleares están asociados a *Brevipalpus californicus*, aunque se sospecha que *B. yothersi* puede transmitir, también, virus nucleares (Roy et al. 2015).

Estos estudios han puesto de manifiesto que, al menos, los virus nucleares pueden reproducirse dentro del ácaro. Roy et al (2015) sugieren que este grupo de virus no es de origen vegetal, sino animal, y que pueden haberse originado en el ácaro y posteriormente adaptado a la planta, que jugaría el papel de vector en este poco usual sistema virus-ácaro-planta.

1.3. Antecedentes de los *Brevipalpus* en España

No existe ninguna revisión taxonómica publicada de las especies de *Brevipalpus* ni de otros Tenuipálpidos en España. Arenas (2009) recoge todas las citas de especies de Tenuipálpidos en España, aportando nuevas citas de especies, datos de distribución y una clave de identificación de géneros y especies.

Las primeras citas que informan de la presencia de *Brevipalpus* en los cultivos españoles son muy antiguas. En 1944 Silverio Planes, ingeniero agrónomo de la Estación de Fitopatología Agrícola de Levante en Burjassot, informa de la existencia de alteraciones en la corteza de los frutos de cítricos producidas por un ácaro del género *Tenuipalpus*. Estas lesiones, que ya fueron observadas en el otoño de 1939, consisten en manchas de color pardo de diferentes tamaños en la epidermis del fruto, que en caso de fuertes ataques llega a agrietarse, produciéndose, además, defoliación en los árboles. Los daños se observaron extendidos por parcelas de cítricos de las provincias de Valencia y Castellón y afectaban a naranjas, mandarinas y limones. En este trabajo se denomina a las lesiones producidas por el ácaro la “roña” de los frutos cítricos y a la especie causante “ácaro rojo” (Planes, 1944). En un trabajo posterior este mismo autor amplía la información sobre la plaga a la que denomina como *Brevipalpus phoenicis*, ya que algunos ejemplares fueron enviados al United States Department of Agriculture e identificados por el taxónomo Edward W. Baker. Como nombre común para designar a esta especie utiliza el de “arañuela roja” (Planes, 1952). A pesar de la importancia que tuvo a mediados del siglo pasado, en la actualidad la presencia de especies de *Brevipalpus* en los cítricos es rara, probablemente debido a su sensibilidad a los plaguicidas y las especies que se encuentran son *B. californicus* y *B. lewisi*. Sin embargo, son comunes en muchas plantas espontáneas y ornamentales, como las utilizadas en setos de parques y jardines.

En 1980 Antonio Arias detecta la presencia de *Brevipalpus lewisi* McGregor en viñas de La Mancha y algo más tarde es encontrado, también, en la provincia de Badajoz. El ácaro fue identificado en esa época por María Manuela Carmona de la Estação Agronômica Nacional de Oeiras (Portugal). Los principales daños que produce se localizan en las hojas, que presentan manchas necróticas a lo largo de los nervios, en los nudos que se oscurecen y posteriormente se lignifican, pudiendo llegar a resquebrajarse, y en los raspajos que toman un color más oscuro en las zonas afectadas. Debido a estos síntomas Arias y Nieto (1985) lo denominan “ácaro de la roña” de la vid. En ese trabajo se aportan datos de la dinámica poblacional de la especie en nuestras condiciones, especialmente su comportamiento durante la época invernal y la evolución de su abundancia durante el periodo vegetativo.

La revisión de Beard et al. (2015) basada en el examen de la colección de ácaros depositada en el Museo Nacional de Historia Natural de Estados Unidos (Smithsonian) ha permitido identificar algunas muestras de *Brevipalpus* que fueron enviadas a Estados Unidos hace muchos años o que fueron interceptadas en material vegetal procedente de España.

Ejemplares de *B. azores* fueron enviados para identificar por S. Planes el 2/02/1944 sobre *Citrus aurantium* y en octubre de 1949 sobre la misma planta colectada en Cullera (Valencia). Otros fueron interceptados en Philadelphia (USA) el 18/02/1948 en frutos de limón procedentes de Canarias y el 4/02/1959 José María del Rivero envió una muestra de ácaros de limonero de Canarias (Beard et al. 2015). Ejemplares de *B. yotheresi* sobre frutos de *Citrus sinensis* procedentes de España fueron interceptados en los servicios de inspección en Nueva York el 25/08/1980 (Beard et al. 2015). Estas especies son citadas por primera vez en España en el trabajo referenciado anteriormente.

1.4. Utilidad de los caracteres taxonómicos para separar las especies de *Brevipalpus*

A pesar de los avances recientes en la taxonomía del género, todavía quedan muchas dudas por resolver. El primer carácter que se emplea para dividir el género en grupos de especies es el número de solenidios (setas especializadas diferentes de las demás) en el tarso del primer y segundo par de patas (tarsos I y II). El número de solenidios en el tarso II no es siempre constante y, a veces, algunos individuos en una población no tienen el número de solenidios característico de la especie e, incluso, el mismo individuo puede tener un solenidio en el tarso II de la pata izquierda y dos en el de la derecha (Kitajima et al. 2011).

La espermateca u órgano donde la hembra retiene el esperma del macho hasta la fecundación de los huevos se ha revelado de gran importancia para la separación específica. Sin embargo, en algunos casos las hembras presentan una espermateca no desarrollada, en la que solo se aprecia el conducto, mientras que en otros el conducto termina en un receptáculo seminal cuya forma es diferente según las especies; es decir, tiene valor taxonómico (Kitajima et al. 2014; Beard et al. 2015). No se sabe por qué algunas hembras tienen la espermateca desarrollada y otras no o si su desarrollo depende de la edad de la hembra, la época del año u otros factores.

Finalmente, los inmaduros de una especie (deutoninfas) pueden tener morfologías diferentes. La forma y tamaño de las setas dorsales pueden ser diferentes entre poblaciones e, incluso, dentro de una misma población (Ochoa y Salas, 1989).

1.5. Justificación y Objetivos

Según lo expuesto anteriormente, las recientes aportaciones en la taxonomía de *Brevipalpus* han puesto de manifiesto varias cosas. En primer lugar, la información publicada hasta ahora sobre “*B. phoenicis*”, la especie más estudiada, es poco fiable o errónea, ya que se ha realizado sobre especies distintas. En este trabajo, se ha abordado el estudio del comportamiento poblacional de *B. ferraguti*, una especie presente en jardines y zonas verdes de la ciudad de Valencia y que había sido considerada, hasta ahora, como *B. phoenicis*. Este es, por tanto, el primer intento de conocer la biología y comportamiento de una de las especies confundidas con *B. phoenicis*. *Brevipalpus ferraguti* ha sido descrito a partir de hembras que tenían la espermateca no desarrollada (Beard et al. 2015). Sin embargo, se han observado algunas hembras con este órgano totalmente desarrollado (Ferragut, com. personal, 2015). En este trabajo, se procederá al examen de hembras para valorar la morfología y constancia de esta estructura en un número elevado de individuos y un periodo largo de tiempo. Al mismo tiempo, se analizará el número y disposición de los solenidios en el tarso I y II en ésta y en otras especies de *Brevipalpus* que pudieran aparecer en el seguimiento poblacional.

Para abordar estos estudios se procederá a realizar un seguimiento poblacional en tres plantas ornamentales ubicadas en los Jardines del Real (Viveros) de Valencia: el mioporo *Myoporum laetum* G. Forst. (Myoporaceae); el pitosporo *Pittosporum tobira* (Thunb.) W.T. Aiton (Pittosporaceae) y la enredadera de trompeta o chupamieles del Cabo *Tecomaria capensis* (Thumb.) Spach (Bignoniaceae). Los objetivos concretos serán:

1. Estudiar la abundancia, distribución temporal y espacial y estructura poblacional de *B. ferraguti* en plantas de *Myoporum laetum*, de la misma población sobre la que se describió la especie.
2. Examinar las estructuras taxonómicas: espermateca, ornamentación del tegumento y número de solenidios en todos los *Brevipalpus* colectados sobre las tres especies ornamentales y valorar la constancia de estos caracteres y su validez taxonómica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS



2.1. Muestreo, extracción y preparación de los ácaros

Los muestreos se realizaron con una periodicidad quincenal desde mediados de noviembre de 2014 hasta finales de julio de 2015, contabilizándose un total de 18 muestreos. En cada uno se recogió una muestra de cada una de las tres especies ornamentales, *Myoporum laetum*, *Pittosporum tobira* y *Tecomaria capensis* (Figura 01).

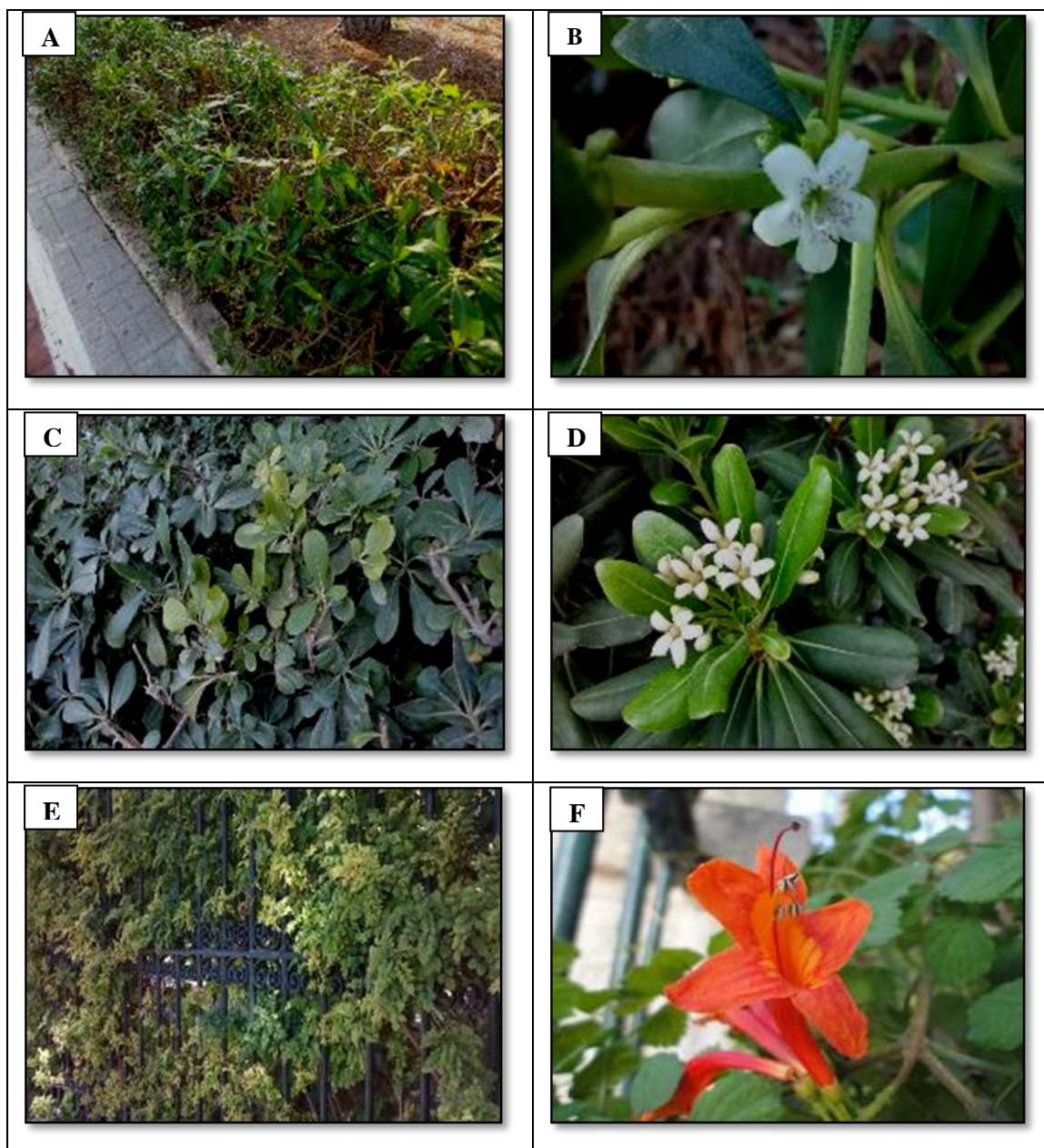


Figura 01. Especies de Plantas; A. Seto de plantas de *Myoporum laetum*; B. Floración de *M. laetum*, a partir de la segunda quincena de febrero; C. Planta de *Pittosporum tobira*; D. Floración de *P. tobira* a partir de la segunda quincena de abril; E. Planta de *Tecomaria capensis*; F. Floración de *T. capensis* a partir de inicios de agosto hasta la segunda quincena de diciembre.

Para estudiar la abundancia, dinámica poblacional y caracteres taxonómicos de *B. ferraguti* sobre *M. laetum* se tomaron en cada fecha 50 hojas al azar. Para estudiar la presencia y aspecto de los caracteres taxonómicos seleccionados sobre *P. tobira* y *T. capensis* se tomaron 10 ramos de cada planta formados por entre 8 y 12 hojas, según tamaño (Figura 02). Las muestras se llevaban el mismo día al laboratorio y con ayuda de una lupa binocular y un pincel fino se contaba el número de ácaros y se recogían para su preparación y montaje.



Figura 02: Muestras de hojas utilizadas apreciando de izquierda a derecha *Tecomaria capensis*, *Pittosporum tobira*, *Myoporum laetum* respectivamente.

En el estudio de la dinámica poblacional de *B. ferraguti* en *Myoporum laetum* (variación en la abundancia estacional y estructura de la población) se contó el número de todos los estados de desarrollo (huevos, larvas + ninfas, y hembras adultas) sobre las hojas. Para estudiar la distribución espacial de los ácaros se examinaba por separado el haz y el envés de las hojas. Cada una de estas superficies se dividió en una parte proximal (base) y una distal (extremo), anotando lo que se encontraba en ellas y separando los datos correspondientes a huevos, inmaduros móviles y hembras adultas. (Figura 03)

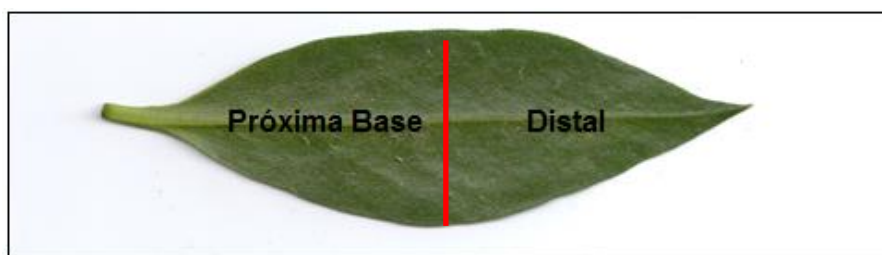


Figura 03: Hoja de *Myoporum laetum* donde se muestran las dos partes, distal próxima al extremo y proximal cercana a la base, en que se dividió la superficie para conocer el patrón de distribución de los ácaros.

Para determinar la variabilidad de los caracteres taxonómicos de los *B. ferraguti*, de cada muestra de cada una de las especies vegetales se extrajeron, siempre que fue posible, 35 hembras adultas. Éstas se colocaron en pocillos con líquido de Nesbitt (Walter et al 2009) durante 6 días para su digestión. Posteriormente, fueron montadas en láminas porta objetos utilizando líquido Heinze-PVA como medio de montaje (Walter et al 2009). Finalmente, eran llevadas a una plancha térmica, donde permanecían a 50°C durante 6 días más, para su secado definitivo.

2.2. Observación microscópica

Una vez secas las láminas, se procedió a la identificación de los ácaros y la observación de los caracteres taxonómicos en un microscopio Nikon Optiphot-2. Los caracteres examinados fueron: a) número de solenidios en el tarso de las patas I y II; b) ornamentación de la superficie dorsal del propodosoma; c) presencia, ausencia y aspecto del receptáculo seminal de la espermateca. Asimismo, fueron realizadas fotos de todas estas estructuras con una cámara digital Nikon 1200X acoplada a un microscopio Nikon Ni-U.

2.3. Análisis de la distribución espacial de las poblaciones

Para la estimación del patrón de distribución de *B. ferraguti* en hojas de *M. laetum*, se contabilizó por separado la abundancia de cada una de las formas de desarrollo en cada una de las 50 hojas que componían cada muestreo. Posteriormente se calculó la media y la varianza de cada muestreo. La comparación entre media y varianza del número de ácaros por hoja permite apreciar si la distribución es de tipo agregativo o agrupado. A continuación, se representó el logaritmo de la media en función del logaritmo de la varianza y los datos se ajustaron a una recta, con el fin de obtener el coeficiente b de la ley de Taylor que cuantifica el grado de agregación de cada población. Valores del índice b de Taylor mayores de 1 caracterizan a poblaciones que se distribuyen de forma agregada, siendo la agregación mayor cuanto mayor es ese valor (Taylor, 1961). Este análisis se repitió para la población total de *B. ferraguti*, en el haz y en el envés, y para cada forma de desarrollo (huevos, inmaduros móviles y adultos).

Con los datos de abundancia entre haz y envés y para las partes proximal y distal de las hojas se procedió a realizar el método estadístico ANOVA con medidas repetidas. Se compararon los siguientes parámetros: 1) Abundancia de ácaros en haz y envés fijando la distancia (próxima a la base y distal); 2) Abundancia de ácaros entre distancias (próxima a la base y distal) fijando la parte de la hoja (haz y envés); 3) Abundancia de ácaros en las partes de la hoja (haz y envés) independientemente de las distancias; 4) Abundancia de ácaros distancias (próxima a la base y distal) independientemente de las partes de la hoja. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS Statistics V 19.

3. RESULTADOS

3.1. Aspecto externo y daños de *Brevipalpus ferraguti* en *Myoporum laetum*

En el transcurso del trabajo y coincidiendo con los muestreos se han realizado observaciones del aspecto general de los estados de desarrollo del ácaro y de los daños producidos en las plantas de *M. laetum*. Las características típicas del aspecto externo de los estados de desarrollo de *B. ferraguti* son similares a las de otras especies de *Brevipalpus*. La hembra realiza la puesta de los huevos en grupos (Figura 04 A); y suele colocar a lo largo del nervio central de la hoja (Figura 04 B, C); también pueden depositarlos dentro de los exuvios de las ninfas o en daños necróticos o lesiones de las hojas (Figura 04 D, E). Los huevos tienen forma ovalada y son de color anaranjado o rojizo, los inmaduros también nacen con el color anaranjado-rojizo y lo mantienen hasta hacerse adultos, las tonalidades en los adultos son de color rojizo oscuro con manchas negras (Figura 04 F).

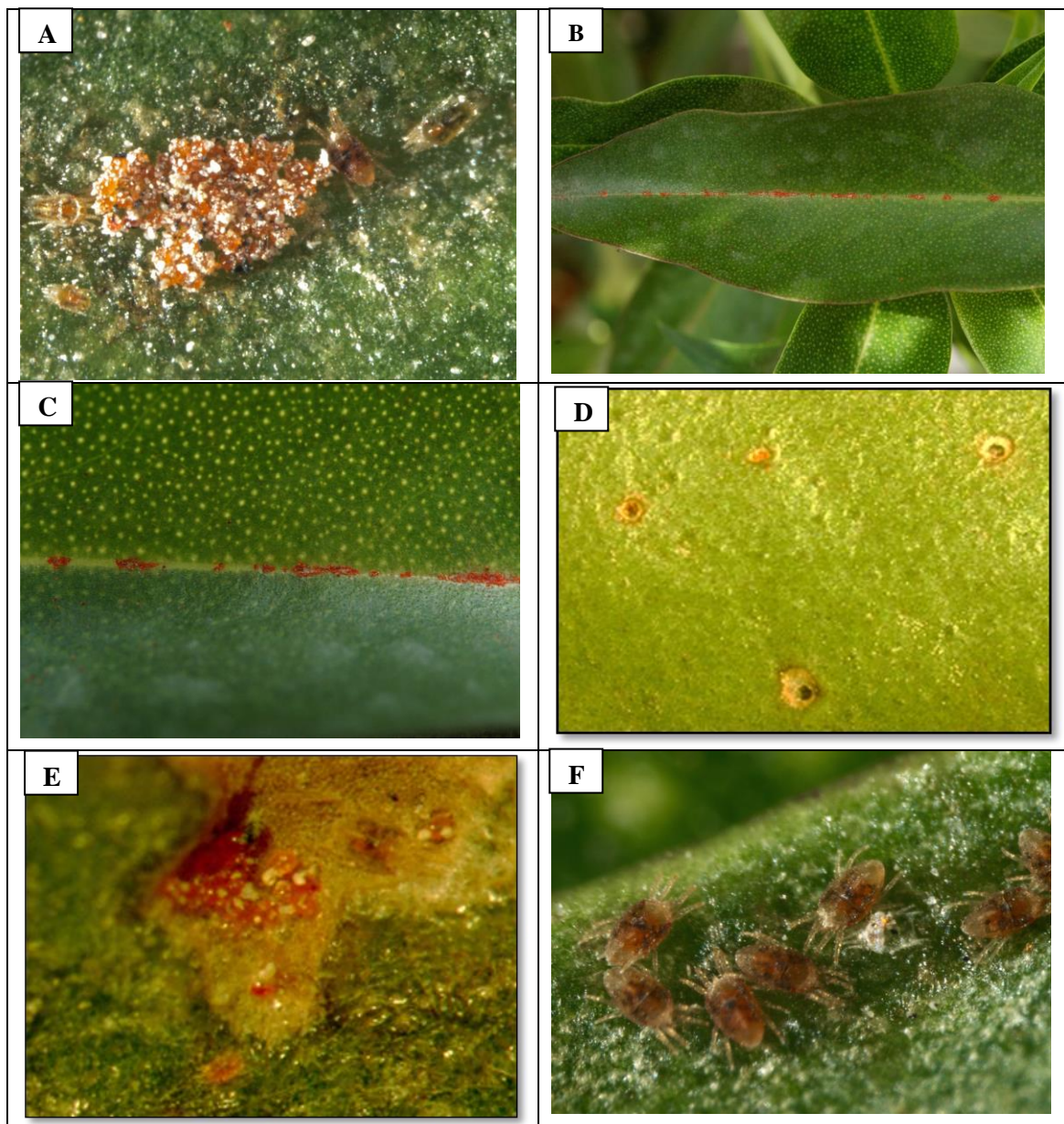


Figura 04. Aspecto externo de *Brevipalpus ferraguti* en *Myoporum laetum*; **A.** Huevos ovalados de color anaranjado y agrupados en la hoja; **B.** Disposición de los huevos de color rojo a lo largo del nervio central de la hoja **C.** Huevos en el haz en verano cuando las poblaciones son mayores; **D.** Lesiones en el envés de las hojas donde las hembras depositan sus huevos; **E.** Colonia de *Brevipalpus ferraguti*; **F.** Hembras adultas

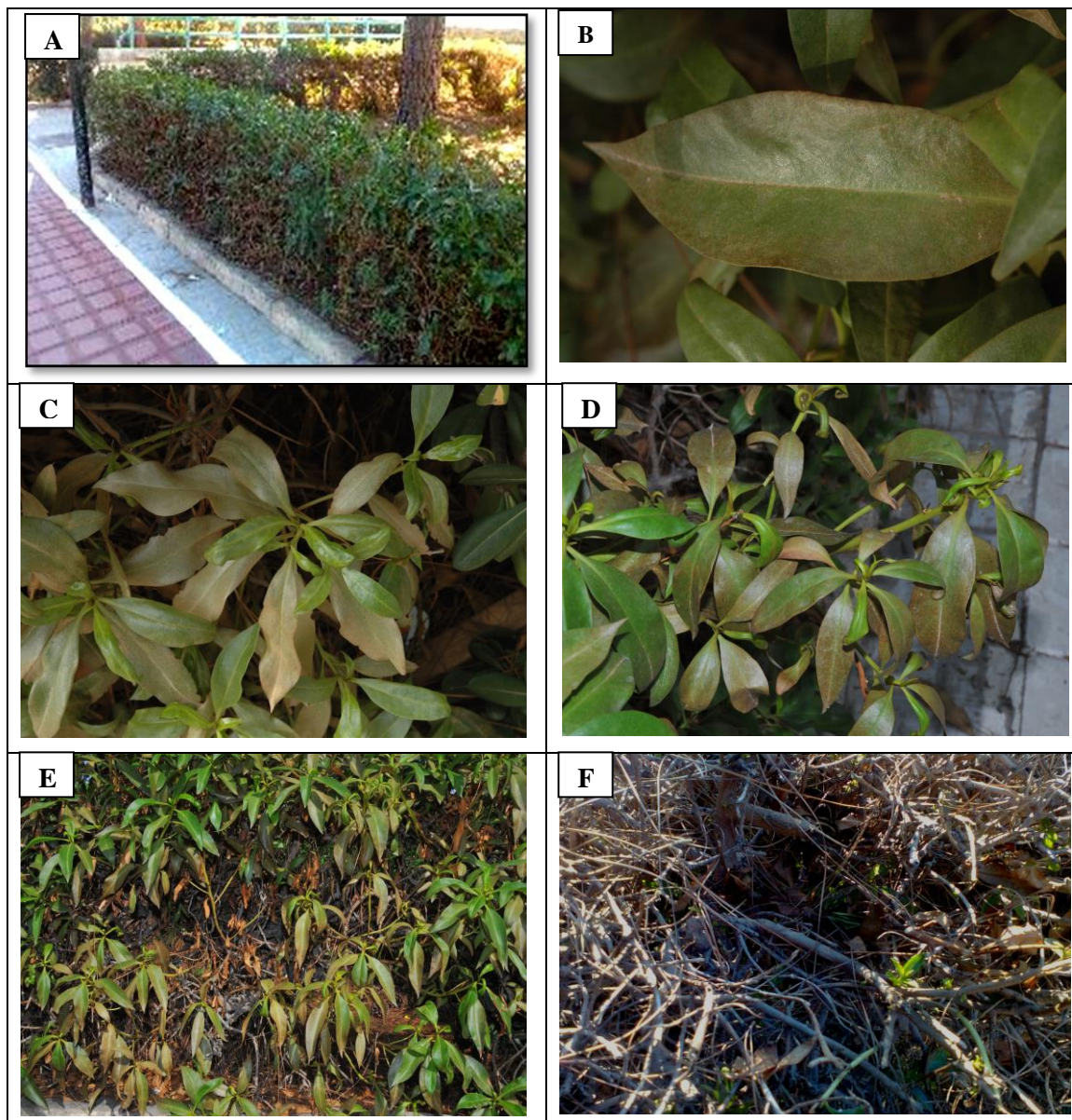


Figura 05. Síntomas de daños en *M. laetum* causados por *B. ferraguti*; A. Planta de *Myoporum laetum* en la estación del año-Otoño con parte de la vegetación seca dañada por *B. ferraguti*; **B.** Bronceado de la hoja iniciándose por los bordes; **C.** Daño en brotes tiernos; **D.** Decoloración y deformación de hojas; **E.** Hojas necróticas y secas que caen al suelo; **F.** Defoliación total de la planta a finales de verano y principios de otoño.

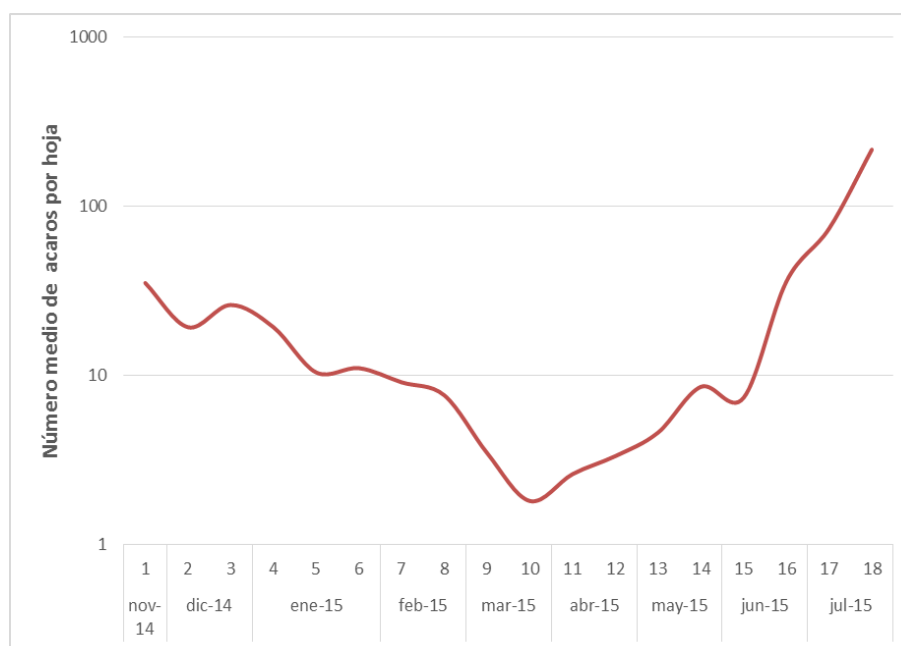
Los daños se producen por la alimentación del ácaro que elimina las células superficiales de las hojas. La magnitud del daño dependió de la densidad poblacional, observándose las manifestaciones más severas en el periodo estival, cuando las poblaciones fueron máximas (Figura 06). En los niveles poblacionales más bajos, los daños se manifestaron en forma de decoloraciones y deformación de hojas. Posteriormente, las hojas toman un color característico, similar a un bronceado (Figura 05 B). Con altas densidades poblacionales los brotes tiernos se deforman (Figura 05 C) las hojas desarrolladas se secan completamente, pudiendo permanecer en la planta o caer al suelo (Figuras 05 D, E), ocasionando posteriormente la defoliación total de la planta. (Figura 05 F).

3.2. Observaciones sobre los enemigos naturales de *B. ferraguti*

Aunque el trabajo no tiene por objetivo la identificación y valoración de los enemigos naturales del ácaro, ha sido posible observar la presencia de algunos de ellos alimentándose de los huevos de *B. ferraguti* mostrando un característico color rojo. Los fitoseidos han sido, en general, escasos y se presentan en las épocas en que las poblaciones de *Brevipalpus* son menores, en invierno y primavera. En algunos casos se ha observado a *Euseius stipulatus* y *Typhlodromus rhenanoides* de color rojo, indicando que se habían alimentado del tenuipálpido. En las épocas estivales de máximos poblacionales, se han observado otros depredadores, ya que los fitoseidos escasean en ese momento. En ocasiones, se ha observado un estigmeido del género *Agistemus* y ticideidos de la subfamilia Pronematinæ, todos de color rojo. Es frecuente encontrar larvas de trips depredadores del género *Franklinothrips* e incluso pequeñas hormigas que se alimentan de las masas de huevos. El impacto de todos ellos en las poblaciones de *B. ferraguti* parece ser pequeño.

3.3. Abundancia y estructura de la población

En la figura 06 se observa una tendencia clara de la abundancia, que desde el primer muestreo realizado en la segunda mitad del mes de noviembre del 2014 tiende a disminuir hasta valores mínimos el mes de marzo, para después ir recuperándose hasta alcanzar valores a finales de junio similares a los que se encontraron en noviembre, posteriormente se llegan a valores máximos en julio que corresponde a la estación del año de verano. Valores máximos de la población se observan en época de verano, con densidades próximas de 36- 216 ácaros por hoja, mientras los valores mínimos se encontraron a finales de marzo, con menos de 2 ácaros por hoja de media.



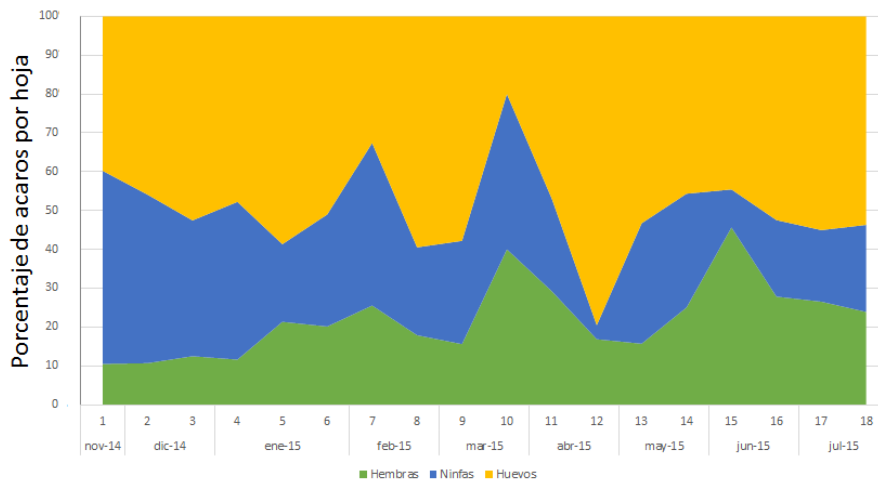


Figura 06: Evolución estacional de la abundancia de *Brevipalpus ferraguti* y estructura de sus poblaciones en plantas de *Myoporum laetum*. Los números en el eje de abscisas indican el número de muestreo.

Durante todo el periodo de muestreo se encontraron en mayor proporción estados inmaduros (huevos + larvas + ninfas) que adultos, que forman del 60 al 90% del total de ácaros. Además, a lo largo de los meses evaluados, e independientemente de la abundancia, se encuentran presentes todas las formas de desarrollo, lo que indica que no hay paradas reproductivas o diapausa en el periodo invernal.

Por otro lado, se observa una relación entre los máximos de las tres formas de desarrollo. Los picos de huevos a mediados de enero y finales de febrero (que constituyen aproximadamente el 60% de la población) son seguidos por máximos de ninfas dos o tres semanas más tarde (alrededor del 40% del total de formas). En cambio, tras el máximo de huevos de finales de abril no se observa una proporción destacable de ninfas.

Se aprecia también que a partir desde la segunda mitad de junio hasta finales de julio el porcentaje de huevos se mantiene constante en un 53%.

3.4. Patrones de distribución espacial en las hojas

Considerando la población total, *B. ferraguti* se encontró más en el envés de las hojas (60,6%) que en el haz (39,4%). Al comparar por separado las formas de desarrollo (huevos, inmaduros móviles y hembras) se observaron diferencias entre ellas (Figura 07).

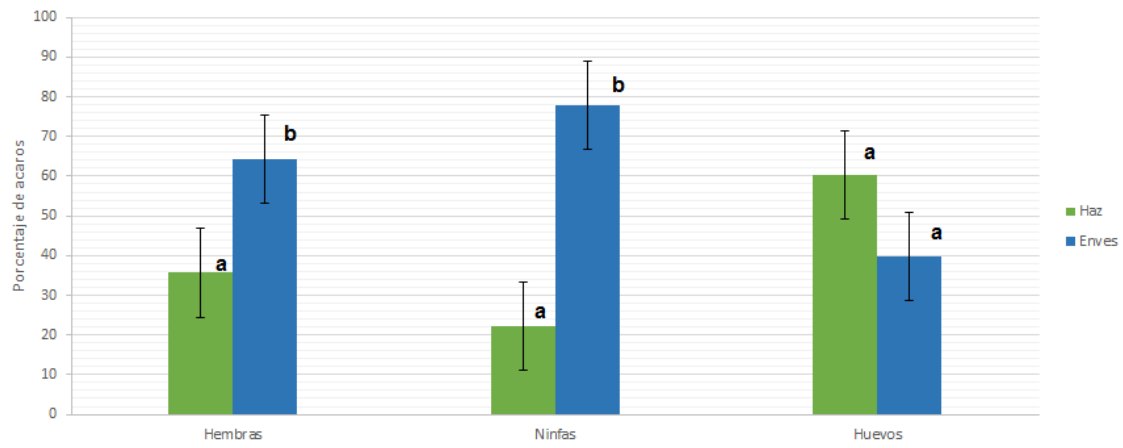


Figura 07: Preferencia por el haz y el envés en las formas de desarrollo de *B. ferraguti*. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas.

Mientras los huevos son depositados por las hembras por igual en el haz que en el envés, las formas móviles prefieren vivir en el envés. Estos resultados indican que una parte de las hembras que se encuentran en el envés se mueven al haz para dejar los huevos. Cuando éstos eclosionan, al menos la mitad de las larvas y ninfas que han nacido en el haz se desplazan al envés.

Al analizar la evolución de la preferencia de los ácaros por el haz o el envés a lo largo del periodo de muestreo no se han observado diferencias entre las distintas épocas del año para ninguna de las formas de desarrollo consideradas. Es decir, todas siguieron la misma pauta de distribución comentada anteriormente.

La comparación de la abundancia de las formas de desarrollo consideradas entre haz y envés y parte distal y proximal de las hojas dio lugar a las siguientes combinaciones de pares y resultados (Tabla 01).

Tabla 01. Medias y errores de las abundancias encontradas en cada fase de desarrollo de *B. ferraguti* en hojas de *Myoporum laetum*. N = número de observaciones (muestreos).

Descripción	Media	Desviación típica	N
HEMBRAS Haz Proximal	1,199	3,196	18
HEMBRAS Haz Distal	1,428	3,271	18
HEMBRAS Envés Proximal	2,047	3,276	18
HEMBRAS Envés Distal	1,387	2,743	18
HUEVOS Haz Proximal	5,055	11,240	18
HUEVOS Haz Distal	5,713	14,212	18
HUEVOS Envés Proximal	1,899	1,739	18
HUEVOS Envés Distal	1,573	1,465	18
NINFAS Haz Proximal	1,407	3,467	18
NINFAS Haz Distal	1,313	2,688	18
NINFAS Envés Proximal	2,795	3,070	18
NINFAS Envés Distal	1,676	2,599	18

Solamente los inmaduros móviles (larvas + ninfas) fueron significativamente más abundantes en el envés que en el haz de las hojas. No se encontraron diferencias a nivel estadístico en la distribución de huevos y adultos (Tabla 02)

Tabla 02.- Resultado del ANOVA de medidas repetidas, comparando la presencia de ácaros en las superficies de la hoja (haz y envés) independientemente de los sectores (proximal y distal). a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

* La diferencia de medias es significativa al nivel por debajo de 0,05.

Medida	(I)Superf.	(J)Superf.	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^a	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^a	
						Límite inferior	Límite superior
Hembra	Haz	Envés	-,404	,235	,105	-,900	,093
Huevos	Haz	Envés	3,648	2,818	,213	-2,297	9,593
Ninfas	Haz	Envés ↑	-,876*	,318	,013*	-1,546	-,206

La comparación entre los sectores proximal y distal sin tener en cuenta las superficies foliares mostró que las formas móviles, hembras e inmaduros no huevos, se encuentran preferentemente en la parte proximal, cerca de la base de la hoja (Tabla 03).

Tabla 03.- Resultados del ANOVA de medidas repetidas, comparando el sector proximal y distal de la hoja sin tener en cuenta el haz y envés. a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

* La diferencia de medias es significativa al nivel por debajo de 0,05.

Medida	(I)Sector	(J)Sector	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^a	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^a	
						Límite inferior	Límite superior
Hembra	Proximal ↑	Distal	,215*	,079	,014*	,049	,381
Huevos	Proximal	Distal	-,166	,438	,709	-1,090	,757
Ninfas	Proximal ↑	Distal	,607*	,150	,001*	,290	,924

Al considerar las diferencias en la distribución entre el haz y el envés en la parte proximal y en la parte distal, se observó que tanto las hembras como los inmaduros móviles fueron más abundantes en el envés y en la parte proximal de las hojas (Tabla 04).

Tabla 04.- Resultados del ANOVA de medidas repetidas, comparando la presencia de ácaros en el haz y envés de la hoja considerando los sectores proximal y distal. a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni. * La diferencia de medias es significativa al nivel por debajo de 0,05.

Medida	Sector	(I)Superf.	(J)Superf.	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^a	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^a	
							Límite inferior	Límite superior
Hembra	Proximal	Haz	Envés ↑	-,848*	,333	,021*	-1,551	-,145
	Distal	Haz	Envés	,041	,176	,820	-,331	,413
Huevos	Proximal	Haz	Envés	3,156	2,550	,233	-2,224	8,535
	Distal	Haz	Envés	4,140	3,102	,200	-2,404	10,684
Ninfas	Proximal	Haz	Envés ↑	-1,388*	,463	,008*	-2,365	-,412
	Distal	Haz	Envés	-,363	,191	,075	-,767	,040

Por último, la comparación de la abundancia de ácaros en las partes proximal y distal tanto en el haz como en el envés, mostró que las hembras fueron significativamente más abundantes en la parte distal del haz y en la parte proximal del envés. Por su parte, los inmaduros móviles prefieren vivir en el sector proximal del envés (Tabla 05).

Tabla 05.- ANOVA de medidas repetidas, comparando la presencia de ácaros en la parte próxima a la base y distal de la hoja, considerando el haz y en envés. a. Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni *. La diferencia de medias es significativa al nivel por debajo de 0,05.

Medida	Superf.	(I)Sector	(J)Sector	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. ^a	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia ^a	
							Límite inferior	Límite superior
Hembra	Haz	Proximal	Distal ↑	-,229*	,091	,022	-,421	-,038
	Envés	Proximal ↑	Distal	,659*	,188	,003	,263	1,055
Huevos	Haz	Proximal	Distal	-,659	,739	,385	-2,217	,900
	Envés	Proximal	Distal	,326	,283	,265	-,271	,922
Ninfas	Haz	Proximal	Distal	,094	,214	,665	-,357	,545
	Envés	Proximal ↑	Distal	1,119*	,220	,000	,655	1,584

En ninguno de los análisis anteriores la distribución de los huevos ha mostrado preferencia por ninguna de las superficies o sectores de las hojas.

3.5. Comportamiento agregativo de los ácaros en las hojas.

A lo largo del muestreo se observó que existía una relación entre la densidad poblacional y el porcentaje de hojas ocupadas por los ácaros. En la figura 08 se ha representado esta relación, los resultados indican que a densidades poblacionales por encima de 35 ácaros por hoja el 100% de las hojas muestreadas están ocupadas.

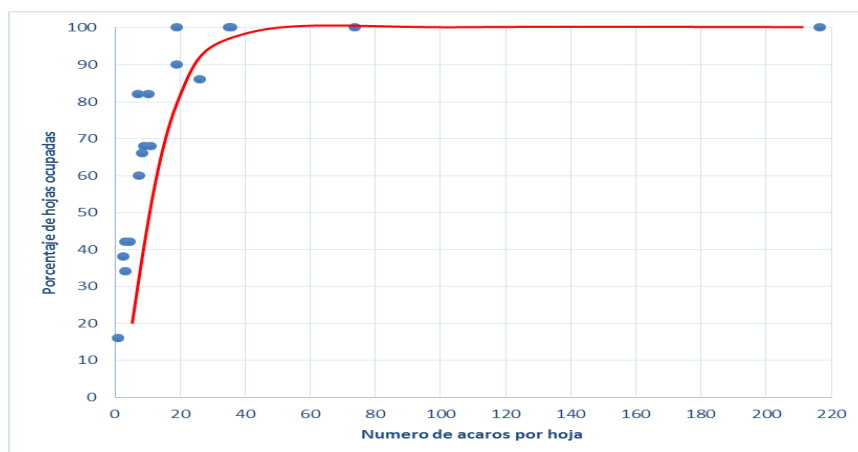


Figura 08: Relación entre el porcentaje de hojas ocupadas y la densidad poblacional

Los resultados obtenidos indican que los ácaros se distribuyen de forma agregada sobre las hojas. Al comparar la media del número de ácaros por hoja con la varianza en cada fecha de muestreo se encontró que en todos los casos y para las tres formas de desarrollo, huevos, larvas + ninfas y adultos, la varianza fue siempre superior a la media.

Al considerar todas las formas conjuntamente y representar gráficamente el logaritmo de la media en función del logaritmo de la varianza se encontró una relación significativa ($R^2 = 0,96$). El valor del coeficiente b de Taylor obtenido de la ecuación de la recta, $b = 1,43$ indica que los ácaros están fuertemente agregados en las unidades de muestra (hojas).

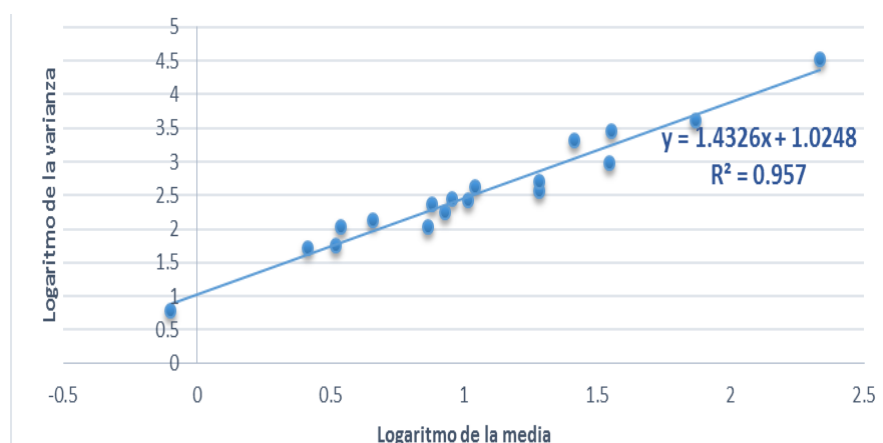


Figura 09: Representación de la relación entre el log de la media y el log de la varianza para todas las formas de desarrollo de *B. ferraguti* en las hojas de *Myoporum laetum*.

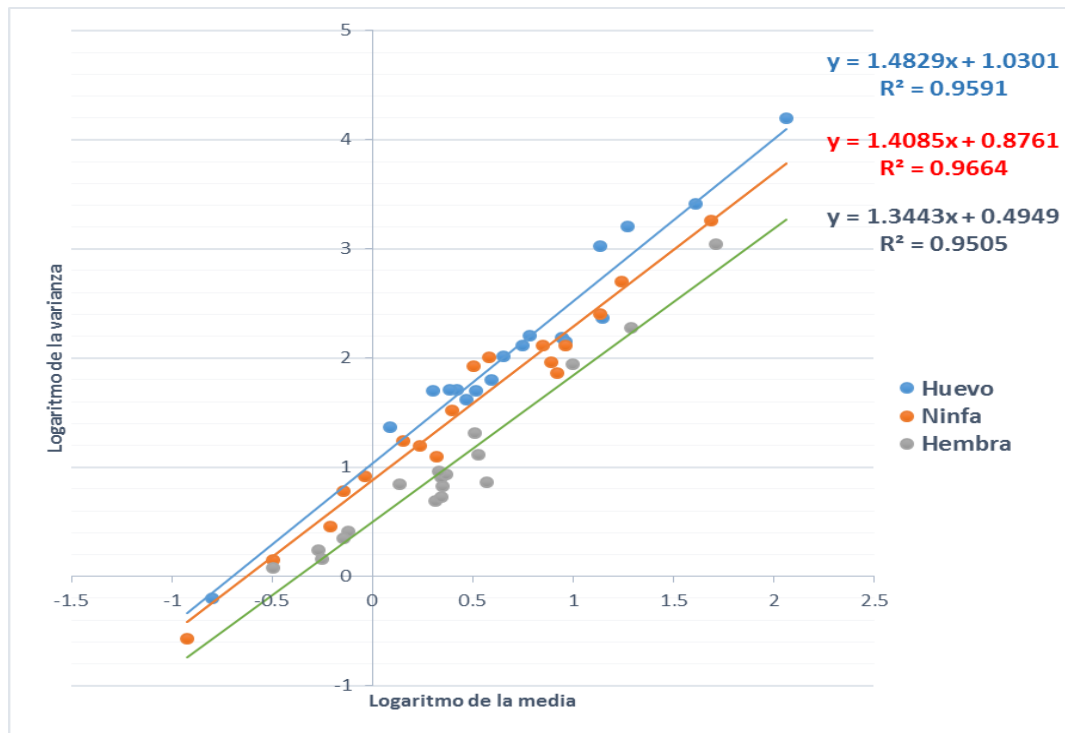


Figura 10: Comparación de las pautas de distribución de huevos, inmaduros móviles y hembras de *B. ferraguti* en las hojas de *Myoporum laetum*.

Al representar los datos correspondientes a cada forma de desarrollo (Figura 10), se observa que presentan una pauta similar, más parecida entre ninfas y huevos y ligeramente distinta en las hembras. Estas últimas se encuentran más dispersas en las hojas ($b = 1,34$), que los huevos ($b = 1,48$) y ninfas (1,40), que se distribuyen de forma más agrupada

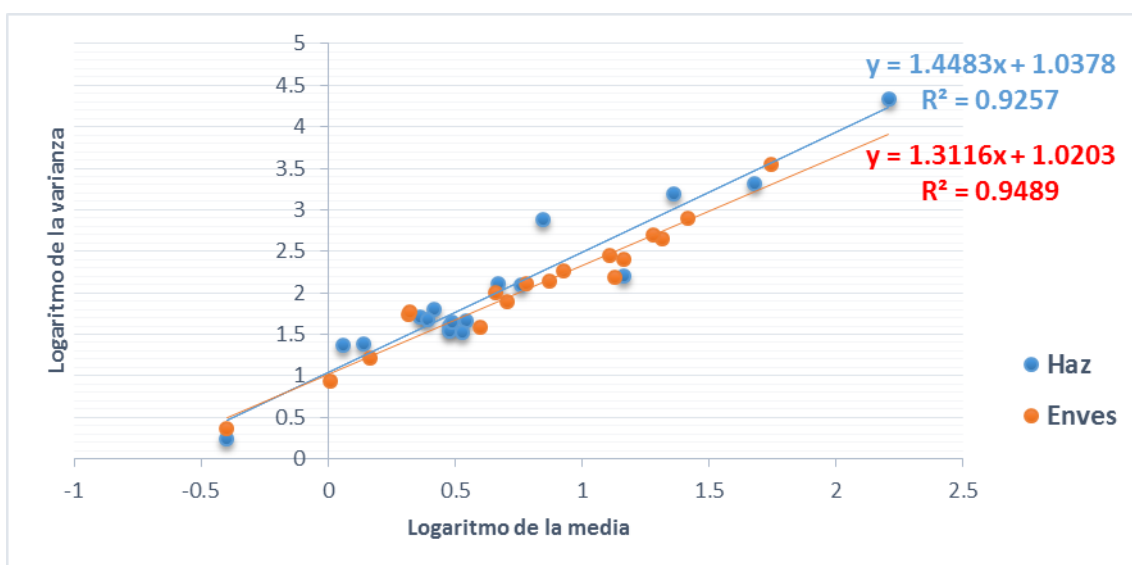


Figura 11: Comparación de la distribución de *B. ferraguti* entre el haz y el envés de las hojas de *Myoporum laetum*.

Finalmente, al separar los datos del haz y el envés de las hojas, se observó que la tendencia de las rectas es muy parecida (Figura 11), estando los ácaros algo más agregados en el haz ($b = 1,44$) que en el envés ($b = 1,31$).

Se ha analizado, también, el comportamiento de cada forma de desarrollo en el haz y el envés de la hoja, observándose unas pautas y valores de agregación similares a los encontrados al considerar la población globalmente (ver Figura 10).

3.6. Validez de los caracteres taxonómicos

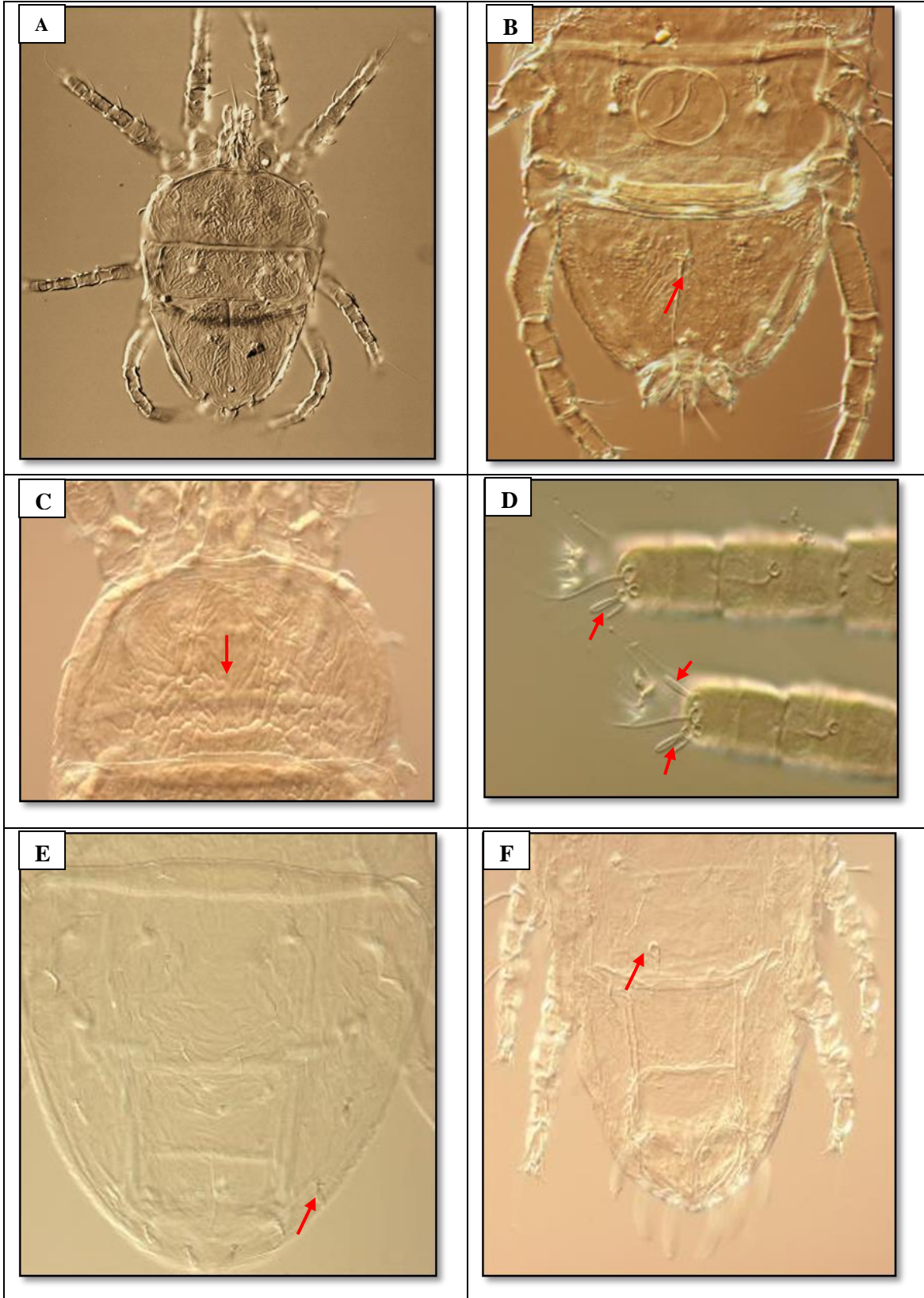
Se identificaron un total de 1351 individuos de *Brevipalpus* colectados en *Myoporum laetum*, *Pittosporum tobira* y *Tecomaria capensis* (Tabla 06). Mientras que en *M. laetum* y *T. capensis* solo se encontró *B. ferraguti*, en *P. tobira* se encontraron dos especies: *Brevipalpus californicus* especie B (según Beard et al., 2013) (64,84% de los individuos) y *B. ferraguti* (35,16%).

Tabla 06.- Especies de *Brevipalpus*, número de individuos y sexo identificados en cada especie vegetal muestreada

	<i>Myoporum laetum</i>		<i>Pittosporum tobira</i>		<i>Tecomaria capensis</i>		Total
	hembras	machos	hembras	machos	hembras	machos	
<i>Brevipalpus ferraguti</i>	614	2	139	2	333	1	1091
<i>Brevipalpus californicus</i>	0	0	260	0	0	0	260
Total	614	2	399	2	333	1	1351

De estos resultados es importante destacar que se han encontrado varios machos de *B. ferraguti*, una especie que se pensaba que estaba compuesta solo por hembras. En invierno (febrero y marzo), se encontraron dos machos en plantas de *Pittosporum tobira*, en primavera (mes de mayo) se encontraron otros dos en *Myoporum laetum* y en verano (mes de julio) se encontró uno en *Tecomaria capensis*.

Todos los ácaros identificados fueron, también, examinados para observar el aspecto y la constancia de los caracteres taxonómicos: número de setas laterales en el opisthosoma, número de solenidios en los tarsos I y II, ornamentación del propodosoma y desarrollo de la espermateca y aspecto del receptáculo seminal de la misma.



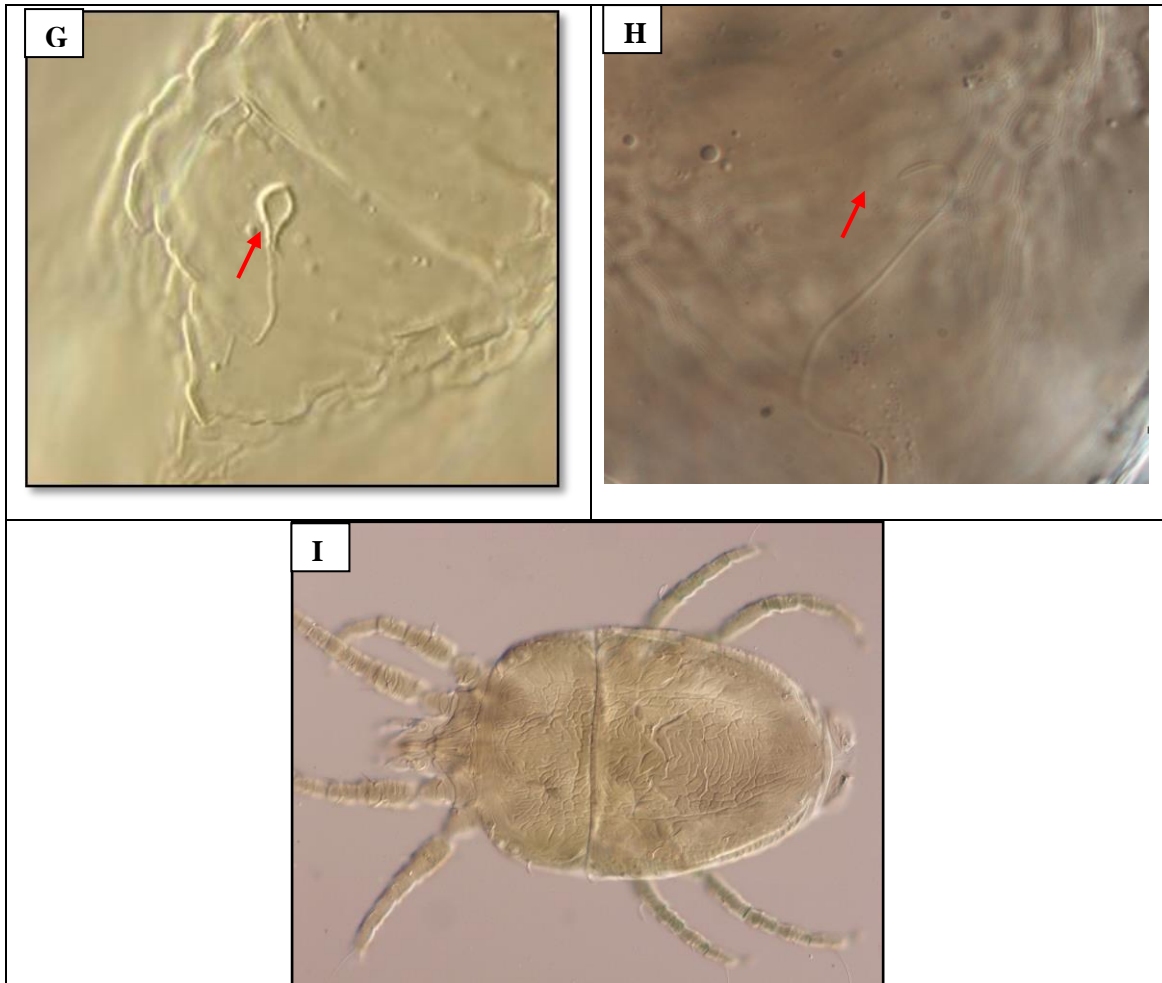


Figura 12. Morfología y caracteres taxonómicos de *Brevipalpus ferraguti*; A. Morfología del Macho; **B.** Forma del edeago del macho; **C.** Diseño del Prodorso; **D.** Disposición de los solenidios en el tarso I y II; **E.** Disposición de seis setas laterales a ambos lados en el opisthosoma de; **F.** Deutoninfa con espermateca desarrollada; **G.** Espermateca desarrollada. **H.** Espermateca no desarrollada **I.** Aspecto externo de la hembra adulta

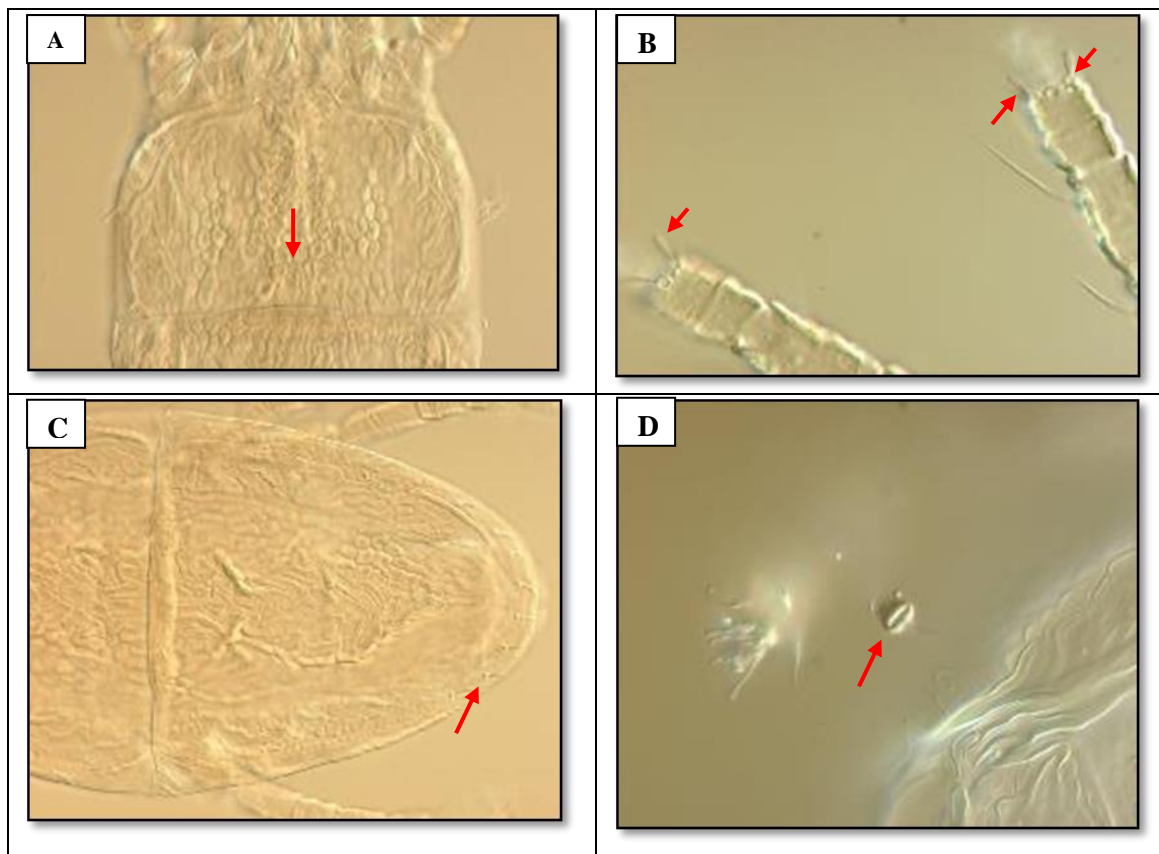


Figura 13. Morfología y caracteres taxonómicos de *Brevipalpus californicus* especie B; A. Diseño de Prodorso; **B.** Disposición de los solenidios en el tarso I y II; **C.** Disposición de siete setas laterales a ambos lados en el opisthosoma; **D.** Espermateca desarrollada afuera del cuerpo de una hembra adulta.

El número de setas laterales en el opisthosoma es el primer carácter que permite separar a *B. ferraguti* con 6 pares de setas (Figura 12 E) de *B. californicus* especie B (con 7 pares de setas (Figura 13 C). Las 1086 hembras de *B. ferraguti* examinadas presentaban los 6 pares característicos, mientras las 260 hembras de *B. californicus sp B* examinadas tenían 7 pares de setas. Por lo tanto, este carácter, es constante en las poblaciones estudiadas de ambas especies.

El número de solenidios del tarso I y tarso II es el mismo para ambas especies. En todas las hembras examinadas de las dos especies se ha observado el patrón característico, no encontrándose ningún caso de número de solenidios atípico o con asimetría entre las patas del lado izquierdo y derecho.

La ornamentación del propodosoma es claramente diferente en las dos especies. En *B. ferraguti* (Figura 12 C) tenían la forma de línea suavizada y estas líneas no llegaban a juntarse mientras que En *B. californicus especie B* era en forma de celdas (Figura 13 A)

La forma de la espermateca para ambas especies era completamente diferente lo que facilitaba su identificación para *B. ferraguti* (figura 12 G) y para *B. californicus especie B*. (figura 13 D). Es la primera vez que se muestra el aspecto de la espermateca completamente desarrollada de *B. ferraguti*.

3.7. Aspecto de la espermateca de la hembra de *Brevipalpus ferraguti*

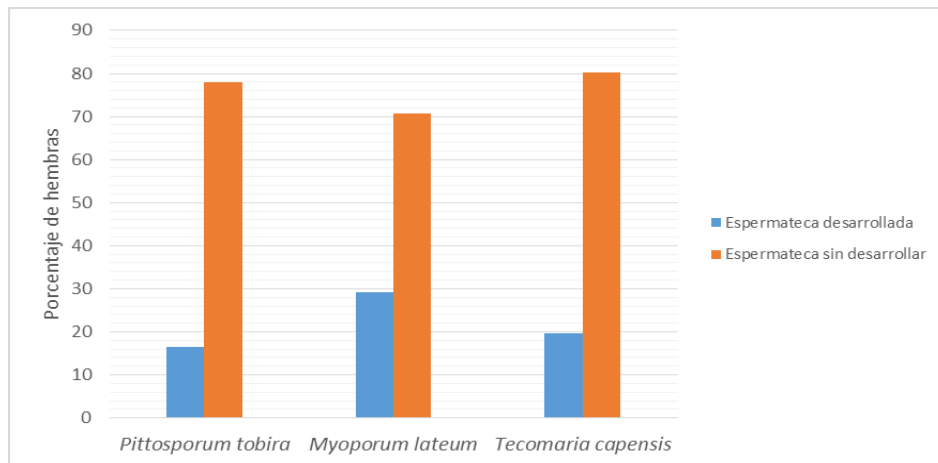


Figura 14: Comparación del porcentaje del desarrollo de la espermateca de las hembras adultas de *Brevipalpus ferraguti* en las tres plantas de estudio.

Se colectaron un total de 1086 hembras de *Brevipalpus ferraguti* en las tres especies de plantas *M. laetum*, *T. capensis* y *P. tobira*. Considerando todas las hembras, el 76,3% de ellas no presentó espermateca desarrollada y el 21,9% restante tenían receptáculo seminal desarrollado.

Al considerar cada especie vegetal por separado, se observó un comportamiento muy parecido, con más de la tercera parte de las hembras con espermateca no desarrollada (Figura 14). Sobre *M. laetum* el porcentaje de hembras con espermateca desarrollada fue algo mayor que sobre las otras especies, aunque estas diferencias no fueron grandes.

La presencia de hembras con espermateca totalmente desarrollada no dependió de la edad de la hembra, ya que en algún caso fue posible observarla en ejemplares que estaban mudando a la fase adulta (Figura 12 F). Tampoco se encontraron diferencias relacionadas con la abundancia de la población ni con la época del año, sino que se encontraron distribuidas más o menos de forma homogénea a lo largo del periodo de muestreo. Por tanto, con los datos obtenidos no es posible conocer por qué algunas hembras desarrollan completamente esta estructura y otras no lo hacen.

4. DISCUSIÓN



Este trabajo constituye el primer estudio sobre la biología poblacional y el comportamiento de *B. ferraguti*. Por este motivo, y sobre todo, por la confusión que ha existido en el pasado sobre la identidad de las especies de *Brevipalpus* no es posible comparar los resultados obtenidos con los que se encuentran en la literatura científica.

Hasta el momento, *B. ferraguti* se ha encontrado solo en áreas verdes de la ciudad de Valencia. Como el trabajo se ha centrado en un seguimiento de las poblaciones sobre unas plantas concretas, no se sabe con exactitud la importancia de esta especie en otras zonas ajardinadas, ni su rango de plantas hospedantes.

A lo largo del estudio ha podido comprobarse que *B. ferraguti* produce daños importantes en las plantas cuando sus poblaciones son elevadas (Figura 05), el daño se manifiesta en forma de decoloración y bronceado de las hojas, que terminan secándose y cayendo. Este daño ha podido ser observado sobre *M. laetum*, donde las poblaciones han sido más elevadas. En *P. tobira*, y *T. capensis* pasan más desapercibidos, observándose en estas dos plantas amarilleamiento foliar, que pueden atribuirse a la presencia del ácaro. En *P. tobira*, se han observado también, unas manchas características en hojas, parecidas a las producidas por algunas virosis. Hojas con estos síntomas y presencia de *Brevipalpus* fueron analizadas al microscopio electrónico por la profesora Isabel Font, sin que se apreciaran partículas virales.

El seguimiento poblacional demuestra que, a pesar de no haberse completado un año, la abundancia es mayor en los periodos cálidos y disminuye a partir de mediados del otoño hasta alcanzar valores muy bajos al inicio de la primavera. La recuperación tiene lugar a finales de primavera e inicios de verano.

En invierno y en los momentos de mínimos poblacionales se han encontrado huevos e inmaduros, lo que demuestra que la especie no sufre diapausa reproductiva. Parece ser que las bajas temperaturas tienen como resultado solo una disminución de la velocidad de desarrollo.

Los resultados obtenidos han demostrado, también, que el ácaro tiene preferencia por vivir en el envés de las hojas, sobre todo cuando son inmaduros móviles. La distribución de los huevos en las hojas no muestra preferencias, encontrándose tanto en el haz como en el envés y tanto en la parte proximal como distal de las hojas. En cambio, las formas móviles prefieren algunas partes de las hojas, encontrándose en mayor número sobre ellas. Esta distribución se mantuvo durante todo el periodo muestreado e independientemente de la abundancia poblacional.

Sobre las hojas, *B. ferraguti* presenta un patrón de distribución agregado, siendo esta agregación mayor en los huevos y ninfas y menor en las hembras. Esto se interpreta como que las hembras depositan los huevos en grupos numerosos y que las ninfas, durante su desarrollo tienen poca movilidad, y tienden a permanecer juntas en lugares donde la alimentación puede ser más adecuada. Las hembras, en cambio son más móviles y se mueven por las hojas, dando lugar a una distribución más próxima al azar.

Aunque no se ha estudiado el comportamiento de puesta, la observación de las hojas ha permitido observar que las hembras dejan los huevos en grupos (es decir, la presencia de los primeros huevos parece estimular a las siguientes hembras a dejar los huevos en el mismo lugar) y que aprovechan el nervio central de la hoja para hacerlo. Frecuentemente los huevos aparecen en el interior de lesiones o agujeros de la superficie foliar. No se sabe a qué son debidas estas lesiones, pero las hembras encuentran en ellas condiciones más favorables para la puesta, tal vez una mayor humedad (Figura 04 D, E).

En este trabajo se ha demostrado, también, que los caracteres taxonómicos usados tradicionalmente para la separación de grupos dentro del género *Brevipalpus*, como el número de setas dorsolaterales del opisthosoma y el número de solenidios en los tarsos del primer y segundo par de patas, son válidos en las poblaciones estudiadas de *B. ferraguti* y *B. californicus sp. B*, ya que no se ha observado ninguna variabilidad en los especímenes examinados. En el caso de *B. yothersi* (*B. phoenicis* de América, según las publicaciones anteriores), se observó una asimetría en la presencia de los solenidios, e incluso algunos ácaros que presentaban un número diferente en las patas izquierda y derecha de su cuerpo (Kitajima et al 2011)

Hemos podido observar, por primera vez, la estructura de la espermateca completamente desarrollada de *B. ferraguti*, cuyo receptáculo seminal no se conocía. El receptáculo seminal es una estructura que se ha demostrado recientemente de gran importancia en la sistemática e identificación de los *Brevipalpus*. La de *B. ferraguti* es claramente diferente de las otras conocidas en el grupo de especies *phoenicis* del género *Brevipalpus* (Figura 12 G), lo que demuestra que este especie se encuentra separada del resto del grupo.

La presencia del receptáculo seminal de *B. ferraguti*, o sea, la espermateca en su forma completamente desarrollada, no es común en las hembras de esta especie (a diferencia de las de *B. californicus sp. B*). Menos de una tercera parte de las hembras la tienen, sin que se haya apreciado diferencias en función de la época del año. Algunas deutoninfas ya tienen espermateca completamente desarrollada (Figura 12 F), lo que demuestra que esta estructura no aparece posteriormente a la salida de la forma adulta, ni depende de la edad de la hembra. Sin embargo, no se han encontrado evidencias de otros factores que favorezcan su desarrollo, aunque sobre *Myoporum laetum* el porcentaje de hembras con receptáculo seminal era mayor que sobre las otras plantas.

En este trabajo se han encontrado, por primera vez, machos de esta especie en un número muy pequeño (Figura 12 A). No se conoce el papel que juegan estos machos en la fecundación de las hembras, aunque todos tienen desarrolladas las estructuras propias del aparato genital masculino, incluyendo los testículos y el edeago (Figura 12 B).

Este trabajo ha permitido percibir que quedan, todavía muchas lagunas en la comprensión de la biología de este ácaro, sobre todo en relación con su biología reproductiva, su distribución geográfica, las plantas donde vive o el daño que produce en ellas. Sin embargo, se aportan los primeros datos, que serán completados al finalizar el año completo de seguimiento poblacional.

5. CONCLUSIONES



1) En los muestreos realizados en *Myoporum laetum*, *Pittosporum tobira* y *Tecomaria capensis* durante nueve meses se han colectado un total de 1351 *Brevipalpus*, de los cuales 1091 fueron *Brevipalpus ferraguti* y 260 *Brevipalpus californicus* especie B. Las dos especies coexisten en *Pittosporum* (*B. californicus*, 64,84%; *B. ferraguti* 35,16%), mientras que en *M. laetum* y *T. capensis* solo se encontró *B. ferraguti*.

2) Sobre *M. laetum*, las poblaciones de *B. ferraguti* disminuyen de noviembre hasta mayo, con los niveles más bajos en marzo-abril (2 ácaros/hoja). Posteriormente se recuperan y aumentan rápidamente a partir del mes de junio hasta alcanzar elevadas densidades poblacionales a final de julio (216 ácaros/hoja). Durante todo el periodo e independientemente de la abundancia, la mayor parte de los individuos son inmaduros (huevos, larvas + ninfas).

3) Las poblaciones se distribuyen de forma agregada, tanto en el haz como en el envés y para las tres formas de desarrollo consideradas (huevos, larvas + ninfas y hembras adultas), siendo más agregadas en los huevos ($b=1.48$) e inmaduros móviles ($b=1.40$) que en las hembras ($b=1.34$). Los huevos son depositados indistintamente en ambas superficies de la hoja y en las partes proximal y distal de ambas superficies. Los inmaduros móviles fueron más abundantes en el envés y en la zona proximal de la hoja, mientras que las hembras fueron más abundantes en la parte distal del haz y en la proximal del envés.

4) Los caracteres taxonómicos más empleados, como el número de setas dorsolaterales del opisthosoma, el número de solenidios en el tarso I y II, la ornamentación del propodosoma y la forma de la espermateca, se han mantenido constantes en todas los especímenes de *B. ferraguti* colectados en las tres especies vegetales, lo que indica que son fiables en la caracterización de esta especie.

5) Menos de una tercera parte de las hembras de *B. ferraguti* tienen espermateca desarrollada, siendo este porcentaje algo mayor sobre *M. laetum*. Su presencia parece no depender de la época del año ni de la densidad poblacional. Se muestra, por primera vez, el aspecto del receptáculo seminal de esta especie, de gran importancia en la taxonomía del grupo.

6. BIBLIOGRAFÍA



Alberti, G. & Kitajima, E.W. (2014) Anatomy and fine structure of *Brevipalpus* mites (Tenuipalpidae) – economically important plant-virus vectors - Part 1: An update on the biology and economic importance of *Brevipalpus* mites. In: Alberti, G. & Kitajima, E.W. (Eds): Anatomy and Fine Structure of *Brevipalpus* Mites (Tenuipalpidae) Economically Important Plant-Virus Vectors. *Zoologica*, 160, pp 1–10.

Arenas, M. (2009). Los acaros tenuipálpidos en España. Aspectos taxonómicos y clave de especies. Tesis de Master, Master en Produccion Vegetal y Ecosistemas Agroforestales, Universidad Politecnica de Valencia. 79 pp.

Arias, A., J. Nieto (1985). El “acaró de la roña” *Brevipalpus lewisi* McGregor, nuevo parásito de la vid en España: invernación, colonización de las cepas y prospección en la comarca de Guareña (Badajoz). *Bol. Ser. Plagas*, 11:193-203.

Baker, E.W. (1949) The genus *Brevipalpus* (Acarina: Pseudoleptidae). The American Midland Naturalist, 42 (2), 350–402.
<http://dx.doi.org/10.2307/2422013>

Beard, J.J., Ochoa, R., Bauchan, G.R., Trice, M., Redford, A., Walters, T. y Mitter, C. (2013) Flat mites of the world. Disponible en: <http://idtools.org/id/mites/flatmites/> (Consultado en Febrero 2015)

Beard, J.J., Ochoa, R., Bauchan, G.R. & Braswell, W.E. (2014) *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex -resurrection of E.W. Baker's species (Acari: Tenuipalpidae). XIV International Congress of Acarology, Published Abstract, pp: 60.

Beard, J. J., Ochoa, R., Braswell, W. E., & Bauchan, G. R. (2015). *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae) a closer look. *Zootaxa*, 3944(1), 1-67.

Chagas, C.M., Kitajima, E.W. & Rodriguez, J.C.V. (2003). Coffe ringspot virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) in coffe.-Exp. Appl. Acarol. 30: 203-213

Childers, C.C. & Derrick, K. (2003). *Brevipalpus* mites as vectors of unassigned rhabdoviruses in various crops.-Exp. Appl. Acarol. 30 (1-3): 1-231

Childers, C.C., French, J.V. & Rodriguez, J.C.V. (2003). *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis* and *B. lewisi* (Acari: Tenuipalpidae): a review of their biology feeding injury and economic importance. –Exp. Appl. Acarol. 30: 5-28.

Childers, C.C., & Rodriguez, J.C.V. (2011): An overview of *Brevipalpus* mite (Acari: Tenuipalpidae) and the plant viruses they transmit. –Zoosymposia 6:180-192.

Gerson, U. (2008). The Tenuipalpidae: an under-explored family of plant-feeding mites. Systematic and Applied Acarology, 13, 83–101.

Jeppson, L.R., Keifer, H.H. & Baker, E.W. (1975) Mites Injurious to Economic Plants. University of California, Press, Berkeley, 614 pp.

Kitajima, E.W., Kondo, H., MacKenzie, A., Rezende, J.A.M., Gioria, R., Gibbs, A. & Tamada, T. (2001). Comparative Cytopathology and Immunocytochemistry of Japanese, Australian and Brazilian Isolates of Orchid fleck virus. *Journal of General Plant Pathology*, 67, 231–237.

<http://dx.doi.org/10.1007/PL00013018>

Kitajima, E.W., Chagas, C.M. & Rodrigues, J.C. (2003a) *Brevipalpus*-transmitted plant virus and virus-like diseases: cytopathology and some recent cases. *Experimental and Applied Acarology*, 30 (1/3), 135–160.

<http://dx.doi.org/10.1023/B:APPA.0000006546.55305.e3>

Kitajima, E.W., Rezende, J.A.M. & Rodrigues, J.C.V (2003b). Passion fruit Green spot virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae).-Exp. Appl. Acarol. 30:225-231.

Kitajima, E.W., Rodrigues, J.C.V. & Freitas-Astua, J. (2010). An annotated list of ornamentals naturally found infected by *Breviaplus* mite-transmitted viruses. *Scientia Agrícola (Piracicaba, Brazil)*, 67 (3), 1–25

Kitajima, E.W., Tassi, A.D., Novelli, V.M., Cáceres, S., Aguirre, A., Costa, N. & Moraes de, G.J. (2011) Asymmetry in the number of solenidia on tarsi II of *Brevipalpus* (Acari: Tenuipalpidae) populations from Argentina. *Zoosymposia*, 6, 39–44.

Kitajima, E. W. y Alberti, G. (2014). Ultrastructural detection of cytoplasmic and nuclear types of *Brevipalpus*- transmitted viruses. Pp. 173–192. In: G. Alberti & E.W. Kitajima (Eds): *Anatomy and Fine Structure of Brevipalpus Mites (Tenuipalpidae) - Economically Important Plant-Virus Vectors*. *Zoologica* 160: 1-192.

Knorr, L.C., Denmark, H.A. & Burnett, H.C. (1968). Occurrence of *Brevipalpus* mites, leprosis, and false leprosis on citrus in Florida. *The Florida Entomologist*, 51 (1), 11–17.

<http://dx.doi.org/10.2307/3493667>

Kondo, H., Maeda, T., & Tamada, T. (2003). Orchid fleck virus: *Brevipalpus californicus* mite transmission, biological properties and genome structure.-Exp.Appl.Acarol.30: 215-223.

Maeda, T., Kondo, H., Mitsuata, K. & Tamada, T. (1998). Evidence that orchid fleck virus is efficiently transmitted in a persistent manner by the mite *Brevipalpus californicus*. Published Abstract. 7th International Congress of Plant Pathology, Volume 3, Edinburgh, Scotland.

Navia, N., Mendonça, R.S., Ferragut, F., Miranda, L.C., Trincado, R.C., Michaux, J. y Navajas, M. (2013). Cryptic diversity in *Brevipalpus* mites (Tenuipalpidae). *Zoologica Scripta*, 42 (2), 406–426.
<http://dx.doi.org/10.1111/zsc.12013>

Ochoa, R., Aguilar, H. & Vargas, C. (1994). Phytophagous mites of Central America: An illustrated guide. CATIE, Serie Técnica, Manual Técnico No. 6, English edition, 234 pp.

Ochoa, R., & Salas, L. A. (1989). The genus *Brevipalpus* in Costa Rica (Acari: Tenuipalpidae). *International Journal of Acarology*, 15(1), 21-30.

Planes, S. (1944). La “roña” de los frutos cítricos. *Bol. Pat. Veg. Ent. Agrícola*, 13: 47-54.

Planes, S. (1952). La “arañuela roja”, nueva plaga de los naranjos en el Levante español. *Bol. Pat. Veg. Ent. Agrícola*, 19: 189-195.

Pritchard, A.E. & Baker, E.W. (1952). The false spider mites of California (Acarina: Phytotipalpidae). University of California Publications in Entomology, 9 (1), 1–94.

Rodrigues, J.C.V., Antony, L.M.K., Salaroli, R.B. & Kitajima, E.W. (2008). *Brevipalpus*-associated viruses in the central Amazon Basin. *Tropical Plant Pathology*, 33, 12–19.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762008000100003>

Rodrigues, J.C.V. & Childers, C.C. (2013). *Brevipalpus* mites (Acari: Tenuipalpidae): vectors of invasive, non-systemic cytoplasmic and nuclear viruses in plants. *Experimental and Applied Acarology*, 59 (1–2), 165–175.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10493-012-9632-z>

Roy, A., Hartung, J.S., Schneider, W.L., Shao, J., León, M.G., Melzer, M.J., Beard, J.J., Otero-Colina, G., Bauchan, G.R., Ochoa, R. & Brlansky, R.H. (2015). Role bending: complex relationships between viruses, hosts and vectors related to citrus leprosis, an emerging disease. *Phytopathology*. 105: 1013-1025.
<http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-12-14-0375-FI>

SPSS Statistics versión 19, Análisis de varianza con medidas repetidas, capítulo 16. 48 pp

Taylor, L. R., (1961). Agregation, variance and the mean. *Nature*, 189: 732-735

Walter, D. E., Lindquist, E. E., Smith, I. M., Cook, D. R., & Krantz, G. W. (2009). A manual of acarology. 807 pp