

Universidad Nacional de Tucumán  
Facultad de Ciencias Naturales  
e Instituto Miguel Lillo

**Tesis de Posgrado para optar al título académico de  
Doctor en Ciencias Biológicas**

**Distribución espacio-temporal de  
*Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata*  
(Diptera: Tephritidae) en dos áreas con  
distinto grado de disturbio en un sector  
de Yungas australes en Tucumán,  
Argentina**

Tesista: **Lic. Javier Altamirano**

Director: **Dr. Pablo Schliserman**

Codirector: **Dr. Sergio M. Ovruski**

2017

# Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que de alguna manera colaboraron con esta tesis, sin el apoyo de todos ellos no hubiese sido posible llegar hasta aquí:

En primer lugar y sobre todo, quisiera agradecer a mis directores, Pablo y Sergio, quienes confiaron en mí y me otorgaron todos los medios para poder desarrollar y concluir esta tesis.

A mis padres, Julio y Raquel, quienes me aconsejan y apoyan tanto en las decisiones personales como laborales.

A mi novia Agustina quien me ayuda y acompaña incondicionalmente y a mi familia por estar presentes en todo momento.

A mis compañeros y amigos del LIEMEN: Ulises Chaya, Guillermo Borchia, Patricia y Liliana Colombres, Álvaro Foieri, Lorena Escobar, Josefina Bonocuore, Natalia Salinas, Segundo Nuñez Campero, Claudia Marinho, Patricia Albornoz Medina, Laura Bezdjian, Guido Van Nieuwenhove, Luis Oroño, Solana Abraham y Juan Rull.

Al PROIMI por haberme dado lugar de trabajo para poder realizar esta tesis.

A la Facultad de Ciencias Naturales e I. M. L. y a la Secretaría de Posgrado por permitirme realizar esta tesis de doctorado.

A María Inés, mi codirectora de beca y a mis compañeros del INBIAL: Graciela Gómez, Eugenia Contreras, Mario Linares, Gabriela Alejo, María Laura Fernández, Cecilia Hamity, Elena Torrejón, Rosita Quispe y Feliz Ortiz.

A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y al CONICET por otorgarme las becas para poder financiar mi doctorado.

A Juan Rull y Ezequiel Araoz quienes integraron la comisión de seguimiento.

A Martín Boullhesen, Emilia Rodríguez, Anita Rodríguez, Poncho, China y el resto de las personas que me acompañaron y colaboraron con las colectas de moscas.

A Mabel por ayudarme con la toma de dato meteorológicos.

A las familias de Horco Molle quienes permitieron que instalara las trampas en los patios de sus casas y al Parque Sierras de San Javier por permitirme el acceso para los muestreos.

A Mariela Alderete, Emilio Flores, Elvira Guido y David Nestel quienes me ayudaron y aconsejaron en todos los momentos que hizo falta.

# Índice

Resumen .....	6
Abstract .....	7
<b>Introducción y antecedentes .....</b>	<b>9</b>
Distribución espacio-temporal en insectos .....	10
Moscas de la fruta en Argentina .....	13
Objetivo general.....	21
<b>Capítulo I</b>	
<b>Vegetación y variables ambientales como modeladoras del escenario de distribución de moscas de la fruta .....</b>	<b>23</b>
Introducción.....	24
Objetivo .....	25
Materiales y Métodos .....	25
Resultados .....	35
Discusión .....	43
Conclusión .....	46
<b>Capítulo II</b>	
<b>Diversidad y abundancia de moscas de la fruta en las Yungas australes: Comparación en dos tipos de ambientes con distinto nivel de alteración .....</b>	<b>47</b>
Introducción.....	48
Objetivo .....	50
Materiales y Métodos .....	50
Resultados .....	52
Discusión .....	59
Conclusión.....	61
<b>Capítulo III</b>	
<b>Influencia de las variables meteorológicas y la fenología de las especies hospederas sobre la fluctuación poblacional de <i>Anastrepha fraterculus</i> y <i>Ceratitis capitata</i>.....</b>	<b>62</b>
Introducción.....	63
Objetivo .....	65
Materiales y Métodos .....	65
Resultados .....	67
Discusión .....	73
Conclusión .....	77

## **Capítulo IV**

<b>Distribución espacial de <i>Anastrepha fraterculus</i> y <i>Ceratitis capitata</i> y su asociación con el ambiente.....</b>	<b>78</b>
Introducción.....	79
Objetivos .....	80
Materiales y Métodos .....	80
Resultados .....	84
Discusión .....	106
Conclusiones .....	108
<b>Conclusiones y consideraciones finales.....</b>	<b>110</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>112</b>

## Resumen

Una de las plagas frutihortícolas de mayor importancia a nivel mundial y nacional, responsables de pérdidas millonarias, son las comúnmente llamadas “moscas de la fruta” pertenecientes a la familia Tephritidae. En Argentina los únicos tefritidos de importancia económica y cuarentenaria son: *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata*.

En el caso de ambas especies, factores como disponibilidad y localización de plantas hospederas, variaciones meteorológicas y constitución general del paisaje modulan sus patrones espacio-temporales. Por tal motivo se propuso como objetivo de este trabajo de tesis, analizar espacial y temporalmente los patrones de distribución de las poblaciones de *A. fraterculus* y *C. capitata* en dos sitios con distinto grado de alteración para contribuir en la elaboración de un programa de manejo integrado de tefritidos plagas.

El estudio se realizó en dos sitios de las Yungas, en la provincia de Tucumán, por un período de tres años. El primer sitio forma parte de un bosque secundario y el segundo corresponde a un sector antropizado (huertos familiares). Para cada sitio, se diseñó un sistema reticular de grillas, compuesto por 100 celdas. En el centro de cada celda se colocó una trampa para capturar adultos de ambas especies de moscas plagas y otras especies de importancia ecológica. La revisión de trampas fue efectuada cada 14 días. Se realizó un censo de vegetación en cada una de las áreas seleccionadas para determinar la abundancia y distribución espacial de plantas hospederas y no hospederas de moscas de la fruta y se llevó un registro diario de los datos meteorológicos. Con esta información se elaboraron tablas comparativas para los dos ambientes. Se evaluó la fluctuación temporal de ambas especies de moscas y su asociación con las variables meteorológicas y fenología de los hospederos. Se analizó la distribución espacial de estos dípteros y se las vinculó con la ubicación de sus hospederos y con la cobertura del dosel.

Los resultados mostraron que los dos sitios de estudio difirieron en la abundancia y diversidad de árboles hospederos y no hospederos, en la cobertura y en las variables meteorológicas, lo que se vio reflejado en la gran abundancia y predominancia de *A.*

*fraterculus* y *C. capitata* en el sitio antropizado y en la mayor diversidad y equitatividad de especies de moscas de la fruta en el bosque secundario. Los análisis temporales mostraron que las poblaciones de *C. capitata* serían influenciadas por la fructificación del durazno y por el aumento de la temperatura y las precipitaciones, mientras que *A. fraterculus* por el aumento de la humedad y por la fructificación de las guayabas. Los análisis espaciales mostraron que ambas especies de moscas se distribuyen de manera agregada en sectores donde se concentran determinadas especies hospederas multiplicadoras y que la cobertura cumpliría un rol diferente según la especie y el ambiente.

Conocer la manera en que estas moscas plagas se distribuyen espacial y temporalmente, así también como identificar diferentes factores que podrían influir sobre dichos patrones, aportarían información muy valiosa y necesaria para la implementación de un programa de manejo integrado.

**Palabras claves:** MOSCAS DE LA FRUTA, DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL, TRAMPEO

## **Abstract**

### **Spatio-temporal distribution of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in two areas with different degrees of disturbance in southern Yungas in Tucuman, Argentina**

One of the most important fruit and vegetable pests worldwide and national, responsible for millions of dollars in losses, is the group commonly called "fruit flies" belonging to the Tephritidae family. In Argentina, *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* are the most important economic and quarantine species.

In the case of both species, factors such as availability and location of host plants, meteorological variations and landscape general architecture modulate their spatio-temporal patterns. The aim of this thesis was to analyze the population's distribution patterns of both *A. fraterculus* and *C. capitata* at a spatio-temporal scale in two sites with different degree of alteration to contribute to the development of an integrated pest control program.

The study was conducted at two sites in the Yungas Region, in the province of Tucumán, for a period of three years. The first site is part of a secondary forest and the second site corresponds to an anthropized sector (family orchards). For each site, a grid consisting of 100 cells was designed. At the center of each cell was placed a trap to collect adults of both pest flies species and other species of ecological importance. The traps were checked every 14 days. A vegetation census was carried out in each of the selected areas to determine the abundance and spatial distribution of fruit flies host and non-host plants and a daily record of the meteorological data was kept. With this information, comparative tables were elaborated for each environments. The temporal fluctuation of both species of flies and their association with meteorological variables and host phenology were evaluated. The spatial distribution of these dipterans was analyzed and linked to the location of their hosts and to canopy cover.

The results showed that the two sites differed in the abundance and diversity of host and non-host trees, in the canopy cover and in the meteorological variables, which was reflected in the great abundance and predominance of *A. fraterculus* and *C. capitata* in the anthropized site and in the greater diversity and equitability of fruit flies species in the secondary forest. The temporal analyses showed that *C. capitata* populations would be influenced by the fruiting of the peach and by the increase of the temperature and the rainfall, while *A. fraterculus* by the increase of the humidity and by the fructification of the guavas. Spatial analyzes showed that both species of flies presented an aggregated pattern in sectors where certain host species were concentrated and that the canopy cover would play a different role depending on the species and the environment.

Knowing how these pests are spatially and temporally distributed, as well as identifying different factors that could influence these patterns, would provide very valuable and necessary information for the implementation of an integrated management program.

Key words: FRUIT FLIES, SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION, TRAPPING



# **Introducción y antecedentes**

## **Distribución espacio-temporal en insectos**

La distribución espacio-temporal de los organismos responde a una serie de procesos que interactúan a escalas temporales y espaciales bien distintas, procesos históricos como movimientos tectónicos en eras geológicas o glaciaciones que hayan influido en la distribución biogeográfica de las especies (Blondel, 1987), procesos ambientales como respuesta de las especies a los cambios climáticos (Turner et al., 1988; Currie, 1991) o a la composición y estructura del paisaje (Fuller et al., 2001; Joly y Myers, 2001) y procesos funcionales como la interacción entre las especies (Duyck et al., 2004).

Desde el punto de vista de los procesos ambientales y funcionales, la distribución espacial y temporal determina las dimensiones sobre las cuales pueden estudiarse las poblaciones biológicas (Krebs, 1985).

Tradicionalmente ecólogos como Odum, (1972); Rabinovich, (1980) y Begon et al., (2006) han reconocido los siguientes patrones generales de distribución de los organismos en el espacio:

- Distribución Aleatoria: Se observa cuando la probabilidad de encontrar a un individuo de una población es la misma para todos los puntos del espacio, o que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser hallados en cada punto del espacio. Para ello, es necesario que todo este espacio ofrezca las mismas condiciones, lo cual no significa que estas condiciones sean favorables. Asimismo, la presencia de un individuo no debe afectar de ninguna manera la presencia de otro, es decir los individuos de la población no deben presentar ningún tipo de interacción, lo cual no implica que puedan ejercer alguna clase de efecto unidireccional de estas índoles sobre otras especies dentro de una comunidad.

- Distribución Agregada: Se observa cuando los individuos de una población se agrupan en aglomerados o parches, dejando porciones del espacio relativamente desocupadas. Esto implica la presencia de interacciones entre los individuos, o entre los individuos y el medio. Existen muchas causas probables para la formación de un patrón agregado, cuyo estudio puede ser relevante para comprender mejor la biología o ecología de los

organismos o el medio bajo estudio. Si sólo consideramos factores intrínsecos, la agregación podría ser consecuencia de interacciones sociales, tales como la organización para realización de tareas como la búsqueda del alimento o la crianza. Asimismo, podría ser una consecuencia del modo reproductivo predominante en la población (por ejemplo, baja dispersión de semillas, larvas o juveniles). Si consideramos además factores extrínsecos, la agregación podría ser una consecuencia del patrón de disposición de los recursos o los peligros en el medio: comportamientos defensivos, o aprovechamiento de parches de alta calidad y despoblamiento de zonas pobres. Estas dos clases de factores pueden igualmente interactuar de muchas formas, y afectar la trayectoria evolutiva de la población o especie a todos los niveles de organización.

- **Distribución Uniforme:** Este tipo de patrón de distribución es el resultado de interacciones negativas entre los miembros de la población. Las distancias entre individuos son aproximadamente las mismas dentro de la población. Dado que es difícil suponer que los recursos se dispongan naturalmente de manera equidistantes en el espacio, una disposición espacial de este tipo estaría causada únicamente por factores intrínsecos. Debido a la finitud del espacio, interacciones negativas o de segregación, tales como la competencia o el comportamiento agresivo intraespecífico parecerían ser los principales agentes causales de un patrón uniforme. En este tipo de patrón la supervivencia se maximiza y las interacciones hostiles se llevan a un mínimo.

Estudiar estos tipos de patrones sugieren hipótesis acerca de los mecanismos que afectan a las poblaciones según el entorno que las rodea (Lortie et al., 2005).

Por otra parte, las poblaciones de los diferentes organismos fluctúan en el tiempo, debido a que sus recursos esenciales también varían en el tiempo, los cuales a su vez dependen de las condiciones ambientales (Wallace et al., 2000, Schliserman et al., 2016). Según Morlans (2004) los cambios en la densidad poblacional, según el período en que se manifiestan pueden clasificarse en:

- **Fluctuaciones estacionales:** Se presentan, en poblaciones de individuos que tienen estaciones de cría limitada y especialmente entre ciclos de vida muy cortos. En las regiones con estaciones marcadas, durante la primavera tiene lugar el período reproductor, en el que se manifiesta el potencial biótico de la población y se alcanza la mayor densidad. Luego, durante el resto del año predominan los factores de mortalidad:

jóvenes mal protegidos, superpoblación, depredadores, falta de alimento, recursos y abrigo, enfermedades y clima extremo. Esta resistencia del medio hace retroceder la población hasta un nivel básico, el cual persiste hasta que llegue el nuevo período reproductor.

- Fluctuaciones anuales: Se caracterizan porque el ciclo de cada especie se desarrolla de la misma forma cada año, pero con una gran diferencia en cuanto al número de individuos que componen la población de un año a otro. Pueden distinguirse dos tipos:

- a- Debidas a factores extrínsecos a la población, originados por variaciones de la capacidad de carga del ambiente (número máximo de individuos que puede mantener el territorio), por modificación de las condiciones ambientales y/o variación en la tasa de mortalidad/natalidad; también puede haber atenuación o incremento de interacciones bióticas (coacciones).

- b- Debidas a factores intrínsecos de la población, que se suelen repetir de una manera periódica (oscilaciones o ciclos), tales como la acción recíproca de la población, el hacinamiento (origina cambios morfológicos y fisiológicos en los individuos que provocan las fluctuaciones), cambios de conducta, emigración o bien la acción recíproca en el nivel trófico (relaciones presa-predador) pero sólo cuando existe una clara monoespecificidad y/o condiciones de insularidad.

- Fluctuaciones cíclicas: Se producen cada cierto período de tiempo. Este tipo de fluctuación es el menos conocido y el más espectacular, ya que no está relacionado con cambios estacionales o anuales, pero a menudo se producen con tal regularidad que puede predecirse cuando volverán a repetirse.

Clásicamente en estudios de ecología de insectos, el análisis de los patrones de distribución espacial se ha basado en captura o conteo de individuos distribuidos en cuadrantes o grillas, en la que sus datos se ajustan a distribuciones teóricas conocidas, como por ejemplo las distribuciones de Poisson o binomial negativa (Elliott, 1983; Krebs, 2000), así como en el cálculo de varios índices basados en la media y la varianza de los recuentos en los cuadrantes (Elliott, 1983). Aunque estos análisis son útiles para describir los patrones de distribución espacial de las poblaciones de insectos, son en realidad una medida de dispersión (no mediciones de patrones realmente) porque su

disposición en relación a uno con otro es desconocida, y por ende las variaciones dentro de la región no pueden ser reconocidas.

En la actualidad se han desarrollado varios métodos que tienen en cuenta las posiciones relativas de los puntos de muestreo para representar los patrones espaciales; algunos ejemplos incluyen el análisis espacial mediante índices de distancia (Perry, 1995, Perry et al., 2002), los métodos basados en la varianza cuadrática, autocorrelación espacial, red de distancias y conteos y la geoestadística (Webster y Oliver, 2007; Zuur et al., 2008; Dormann et al., 2009 y Fortin y Dale, 2009).

En los insectos, los patrones de distribución espacio-temporales están moldeados por factores ambientales naturales, tales como la topografía, el régimen climático, la disponibilidad de recursos y las interacciones bióticas (intra e inter específicas) y por factores antropogénicos, tales como la agricultura, la urbanización y las actividades industriales (Amat García et al., 1997; Kounatidis et al., 2008; Nestel, 2009).

El conocimiento de la distribución espacial de las poblaciones de insectos plaga en regiones agrícolas y otros tipos de ambientes es de gran importancia para la elaboración de programas de manejo integrado (Ramírez Dávila et al., 2002; Cortese, 2016). Esta información ecológica permite desarrollar eficientes métodos de muestreo, tácticas de control y valoraciones de riesgo (por ejemplo: áreas susceptibles a ser atacadas y pérdidas económicas) (Boiteau et al., 1979; Ruesink, 1980; Taylor, 1984; Cortese, 2016; Quintanilla-Montolla et al., 2016).

## **Moscas de la fruta en Argentina**

Entre los insectos que mayor daño ocasionan a la frutihorticultura a nivel mundial, se encuentran las “moscas de la fruta” que pertenecen a la familia Tephritidae, (Thompson, 1998; Aluja y Rull, 2009). Actualmente, dentro de esta familia, se hallan descritas alrededor de 4200 especies distribuidas en las regiones tropicales, subtropicales y templadas de todo el mundo (Celedonio-Hurtado et al., 1998; Norrbom, 2004); sin embargo, solo cerca de 200 especies se consideran plagas de importancia económica para la frutihorticultura mundial (White y Elson-Harris, 1992; Norrbom, 2004, 2010).

Las “moscas de la fruta” son insectos holometábolos, es decir que su ciclo biológico involucra cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. El huevo

es depositado dentro del fruto por una hembra grávida previamente copulada. Una vez eclosionado emerge la larva que se alimenta de la pulpa o de las semillas de la fruta hasta completar su desarrollo para finalmente salir del fruto y enterrarse en el suelo donde forma la pupa. El adulto emerge y vuela libremente (Aluja, 1994) (fig. 1).

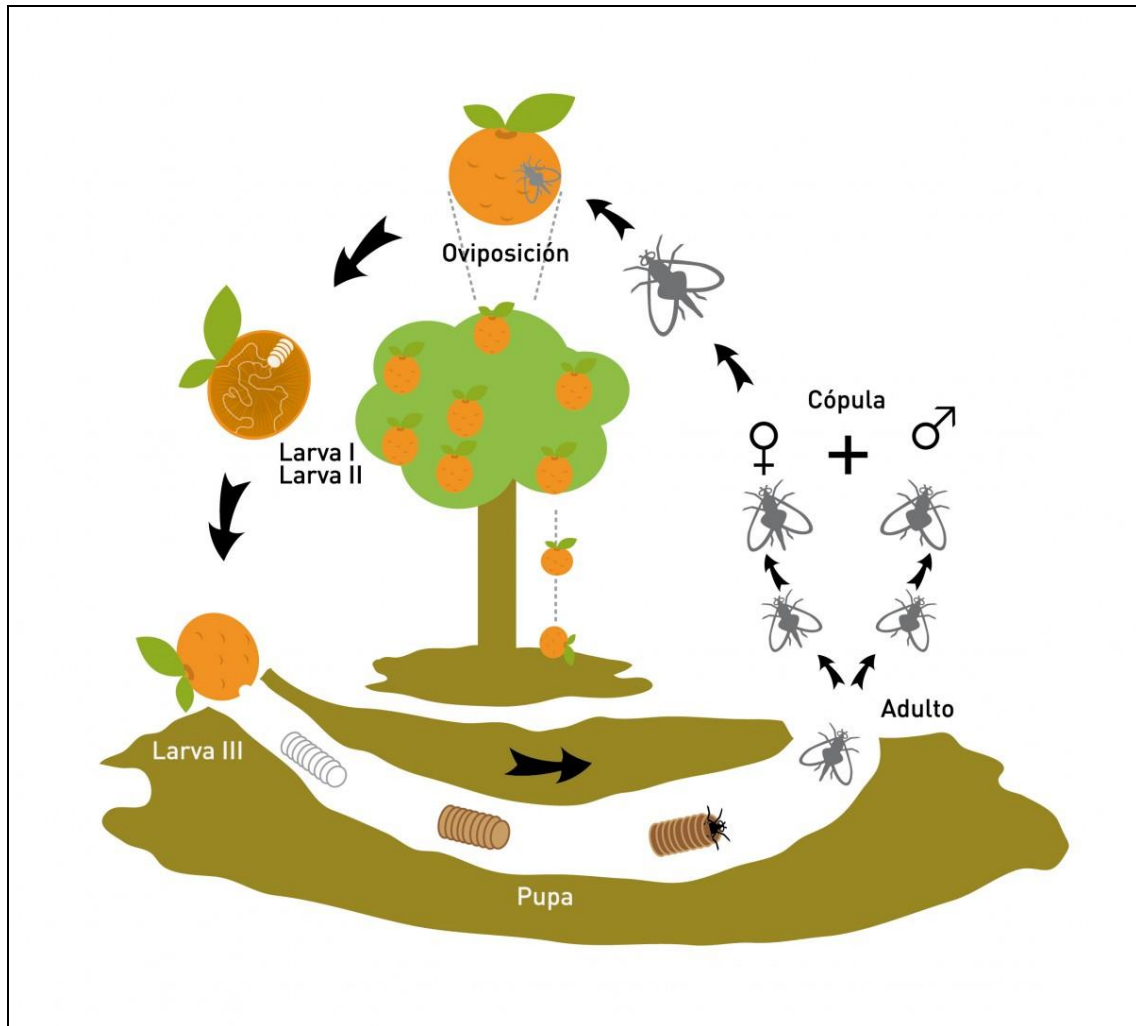


Fig. 1: Ciclo de vida de moscas de la fruta. [www.senasa.gov.ar](http://www.senasa.gov.ar)

La importancia de este grupo de moscas radica en la vasta variedad de plantas hospederas susceptibles a su ataque (41 familias y 270 especies de plantas hospederas) (Norrbon y Kim, 1988). Entre ellas se incluyen muchas especies frutales [p. ej.: *Mangifera indica* L. (mango), *Citrus sinensis* (L.) Osbek (naranja dulce), *Citrus reticulata* Blanco (mandarina), *Citrus paradisi* Macfad (pomelo), *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle (lima), *Malus domestica* Borkh (manzana), *Pyrus communis* L. (pera), *Cucumis melo* L. (melón), *Prunus persica* (L.) Batsch (durazno), *Psidium guajava* L. (guayaba) y otros (Aluja, 1999)], hortalizas [p. ej.: *Solanun Lycopersicum* L. (tomate), *Cucurbita* spp. (zapallo), *Capsicum annuum* L. (pimiento), *C. pubescens* Ruiz

y Pav. (ají), *Cucumis sativus* L. (pepino), y otros (Aluja, 1994) ] y flores [p. ej.: *Helianthus annuus* L. (girasol), *Carthamus tinctorius* L. (cártamo) y otras asteráceas cultivadas comercialmente (Liquido et al., 1991, 2013; Foote et al., 1993; Headrick y Goeden, 1998)]. Su ataque ocasiona pérdidas de miles de millones de dólares debido a la oviposición y posterior pudrición del fruto producido por la alimentación de las larvas y la entrada de microorganismos patógenos (daño directo) (Aluja, 1994), como así también limitando el desarrollo de la agricultura en muchos países debido a las estrictas cuarentenas comerciales impuestas a nivel mundial para evitar su propagación y por el uso de agroquímicos que limitan las exportaciones por sus efectos nocivos con el ambiente y la salud humana (daño indirecto) (Ovruski et al., 2003a; Aluja y Mangan, 2008).

Dentro de la familia Tephritidae se reconocen tres subfamilias: Dacinae, Trypetinae y Tephritinae, sin embargo solo las dos primeras incluyen los géneros que revisten mayor importancia económica y cuarentenaria a nivel mundial. Estos géneros son: *Bactrocera* Macquart, *Ceratitis* MacLeay, *Dacus* Fabricius (Dacinae), *Anastrepha* Schiner, *Rhagoletis* Loew y *Toxotrypana* Gerstaecker (Trypetinae) (White y Elson-Harris, 1992; Foote et al., 1993; Aluja, 1994, 1999).

En Argentina solamente dos especies de moscas de la fruta son consideradas de importancia económica y cuarentenaria, reconocidas como unas de las principales plagas que afectan a la fruticultura del país, estas son *Ceratitis capitata* (Wiedemann) conocida como mosca del Mediterráneo y *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) o mosca sudamericana de la fruta (Aruani et al., 1996; Guillén & Sánchez, 2007). Ambas especies plagas coexisten principalmente en ambientes con vegetación silvestre, áreas urbanas y en zonas con cultivos comerciales (Ovruski et al., 2003a, Schliserman et al., 2010), aunque también existen poblaciones establecidas en valles con clima más templado (Guillén y Sánchez, 2007).

*Ceratitis capitata* es originaria del norte de África y considerada como uno de los insectos fitófagos más polífagos. A nivel mundial sus larvas han sido registradas en más de 350 especies de plantas cultivadas y nativas (Christenson y Foote, 1960; Liquido et al., 1991; White y Elson-Harris, 1992; Copeland et al., 2002). Es la única especie representante de su género en el continente americano (Thompson, 1998) y fue introducida en Argentina a principios del siglo XX, probablemente vía Buenos Aires,

donde se la encontró infestando cultivos de durazno en 1905 (Vergani, 1952) o bien se introdujo naturalmente desde Brasil (González, 1978). Esta especie exótica ha logrado proliferar en las regiones donde hay disponibilidad de frutos susceptibles a su ataque, distribuyéndose de esta manera en casi todo el territorio Argentino (Vera et al., 2002; Ovruski et al., 2003a), a excepción de la provincia de Mendoza (Centro y Sur) y la Región Patagónica las cuales fueron declaradas como Áreas libres de esta plaga por el SENASA (2016) (Fig. 2). Para Argentina, se registraron hasta el momento 47 especies de frutales hospedadores de esta plaga (Ovruski, 2004b; Oroño et al., 2006), de las cuales el *Citrus sinensis*, *C. aurantium* L. (naranja agria), *C. paradisi*, *Diospyros kaki* L. (caqui), *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindley (níspero), *Ficus carica* L. (higo), *Prunus persica* y *P. armeniaca* L. (damasco) fueron altamente infestados en la provincia de Tucumán (Ovruski et al., 2003a, 2004; Schliserman y Ovruski, 2004).

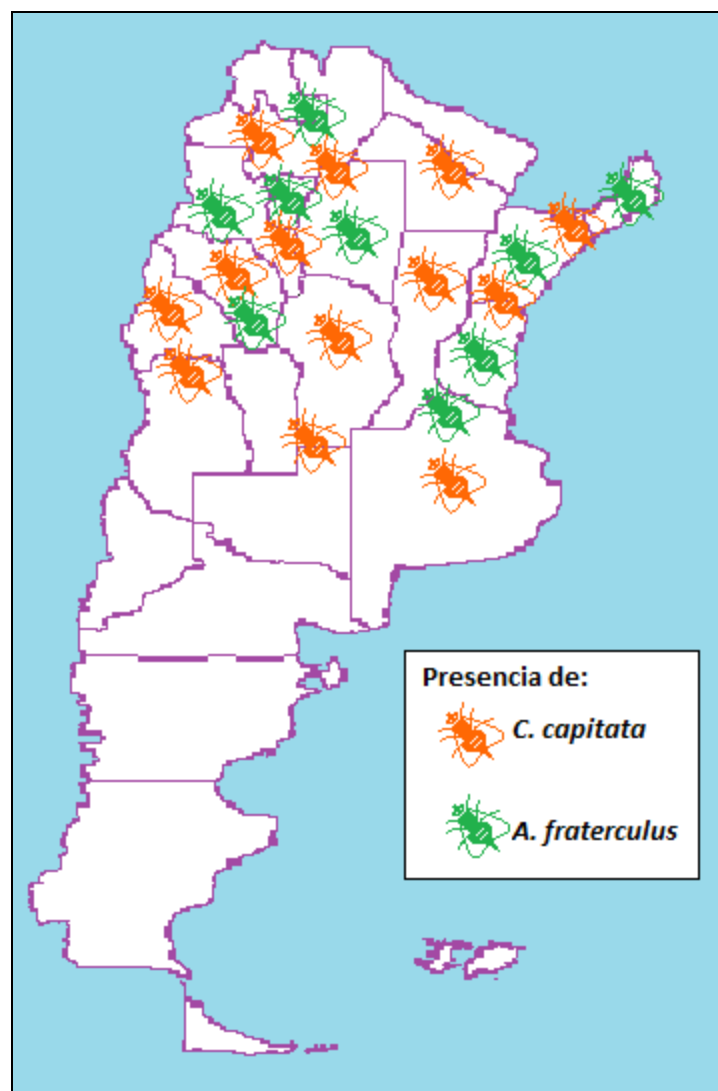
*Anastrepha fraterculus* es originaria de América del Sur (Aluja, 1999) y ocasiona serios problemas económicos, debido a que utiliza numerosas especies frutales para su multiplicación (Da Silva et al., 1996; Norrbom, 2004). Sin embargo, este díptero tiene preferencias por frutos de la familia Myrtaceae (Aluja et al., 2003b; Norrbom, 2004). Representa un complejo de especies crípticas (Steck, 1991; Sonvico et al., 1996; Hernández-Ortiz et al., 2004) de amplia distribución en la región Neotropical, (Norrbom et al., 1999; Aluja et al., 2003a). No obstante, las poblaciones de *A. fraterculus* actualmente presentes en diferentes regiones fitogeográficas del país corresponden a una misma especie biológica (Alberti et al., 2002).

La distribución de *A. fraterculus* en Argentina está limitada a las regiones con clima subtropical a templado cálido, siendo muy abundante en la región noroeste desde los 22° hasta los 33° de latitud sur, abarcando las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca y en la región noreste desde los 25° hasta los 34° de latitud sur incluyendo las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos; y ocasionalmente también puede encontrarse en otras provincias del país, como resultado de introducciones esporádicas de frutos infestados (Sonvico et al., 1996; Ovruski et al., 2003a) (Fig. 2).

En total 33 plantas han sido citadas para Argentina como hospederas de *A. fraterculus* (Ovruski et al., 2003a; Ovruski, 2004b; Oroño et al., 2005, 2006), entre estas se encuentran *Citrus reticulata*, *C. aurantifolia*, *C. paradisi*, *C. aurantium*, *C. sinensis*,



*F. carica*, *Malus domestica*, *Pyrus communis*, *Prunus domestica* L. (ciruela), *P. persica*, *P. armeniaca*, *Annona cherimola* Miller (chirimoya), *Diospyros kaki*, *Cydonia oblonga* Miller (membrillo), *E. japonica*, *Persea americana* Miller (palta), *Punica granatum* L. (granada) y *Vitis vinifera* L. (uva) (Lahille, 1915; Rust, 1916, 1918; Ogloblin, 1937; Hayward, 1944, 1960; Domato y Aramayo, 1947; Vergani, 1952; Ratkovich y Nasca, 1953; Rosillo, 1953; Blanchard, 1961; Costilla, 1967; Nasca, 1970; Turica et al., 1971; Nasca et al., 1981, 1996; Putruele, 1996; Vaccaro, 2000; Ovruski et al., 2003a; Schliserman y Ovruski, 2004). Sin embargo, gran parte de los registros de éstas plantas como hospederas no son confiables (Ovruski et al., 2003a y Ovruski, 2004b), ya que se basan en datos de trampeo y el hospedero no fue identificado por un especialista, tal como lo sugieren Norrbom y Kim (1988) y Aluja (1999).



**Fig. 2:** Distribución de las especies de mosca de la fruta plaga en la República Argentina.

Las especies hospederas nativas de *C. capitata* y *A. fraterculus* en Argentina han sido escasamente estudiadas (Ovruski et al., 2003a). Especies como *Eugenia uniflora* L. (arrayan), *Myrcianthes pungens* (Berg.) Legrand (mato) y *Juglans australis* Grisebs (nogal criollo) han sido reportadas para Tucumán (Nasca, 1973; Nasca et al., 1981; Fernández de Araoz y Nasca, 1984; Ovruski et al., 2003a, 2004). Además, recientemente fueron registrados para Tucumán *Inga marginata* Willd. (“pacay” o “inga del cerro”) (Fabaceae) y para Salta *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. et Eich.) Engler (“aguay”) (Sapotaceae) como especies hospedadoras de *A. fraterculus* (Oroño et al., 2005).

Ambas especies de tefrítidos causan pérdidas anuales significativas a la fruticultura nacional y son una de las principales limitaciones para la expansión de ésta actividad. Económicamente la exportación de fruta fresca representa U\$S 1.247.949.000 para el país (SENASA, 2008) y se ve afectada entre un 15 y un 20 %, por la acción conjunta de estas dos especies plagas. A estas pérdidas ocasionadas solo por daño directo, se suman las causadas por la disminución en la calidad de los frutos, y los riesgos y consecuencias relacionados al uso de agroquímicos, tales como intoxicaciones, contaminación ambiental y surgimiento de nuevas plagas. Además, la sola presencia de estos insectos en las regiones frutihortícolas del país representa una limitante para la exportación de fruta fresca debido a las restricciones cuarentenarias impuestas por países importadores como Japón y Estados Unidos (Ovruski et al., 2003a; Guillén y Sanchez, 2007).

Tanto en la región del Noroeste argentino (NOA) como del Noreste argentino (NEA), el control de estas plagas se realiza mediante métodos tradicionales basados principalmente en la aplicación de insecticidas, ya sea por vía aérea como terrestre, sin embargo, aproximadamente 143.000 toneladas solo de frutas cítricas se pierden cada año en estas regiones por causa de ambas especies plagas (Guillén y Sánchez, 2007). Se ha demostrado que el uso de productos químicos de amplio espectro para el control de plagas causa, entre otros, impactos negativos sobre las especies no blanco, incluyendo insectos benéficos, particularmente polinizadores, y especies en peligro de extinción (Paoletti y Pimentel, 2000).

Actualmente a nivel mundial existe una tendencia a disminuir el empleo de productos químicos en cultivos frutihortícolas contra “moscas de la fruta”, debido

fundamentalmente a los efectos nocivos de los plaguicidas sobre el medioambiente y la salud humana, sumado a la necesidad de la conservación de la biodiversidad en los agroecosistemas (Zavaleta-Mejía, 1999; Ovruski y Schliserman, 2012). Por tal motivo, los programas relacionados al control de tefrítidos plagas se basan hoy en día en la utilización de un sistema integrado de técnicas bio-rationales no contaminantes (Aluja y Rull, 2009).

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección y el uso de tácticas, individuales o múltiples, para el control de plagas, las cuales se coordinan armoniosamente en una estrategia de manejo basada en un análisis de costos con relación a los beneficios, considerando los intereses e impactos sobre los productores, la sociedad y el ambiente (Kogan y Shenk, 2002).

Ante esta realidad, el Programa Nacional de Control y Erradicación de las Moscas de los Frutos (PROCEN) perteneciente al SENASA, ha extendido el programa a un nivel regional, abarcando el NOA y NEA. Así, el objetivo del PROCEN es de integrar y adaptar diferentes tecnologías no contaminantes, o de reducido impacto ambiental, según las condiciones eco-geográficas y climáticas de cada región frutícola del país (Quiroga et al. 2016). Entre estas acciones se incluyen métodos bioracionales de control complementarios, como el control autocida o técnica del insecto estéril (TIE), control biológico, control cultural, manipulación del ambiente, trampeo masivo, etc. (Aluja y Rull, 2009).

No obstante, para generar y utilizar eficientemente estas tecnologías ecológicamente aceptables dentro de un esquema general de manejo de la plaga tales como los programas de control de moscas de la fruta en las distintas regiones frutihortícolas del país, es necesario enfocar el problema de manera integral, prestando más atención a la ecología de estos insectos en ambientes naturales y alterados, los cuales actúan como multiplicadores de la plaga para futuras infestaciones en áreas cultivadas.

Si bien diversas líneas de investigación sobre las especies plagas *A. fraterculus* y *C. capitata* han progresado notablemente en estos últimos años en la Argentina, no se trabajó en estudios que permitan un mejor entendimiento de las estrechas relaciones tróficas del sistema dinámico “planta – fitófago” en un componente espacio-temporal, considerando las características cambiantes del paisaje. Principalmente, se publicaron

artículos sobre identificación de plantas hospederas, variaciones en los niveles de infestación, distribución regional y ambiental de ambas especies plagas (Vera et al., 2002; Ovruski et al., 2003a, 2004, 2005, 2010; Segura et al., 2004, 2006; Schliserman y Ovruski, 2004; Oroño et al., 2005, Schliserman et al. 2014b, 2016), mientras que Rosillo (1953), Domato y Aramayo (1947), Ratkovich y Nasca (1953), Costilla (1967), Putruele (1996), Vattuone et al. (1999), Augier et al. (2007) aportan datos sobre la fluctuación poblacional en base a trampeo en cultivos de citrus del noroeste y noreste del país. Estudios demográficos (Jaldo, 2001; Vera et al., 2007), taxonomía (Ovruski y Wharton, 1996; Vaccaro, 2000), genéticos (Sovinco et al., 1996; Alberti et al., 1999, 2008; Delprat et al., 2002, Giardini et al., 2016), citológicos y bioquímicos (Manso y Basso, 1999), comportamiento y compatibilidad sexual (Cladera et al., 2002; Vera et al., 2006; Abraham et al., 2012), cría en laboratorio (Quesada-Allue, 1994; Manso y Basso, 1999; Jaldo et al., 2001; Vera et al., 2007), tratamientos postcosecha (Willink et al., 2007) y aplicación de la TIE (Aruani et al., 1996; Guillén y Sanchez, 2007). En la actualidad se están implementando modelos de distribución espacial aplicado para la vigilancia fitosanitaria de moscas de la fruta en Argentina (Cortese, 2016)

En los últimos 50 años, los estudios sobre aspectos ecológicos de ambas especies de tefrítidos realizados en otros países latinoamericanos, se concentraron básicamente en relevamientos de plantas hospederas y especies de parasitoides nativos asociados con la plaga (Aluja, 1999; Zucchi, 2000b). Sin embargo, también se efectuaron en Brasil excelentes estudios sobre otros aspectos de la ecología de *A. fraterculus*. Estas investigaciones abarcaron aspectos como la dispersión, distribución y oviposición en ambientes con frutales cultivados y silvestres (Barros et al., 1983; Malavasi et al., 1983; Salles, 1995; Kovaleski et al., 1995, 1999; Sugayama et al., 1997; Sugayama y Malavasi, 2000, Uramoto et al., 2005; Reyes et al., 2012), colonización y utilización de especies frutales (Sugayama et al., 1998; Selivon, 2000), fluctuación poblacional (Malavasi y Morgante, 1981; Malavasi y Zucchi, 2000; Uchôa-Fernandez et al., 2003; Mello-Garcia et al., 2003; Canesin y Uchôa-Fernandez, 2007, Jahnke et al., 2014). También se efectuaron en México importantes análisis sobre la distribución espacial y temporal más el uso de los recursos tróficos por *Anastrepha* (Sivinski et al., 2000; 2004; Pérez-Chávez et al., 2008; Vanoye-Eligio, 2014; Vanoye-Eligio et al., 2015), como así también estudios sobre fluctuación poblacional de las especies de éste género en áreas

cultivadas y sus implicaciones ecológicas para el manejo de las especies plagas (Celedonio-Hurtado et al., 1995; Aluja, 1996; Aluja et al., 2012).

De manera similar, numerosos países, tales como Australia, Estados Unidos, España, Grecia, Guatemala, Israel, México, Perú y República Dominicana, utilizan Sistemas de Información Geográfica (GIS por sus siglas en inglés) en los programas de control/erradicación de especies plagas de “moscas de la fruta” (Papadopoulos et al., 2003; Cox y Vreysen, 2005, Muñoz y Marí, 2009; Kounatidis et al., 2008; Jenkins et al., 2013; Lira et al., 2016 y Quintanilla-Montoya et al., 2016).

Por tal motivo, estudiar los patrones de distribución espacio-temporal de las especies, es un primer paso para asegurar la interpretación de algunos de los aspectos más importantes de la biología de estos insectos (Fahrig y Merriam, 1994, Aluja, 1996, 1999). Además de favorecer la localización de la especie, determinar el área de distribución geográfica de sus poblaciones y analizar las discontinuidades espaciales dentro de un mismo hábitat, permiten distinguir la proporción de hábitats disponibles ocupados (Kunin, 1997) y estimar el grado de vulnerabilidad frente a la estocasticidad demográfica y ambiental (Lande, 1988).

En el caso de “moscas de las frutas” los patrones espacio-temporales serían modulados por un complemento de factores, tales como la disponibilidad, susceptibilidad y localización de las plantas hospederas, intervención de enemigos naturales, variaciones de temperatura y humedad, y por la constitución general del paisaje circundante al área cultivada (Nestel et al., 2004, Nestel, 2009; Israely et al., 2005; Schliserman et al., 2014b). En consecuencia, el profundo conocimiento de los patrones espacio-temporales de las especies plagas *A. fraterculus* y *C. capitata* es esencial para el manejo del hábitat de éstas plagas permitiendo así el adecuado uso de técnicas de control como el biológico y la TIE.

## Objetivo general

Analizar espacio-temporalmente los patrones de distribución de las poblaciones de *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata* ante dos categorías paisajísticas reinantes en las Yungas de Tucumán (bosque secundario y área urbanizada) para contribuir en la elaboración de un programa de manejo integrado de ambas especies de tefrítidos plagas.

## Objetivos específicos

1. Caracterizar los sitios de estudio por medio de un censo de vegetación (especies de plantas hospederas y no hospederas de *A. fraterculus* y *C. capitata*), cobertura del dosel y variables meteorológicas.
2. Comparar riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de tefrítidos de importancia económica y ecológica entre los sitios de estudio.
3. Evaluar la influencia de las condiciones meteorológicas y la fenología de las especies hospederas sobre la dinámica poblacional de *A. fraterculus* y *C. capitata* en los dos sitios de estudio seleccionados.
4. Analizar la distribución espacial de *A. fraterculus* y *C. capitata* en los dos sitios de estudio, el grado de asociación espacial entre ellas y con los árboles hospederos disponibles para cada estación.

Evaluar la influencia de la cobertura vegetal sobre la distribución de estas especies de tefrítidos plagas.

# **Capítulo I**

## **Vegetación y variables ambientales como modeladoras del escenario de distribución de moscas de la fruta**

## Introducción

Algunas de las características que definen la estructura del paisaje son la disposición espacial de sus elementos, la diversidad de parches y su distribución de tamaños. Tales características condicionan los movimientos de los organismos, la calidad del hábitat y afectan procesos demográficos e interacciones entre especies (Turner y Gardner, 1991).

En el caso de moscas de la fruta, las comunidades vegetales pueden considerarse entonces como el marco o hábitat donde los insectos desarrollan sus vidas, y ese marco posee una estructura que lo define (Southwood, 1978). El efecto de la estructura del hábitat puede abarcar diferentes escalas, desde una planta hasta el nivel de paisaje (Lawton, 1983). Por lo tanto la estructura del hábitat, es un factor importante que condiciona la dinámica de las especies plaga y de sus enemigos naturales, ya que la distribución y abundancia de plantas hospederas o de la vegetación silvestre circundante a los cultivos más la distribución de los recursos esenciales (alimento, refugio, sitio para cortejo, cópula, sustrato de oviposición, descanso e hibernación) influyen en el comportamiento, distribución y abundancia de estos insectos (Strong et al., 1986; Aluja y Birke, 1993; McQuate y Vargas, 2007).

Cuando se discute sobre la interacción insecto-hábitat, es importante reconocer dos rasgos distintivos del hábitat: a) nivel de fragmentación, el cual involucra la separación de parches, es decir, áreas que internamente presentan una homogeneidad relativa y que difiere de su entorno (Forman, 1997); b) heterogeneidad, la cual involucra la existencia de dos o más tipos de parches con diferencias cualitativas (Addicot et al., 1987). Según Lawton (1987), los principales parámetros de la estructura del hábitat son la diversidad de especies vegetales, su distribución y su arquitectura, las cuales a su vez se ven afectadas por el clima, la estacionalidad y las variables meteorológicas.

No obstante, la intervención por parte de la actividad humana en los ecosistemas, es uno de los factores ambientales más dinámicos que alteran los paisajes ya establecidos (por ejemplo, mediante desmontes o aplicación de pesticidas) y dan forma a los patrones de distribución espacial y temporal, ocasionando cambios en la abundancia y diversidad de las comunidades afectadas (Van Velzer, 1991; Kounatidis et



al., 2008). En el caso de los insectos herbívoros, estos patrones espacio temporales se ven influenciados por la idoneidad de las comunidades de plantas o recursos y por la capacidad de forrajeo y disposición, entre otros factores (Tscharntke y Brandl, 2004).

En las últimas décadas las selvas subtropicales de montaña sufrieron una notable degradación como consecuencia del desarrollo agrícola y el avance de asentamientos humanos, provocando esto una transformación y degradación de los ecosistemas naturales, un ejemplo de ello se puede encontrar en las Yungas del noroeste argentino (Brown et al., 2001). En la actualidad, algunos de estos campos de cultivo han sido abandonados, por lo que es común encontrar en la periferia de los cultivos extensivos del sector occidental de la provincia de Tucumán, áreas de selva con diferentes grados de alteración e historias de uso y abandono (Grau et al., 1997; Grau y Aragón, 2000). Estos parches de vegetación silvestre se caracterizan por su alta diversidad de plantas nativas y exóticas entre las cuales se pueden encontrar varias especies de frutales hospederos de moscas de la fruta (Ovruski y Schliserman, 2003a; Schliserman et al., 2014b, 2016).

El conocimiento del escenario donde se desplazan *C. capitata* y *A. fraterculus* constituye una base importante en lo concerniente al desarrollo de programas de control para estas dos especies plagas, contemplando especialmente las áreas de vegetación nativa aledañas a cultivos frutihortícolas (Aluja et al., 2012; Schliserman et al., 2014b).

## **Objetivo**

Caracterizar los sitios de estudio por medio de un censo de vegetación (especies de plantas hospederas y no hospederas de *A. fraterculus* y *C. capitata*), cobertura del dosel y variables meteorológicas.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de Estudio**

#### **Caracterización general de los sitios de estudio**

Fitogeográficamente el estudio se realizó en dos sitios pertenecientes al sector sur de la ecorregión de las Yungas (Cabrera, 1976), en el piso altitudinal de Selva Pedemontana y en la parte basal de la Selva Montana. Esta sección corresponde a la región basal de la ladera oriental de la Sierra de San Javier, cordón montañoso que

discurre en dirección norte-sur ubicado en el centro de la provincia de Tucumán en una franja altitudinal en donde el ambiente se caracteriza por una persistente o estacional cobertura por nubes y neblinas (Kappelle y Brown, 2001).

El clima de esta ecorregión, basado en la clasificación de Köppen, es templado-moderado y lluvioso, con veranos cálidos y húmedos e inviernos fríos y secos (“CW”) (Torres-Bruchmann, 1976). Las temperaturas oscilan entre 9 °C (media del mes más frío, agosto) y 24 °C (media del mes más cálido, enero). La distribución de las lluvias es desigual durante el año. Entre noviembre y abril las precipitaciones superan el 80% del total. Octubre es un mes de transición, mientras que julio, agosto y septiembre son meses relativamente secos (<35 mm de precipitación mensual) (Panzardi, 1993).

La Selva Pedemontana, corresponde a las zonas más bajas, entre los 400 y 700 msnm en el pedemonte, y algunas serranías de escasa altitud, en donde predominan las comunidades de árboles conocidas como “selva de tipa y pacará”, (*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze y *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong respectivamente). Como consecuencia del avance agrícola y urbano, este sector de la selva ha sido completamente transformada debido a la agricultura intensiva hacia fines del siglo XIX y principios del XX, principalmente para plantaciones de caña de azúcar (Brown y Malizia, 2004).

La Selva Montana, ocupa las laderas de las montañas entre los 700 y los 1.500 msnm, y representa la franja altitudinal de máximas precipitaciones pluviales (Brown et al., 2005). Las especies dominantes son de origen tropical y presentan en esta región su límite meridional de distribución geográfica, entre ellas se pueden señalar los laureles (*Cinnamomum porphyrium* (Griseb.) Kosterm), la tipa blanca (*Tipuana tipu*) y el Horco Molle (*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg). En general, es un bosque con predominio de especies perennifolias y con una estacionalidad hídrica menos marcada que la Selva Pedemontana. (Grau y Brown, 1995).

Para la selección de éstos sitios se consideraron diferentes aspectos: (1) heterogeneidad del ambiente (presencia de ecosistemas con distinto grado de alteración), (2) rango altitudinal; (3) diversidad y abundancia de frutales hospederos nativos y exóticos, (4) presencia de ambas especies de tefrítidos plagas. El tercer y cuarto aspecto fueron definidos en función de la información bibliográfica, teniendo en cuenta los artículos de Ovruski et al. (2003a), Ovruski (2004a, b), Schliserman y

Ovruski (2004), Oroño et al. (2005), Segura et al. (2006) y Schliserman et al. (2014b, 2016).

### Localización y caracterización particular de los sitios de estudio

Los dos sitios de estudio se encuentran ubicados en la localidad de Horco Molle, en el departamento Yerba Buena, a 15 Km al oeste de la ciudad de San Miguel de Tucumán, capital de la provincia de Tucumán (Fig. 1.1).

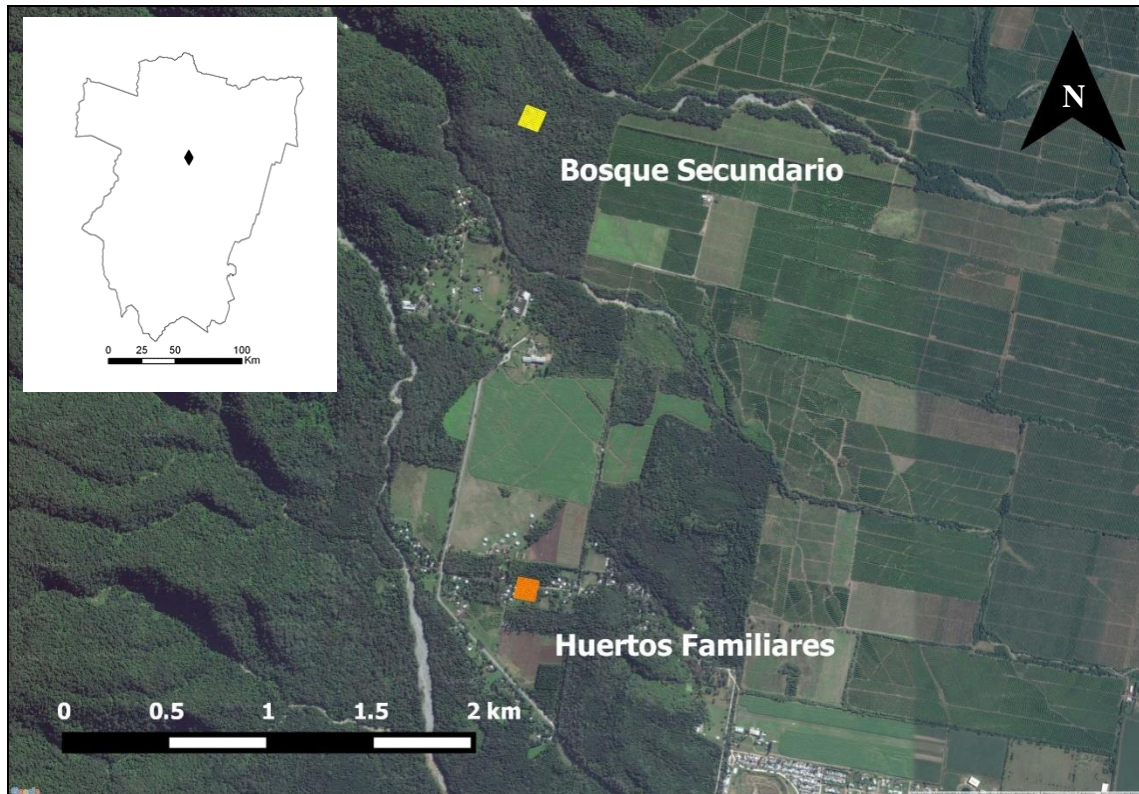


Figura 1.1: Sitios de estudio.

#### Bosque Secundario

Este sitio se encuentra ubicado entre las coordenadas 26°46'16'' Sur y 65°19'28'' Oeste, a una altura de 720 msnm. Originalmente correspondía a un bosque nativo primario, alterado por la agricultura y la cría de ganado, y luego abandonado progresivamente a partir de 1970 debido a la urbanización y la pérdida de fertilidad del suelo en áreas con pendientes pronunciadas (Grau et al., 2007). A partir del año 1973 con la creación del Parque Sierra de San Javier, área natural protegida de flora y fauna, perteneciente a la Universidad Nacional de Tucumán (Grau et al., 2010), el área fue recolonizada por especies de plantas de las Yungas, lo que resultó en una combinación de especies nativas (*Alophylus edulis* (st. Hill.) Radlkofer, *Cupania vernalis* Cambess.,

*Heliocarpus popayanensis* HBK, *Juglans australis*., *Solanum riparium* L., *Tecoma stans* L., etc.) y especies exóticas, que en algunos casos se tornaron invasoras (*Gleditsia amorphoides* (Griseb.) Taub, *Ligustrum lucidum* Ait., *Morus nigra* L., *Citrus aurantium*, *Eriobotrya japonica*, *Prunus persica* y *Psidium guajava* (Grau et al., 1997; Grau y Aragón, 2000)).

### Huertos Familiares

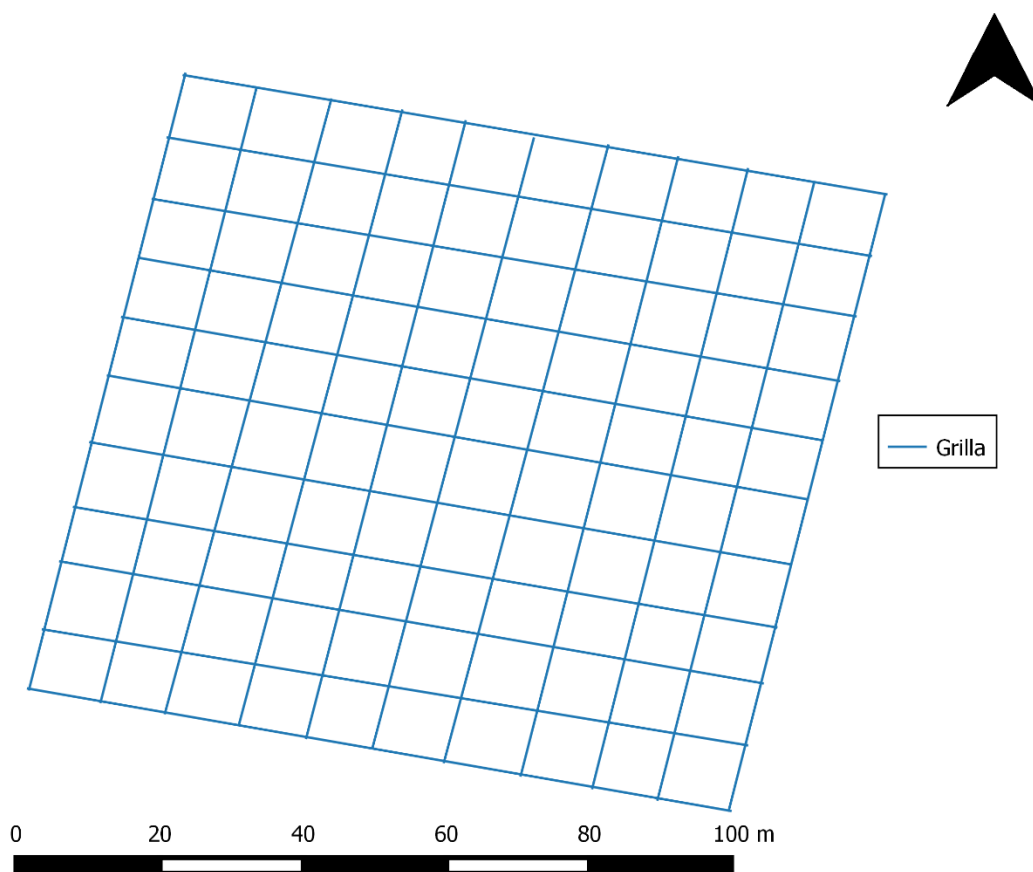
Este sitio se encuentra ubicado a 2,3 km del sitio de Bosque Secundario, localizado entre las coordenadas 26°47'23'' Sur y 65°19'28'' Oeste, a una altura de 640 msnm; corresponde a un sector antropizado, caracterizado por la presencia de casas de familia con huertos de traspatio y jardines, mostrando una fuerte preponderancia de especies de plantas exóticas en la que se encuentran varios árboles frutales como ser cítricos, frutas de carozo, mangos, paltas y guayabos.

### **Diseño de muestreo**

Para cada uno de los sitios, se diseñó un sistema reticular simétrico de grillas, compuesto por 100 celdas de 10 m x 10 m cada una, cubriendo en total una superficie de una hectárea cada una. Dicho sistema fue establecido sobre imágenes satelitales de alta resolución (1 m) (imágenes IKONOS, GeoEye®) (Fig. 1.2).

### **Estudio de la Vegetación y Registros de Datos Meteorológicos**

En cada uno de los sitios de muestreo se realizó un censo de la vegetación, teniendo en cuenta a aquellos individuos que tuvieran un perímetro basal  $\geq 10$  cm. Para la identificación de las especies, se tomaron como referencia los trabajos de Digilio y Legname (1966), Legname (1982) y Dimitri y Parodi (1978), Dimitri et al. (1980). Una vez identificadas las especies, estas fueron clasificadas en dos categorías: especies frutales hospederas y especies no hospederas de *A. fraterculus* y *C. capitata*, según la clasificación de Oroño et al. (2006). La ubicación geográfica de las plantas fue georeferenciada por medio de un GPS.



**Figura 1.2. Diseño del área de muestreo.**

Para medir la cobertura del dosel, se implementó la metodología sugerida por Mauro-Días et al. (2014); para ello se tomó una fotografía digital en el centro de cada una de las celdas, entre las 9 y 10 horas de la mañana, con una cámara la cual fue colocada en un trípode a 80 cm de suelo apuntando verticalmente en dirección al dosel de los árboles. Esta actividad se realizó durante en los meses de febrero (estación húmeda) y los meses de agosto (estación seca) y se repitió en los tres años que duró el estudio. Posteriormente a cada una de las fotografías obtenidas se las analizó con el software CobCal Versión 1.0 el cual estima el porcentaje de píxeles en la imagen que son ocupados por la cobertura del dosel al contrastarlo con los píxeles que no son ocupados por la copa del árbol (cielo en este caso). Con estos valores, se calculó un promedio general para cada ambiente por estación.

Para la toma de datos meteorológicos se procedió a colocar en cada uno de los sitios de muestreo un Data Logger y un pluviómetro, los cuales registraron datos diarios de temperatura (mínima, promedio y máxima), humedad relativa porcentual y precipitación pluviométrica acumulada. Estos datos fueron registrados desde febrero de 2012 a enero de 2015.

## Sistematización de la Información y Análisis de Datos

### Variables de vegetación

#### Diversidad y abundancia de especies hospederas y no hospederas de moscas de la fruta

Con la información obtenida del censo de árboles realizado para los dos sitios de estudio, se confeccionó una tabla de abundancia y abundancia relativa de cada una de las especies registradas, se calculó su riqueza específica, diversidad de Shannon y equitatividad de Pielou (Villarreal et al., 2004) en la que se discriminó entre árboles hospederos de moscas de la fruta y los árboles no hospederos; se calcularon a su vez los intervalos de confianza para los índices de diversidad de Shannon mediante la técnica de Bootstrap usando el software Infostat (Pla, 2004).

A continuación se detalla el cálculo de los índices utilizados:

#### Abundancia

$n_i$  = número de individuos de la especie "i"

#### Abundancia relativa

$$p_i = (n_i / N) * 100$$

Donde

N= número total de individuos

#### Riqueza específica (S)

Número total de especies obtenidas en cada sitio de estudio.

#### Índice de Shannon-Wiener (H')

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad \text{y} \quad \sum p_i = 1$$

Donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

#### Índice de Pielou

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

$$H'_{max} = \ln (S) \text{ [S = número de especies]}$$

y H' es el valor del índice de Shannon-Wiener

Es una relación entre la diversidad observada y el máximo valor de diversidad esperado. Varía entre cero (0) y 1, donde adquiere el valor de 1 cuando todas las especies presentan la misma abundancia (Magurran, 1988).

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazo de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker, 1972). A diferencia de las diversidades alfa y gamma que pueden ser medidas fácilmente en función del número de especies, la medición de la diversidad beta es de una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988). Estas proporciones pueden evaluarse a partir de datos cualitativos (presencia/ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos) (Magurran, 1988; Wilson y Shmida, 1984). Es por ello que para evaluar la diversidad beta se utilizaron los índices de Sorensen cualitativo y cuantitativo para estimar la similitud de la diversidad entre los dos ambientes (Villarreal et al., 2004).

#### Índice de Sorensen (coeficiente de similitud-cualitativo)

$$Is = \frac{2C}{a + b}$$

Donde:

a= número de especies en el sitio A

b= número de especies en el sitio B

C= número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir que están compartidas

El rango de este índice va desde cero (0) cuando no hay especies compartidas, hasta uno (1) cuando los dos sitios comparten las mismas especies. Este índice mide diferencias en la presencia o ausencia de especies.

Este índice relaciona el número de especies en común con respecto a todas las especies encontradas en los dos sitios.

Índice de Sorensen (coeficiente de similitud-cuantitativo)

$$Iscuant = \frac{2pN}{aN + bN}$$

Donde:

aN= número total de individuos en el sitio A

bN= número total de individuos en el sitio B

pN= sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios

Es muy similar al coeficiente de similitud de Sorensen para datos cualitativos, sin embargo en este no se relaciona con las especies sino con las abundancias.

### **Distribución espacial de árboles hospederos de moscas de la fruta**

Utilizando las coordenadas geográficas de los árboles hospederos y no hospederos de moscas de la fruta, se confeccionaron mapas de distribución por medio del software QGIS versión 2.12.3-Lyon. Posteriormente se analizaron los tipos de distribución espacial, según el índice de agregación propuesto por Perry (1998) utilizando el software SADIE Shell 1.22. Este programa permite caracterizar el patrón espacial de la



variable objeto de estudio (plantas hospederas de moscas de la fruta en este caso) estimando el mínimo esfuerzo que sería necesario para obtener una distribución regular donde todas las unidades de muestreo tienen el mismo valor (Perry, 1998). En la práctica, este esfuerzo equivale a la distancia a la regularidad ( $D$ ). Generalmente, cuanto mayor es  $D$ , mayor agregación espacial hay en los datos. Para calcular la significancia estadística del valor observado de  $D$  y, por consiguiente, si la distribución espacial observada difiere de la aleatoriedad, SADIE Shell realiza un test de permutaciones. En esta prueba estadística, los datos son distribuidos al azar entre los puntos de muestreo, un determinado número de veces (5000 para este trabajo) calculándose  $D$  con cada uno de estos cambios y obteniendo así su distribución de frecuencias. La división del valor observado de  $D$ , por el valor medio obtenido a partir de las permutaciones produce un índice de agregación ( $Ia$ ) que es utilizado para describir el patrón espacial de los datos (Perry, 1998, Perry et al., 1999).

si  $Ia > 1$  es una distribución agregada

si  $Ia = 1$  es una distribución aleatoria

si  $Ia < 1$  es una distribución regular

Para establecer la significación estadística del patrón espacial observado, se calculó la proporción de valores de  $D$  obtenidos en las permutaciones que son iguales o mayores que el valor observado ( $p$ -value).

### **Cobertura del dosel**

Los datos de cobertura vegetal fueron volcados en una tabla y comparados por medio de un gráfico box-plot utilizando el software R versión 3.2.3 (R Development Core Team, 2011) en donde los meses más lluviosos (estación húmeda) y los menos lluviosos (estación seca) fueron discriminados para cada ambiente.

### **Comparación entre sitios según la vegetación**

Para poder comparar entre los dos sitios de estudio desde el punto de vista de las variables de vegetación se realizó un análisis discriminante utilizando el software R versión 3.2.3 (R Development Core Team, 2011). La finalidad de este análisis estadístico multivariado fue describir (si existe) diferencia, para lo cual se compararon y describieron las medias de las  $p$  variables clasificadoras significativa entre 2 grupos de

objetos. En este caso primer grupo correspondió a Bosque Secundario y el segundo grupo a Huertos Familiares, y las variables discriminantes que se utilizaron fueron:

- Riqueza de especies hospederas por celda (spp.host)
- Abundancia de especies hospederas por celda (n.host)
- Riqueza de todas las especies arbóreas por celda (spp.veg)
- Abundancia de todas las especies arbóreas por celda (n.veg)
- Porcentaje de cobertura por celda (cob)

Este análisis multiplica cada variable independiente por su correspondiente ponderación (los coeficientes de Fisher) y suma estos productos para cada celda, de esta manera según a qué valor de centroide se acerque más, los resultados de la ecuación de cada celda será clasificada dentro del primer grupo (Bosque Secundario) o segundo grupo (Huertos Familiares).

## **Variables Meteorológicas**

En el caso de las temperaturas y la humedad relativa, se calculó un valor promedio mensual, en función de los valores diarios registrados, mientras que en el caso de la precipitación se trabajó con los mm acumulados para cada mes.

Debido a que la variación de la precipitación acumulada fue muy variable entre meses iguales de distintos años, se decidió clasificarlos en meses de “estación húmeda” o “estación seca” según superasen o no la mediana general de la precipitación acumulada para cada mes durante el tiempo que en que se llevó a cabo el estudio.

Con los datos de las variables meteorológicas, se realizaron comparaciones entre los dos sitios de estudio (Bosque Secundario y Huertos Familiares), entre los distintos periodos estudiados (período I: de febrero de 2012 a enero de 2013, período II: de febrero de 2013 a enero de 2014 y período III: de febrero de 2014 a enero de 2015) y entre los meses clasificados como húmedos o secos. Las comparaciones se realizaron utilizando el software estadístico R versión 3.2.3 (R Development Core Team, 2011) mediante un test-T para comparar las variables de los sitios y estaciones y un ANOVA y test de Tukey para los períodos.

# Resultados

## Variables de Vegetación

### Diversidad y abundancia de especies hospederas y no hospederas de moscas de la fruta

Para el sitio de Bosque Secundario se censaron un total de 852 árboles con un perímetro basal  $\geq 10$  cm, pertenecientes a 22 especies incluidas en 14 familias; 4 de estas especies fueron identificadas como árboles hospederos de moscas de la fruta, representadas por 260 individuos, equivalente al 30% del total de árboles censados en este sitio de estudio (Tabla 1.1). Las especies hospederas más representativas fueron: *Blepharocalyx salicifolius* y *Citrus aurantium* (37,3% y 33,8% respectivamente) (Tabla 1.2).

Para el sitio de Huertos Familiares, se censaron 358 árboles con un perímetro basal  $\geq 10$  cm, pertenecientes a 37 especies distribuidas en 23 familias (Tabla 1.1); 12 de estas especies conformadas por 135 individuos, fueron identificadas como árboles frutales hospederos de moscas de la fruta, lo que sería equivalente al 38% del total de árboles censados en este sitio de estudio. Las especies hospederas más representativas fueron: *Psidium guajava* y *Prunus persica* (40,7% y 28,9% respectivamente) (Tabla 1.3).

Tabla 1.1: Abundancia y diversidad de las especies vegetales censadas.

		Bosque Secundario	Huertos Familiares
Árboles hospederos	Abundancia	260	135
	Riqueza	4	12
	Spp. nativas	3	3
	Spp. exóticas	1	9
	Shannon (H')	1,29 (1,24 - 1,34)	1,70 (1,47 - 1,84)
	Pielou (J')	0,93	0,68
Árboles no hospederos	Abundancia	592	223
	Riqueza	18	25
	Shannon (H')	2,19 (2,10 - 2,25)	1,91 (1,67 - 2,04)
	Pielou (J')	0,75	0,59
Total de árboles censados	Abundancia	852	358
	Shannon (H')	2,53 (2,46 - 2,57)	2,50 (2,30 - 2,58)
	Pielou (J')	0,81	0,69

Como resultado de la comparación entre los dos ambientes muestreados en función de la vegetación censada, se observó que Bosque Secundario presentó una mayor abundancia de especies hospederas y no hospederas, y que en Huertos Familiares se reportó una mayor riqueza de ambas categorías de plantas. Con respecto a la diversidad de Shannon ( $H'$ ) se encontró que las especies hospederas tienen mayor valor del índice en Huertos Familiares y que las especies no hospederas tienen mayor valor en Bosque Secundario. En cuanto a los análisis de diversidad beta para comparar todas las especies vegetales censadas entre los dos ambientes, el índice de Sorensen mostró valores de  $S = 0,459$  para el índice cualitativo, el cual relaciona el número de especies en común con respecto a todas las especies encontradas en los dos sitios, mientras que el índice cuantitativo mostró valores de  $S = 0,136$ , el cual relaciona la abundancia proporcional de cada especie. Considerando únicamente las especies hospederas en el cálculo los valores fueron  $S = 0,375$  y  $S = 0,091$  para el índice cualitativo y cuantitativo respectivamente. Estos resultados muestran una diferencia en la diversidad de vegetación (tanto de la total como la de hospederas) entre los dos ambientes.

**Tabla 1.2: Listado de las especies registradas en Bosque Secundario.**

Especie	Familia	Nombre vulgar	Estatus	n	%	Origen
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Mirtacea	Horco Molle	hospedero	97	11,38	nativa
<i>Citrus aurantium</i>	Rutacea	Naranja agria	hospedero	88	10,33	exótica
<i>Juglans australis</i>	Juglandaceae	Nogal	hospedero	42	4,93	nativa
<i>Eugenia uniflora</i>	Mirtacea	Arrayán	hospedero	33	3,87	nativa
<i>Piper tucumanum</i> C. DC.	Piperaceae	Lata de pobre	no hospedero	151	17,72	nativa
<i>Cinnamomum porphyrium</i>	Lauraceae	Laurel	no hospedero	99	11,62	nativa
<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	Chalchal	no hospedero	97	11,38	nativa
<i>Rapanea laetevirens</i> Mez	Myrsinaceae	San Antonio	no hospedero	79	9,27	nativa
<i>Moru ssp.</i> L	Moracea	Mora	no hospedero	42	4,93	exótica
<i>Parapiptadenia excelsa</i> (Griseb.) Burkart	Fabacea	Horco cebil	no hospedero	29	3,40	nativa
<i>Cupania vernalis</i>	Sapindaceae	Ramo	no hospedero	20	2,35	nativa
<i>Piper hieronymi</i> C. DC.	Piperaceae	-----	no hospedero	15	1,76	nativa
<i>Tipuana tipu</i>	Fabacea	Tipa	no hospedero	12	1,41	nativa
<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Palta	no hospedero	11	1,29	exótica
<i>Cedre lalilloi</i> C.DC.	Meliaceae	Cedro	no hospedero	11	1,29	nativa
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Myrsinaceae	falso San Antonio	no hospedero	8	0,94	nativa
<i>Ligustrum lucidum</i>	Oleaceae	Siempre verde	no hospedero	8	0,94	exótica
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	Tiliacea	Afata blanca	no hospedero	5	0,59	nativa
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabacea	Ibirapitá	no hospedero	2	0,23	nativa
<i>Celtis tala</i> Gillies ex Planch.	Celtidacea	Tala	no hospedero	1	0,12	nativa

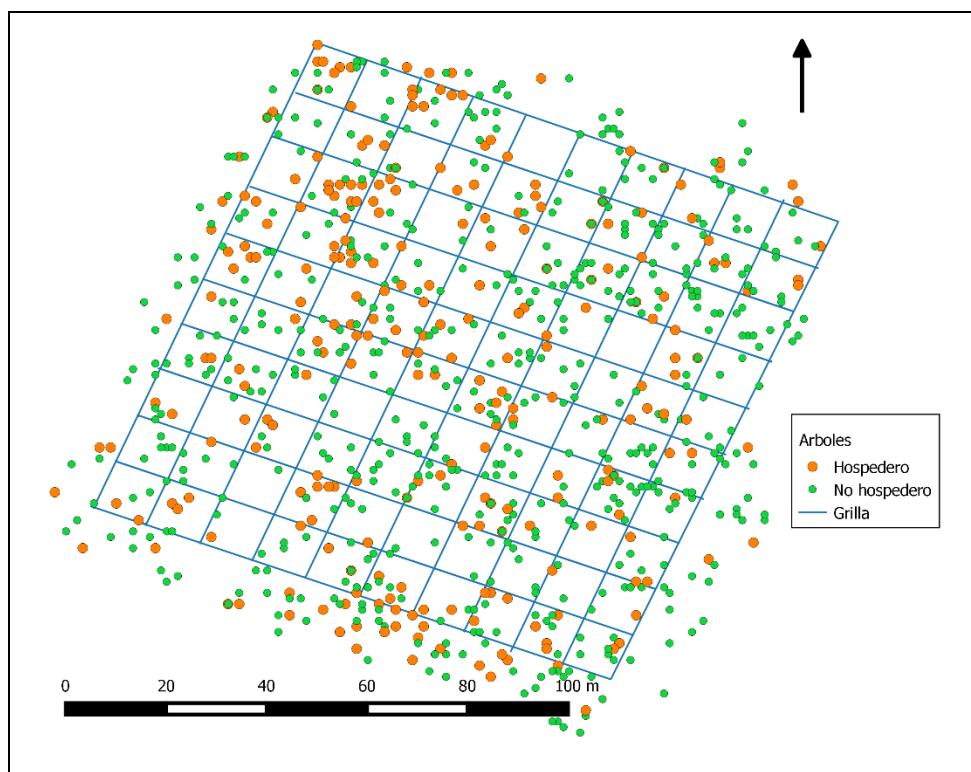
<i>Solanum riparium</i>	Solanacea	Tabaquillo	no hospedero	1	0,12	nativa
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Fabacea	Pacará	no hospedero	1	0,12	nativa

**Tabla 1.3: Listado de las especies registradas en Huertos Familiares.**

<b>Especie</b>	<b>Familia</b>	<b>Nombre vulgar</b>	<b>Estatus</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>Origen</b>
<i>Psidium guajava</i>	Mirtaceae	Guayaba	hospedero	55	15,36	exótica
<i>Prunus persica</i>	Rosaceae	Durazno	hospedero	39	10,89	exótica
<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae	Naranja agria	hospedero	12	3,35	exótica
<i>Eriobotrya japonica</i>	Rosaceae	Níspero	hospedero	8	2,23	exótica
<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Mango	hospedero	5	1,40	exótica
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Mirtaceae	Horco Molle	hospedero	4	1,12	nativa
<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae	Mandarina	hospedero	4	1,12	exótica
<i>Prunus domestica</i>	Rosaceae	Ciruela	hospedero	2	0,56	exótica
<i>Ficus carica</i>	Moraceae	Higo	hospedero	2	0,56	exótica
<i>Juglans australis</i>	Juglandaceae	Nogal	hospedero	2	0,56	nativa
<i>Annona cherimola</i>	Annonaceae	Chirimoya	hospedero	1	0,28	exótica
<i>Citrus paradisi</i>	Rutaceae	Pomelo	hospedero	1	0,28	exótica
<i>Morus sp.</i>	Moraceae	Mora	no hospedero	56	15,64	exótica
<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Palta	no hospedero	20	5,59	exótica
<i>Ligustrum lucidum</i>	Olaceae	Siempre verde	no hospedero	96	26,82	exótica
<i>Solanum riparium</i>	Solanaceae	Tabaquillo	no hospedero	6	1,68	nativa
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	Malvaceae	Afata blanca	no hospedero	5	1,40	nativa
<i>Handroanthus sp.</i> Mattos	Bignoniaceae	Lapacho	no hospedero	5	1,40	nativa
<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	Tecoma amarilla	no hospedero	5	1,40	nativa
<i>Piper tucumanum</i>	Piperaceae	Lata de pobre	no hospedero	4	1,12	nativa
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Griseb.	Urticaceae	Ortiga blanca	no hospedero	4	1,12	nativa
<i>Populus sp.</i> L.	Salicaceae	Álamo	no hospedero	3	0,84	exótica
<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J.Presl	Lauraceae	Alcanfor	no hospedero	3	0,84	exótica
<i>Cinnamomum porphyrium</i>	Lauraceae	Laurel	no hospedero	2	0,56	nativa
<i>Rapanea laetevirens</i>	Myrsinaceae	San Antonio	no hospedero	2	0,56	nativa
<i>Allophylus edulis</i>	Sapindaceae	Chalchal	no hospedero	1	0,28	nativa
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm	Rutaceae	Limón	no hospedero	1	0,28	exótica
<i>Araucaria sp.</i> Juss.	Araucariaceae	Araucaria	no hospedero	1	0,28	exótica
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Fabaceae	Pata de vaca	no hospedero	1	0,28	nativa
<i>Bambusa sp.</i> Schreb.	Poaceae	Bambú	no hospedero	1	0,28	exótica
<i>Peltophorum dubium</i>	Fabaceae	Ibirapitá	no hospedero	1	0,28	nativa
<i>Laurus nobilis</i> L.	Lauraceae	Laurel comercial	no hospedero	1	0,28	exótica
<i>Liquidambar sp.</i> L.	Altingiaceae	Liquidámbar	no hospedero	1	0,28	exótica
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Fabaceae	Pacará	no hospedero	1	0,28	nativa
<i>Phoeni sp.</i> L.	Arecaceae	Palmera	no hospedero	1	0,28	exótica
<i>Pinus sp.</i> L.	Pinaceae	Pino	no hospedero	1	0,28	exótica
<i>Tipuana tipu</i>	Fabaceae	Tipa	no hospedero	1	0,28	nativa

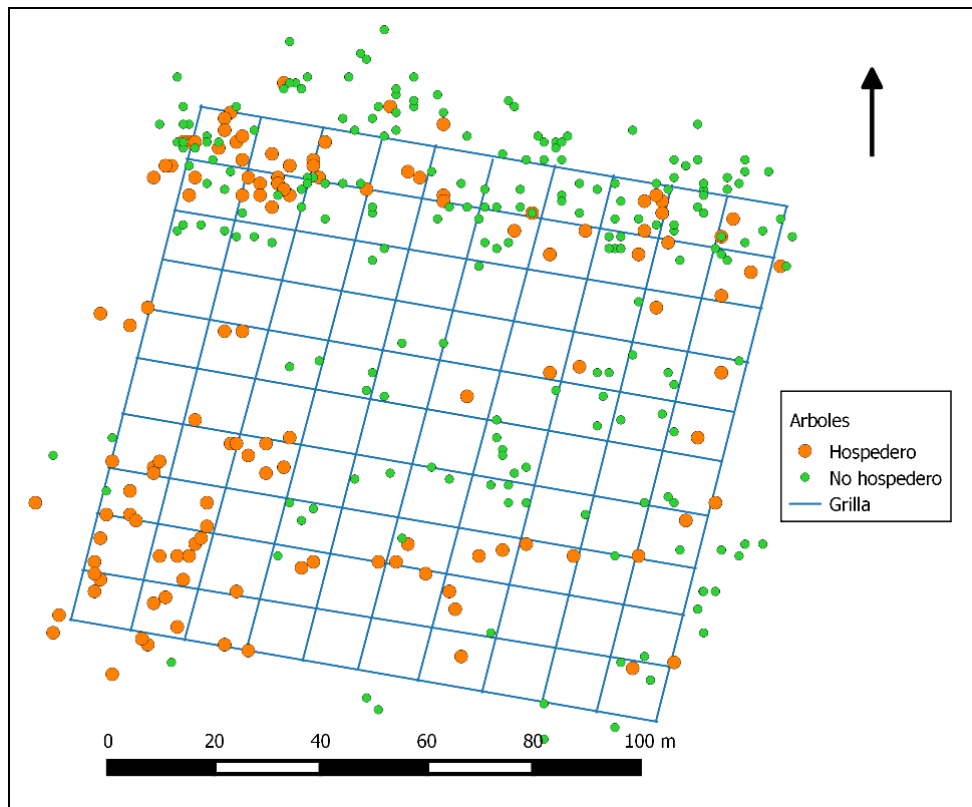
### Distribución espacial de árboles hospederos de moscas de la fruta

En la figura 1.3 se puede observar la disposición espacial de las especies arbóreas situadas en el Bosque Secundario, en donde las especies frutales hospederas están distribuidas de manera agregada según el índice,  $I_a = 1,484$  (p-value = 0,01).



**Figura 1.3: Distribución espacial de las especies vegetales censadas en el sitio de estudio Bosque Secundario, ubicado en las yungas australes de la provincia de Tucumán.**

En el sitio de Huertos Familiares las especies frutales hospederas también presentaron una distribución agregada según el índice propuesto para este análisis,  $I_a = 1,612$  (p-value = 0,0025) (fig. 1.4).



**Figura 1.4: Distribución espacial de las especies vegetales censadas en el sitio de estudio Huertos Familiares, ubicado en las yungas australes de la provincia de Tucumán.**

### **Cobertura del dosel**

Con respecto a la cobertura del dosel, en la Fig. 1.5 se puede observar que, si se comparan los dos ambientes, Bosque Secundario presentó mayores porcentajes de cobertura y estadísticamente significativa ( $F: 76,32$ ;  $p\text{-value} < 0,05$ ) y menor variabilidad a lo largo del año al compararlo con Huertos Familiares. Con respecto a la época del año, la estación húmeda estaría aportando una mayor cobertura en Huertos Familiares que la estación seca ( $F: 30,40$ ;  $p\text{-value} < 0,05$ ).



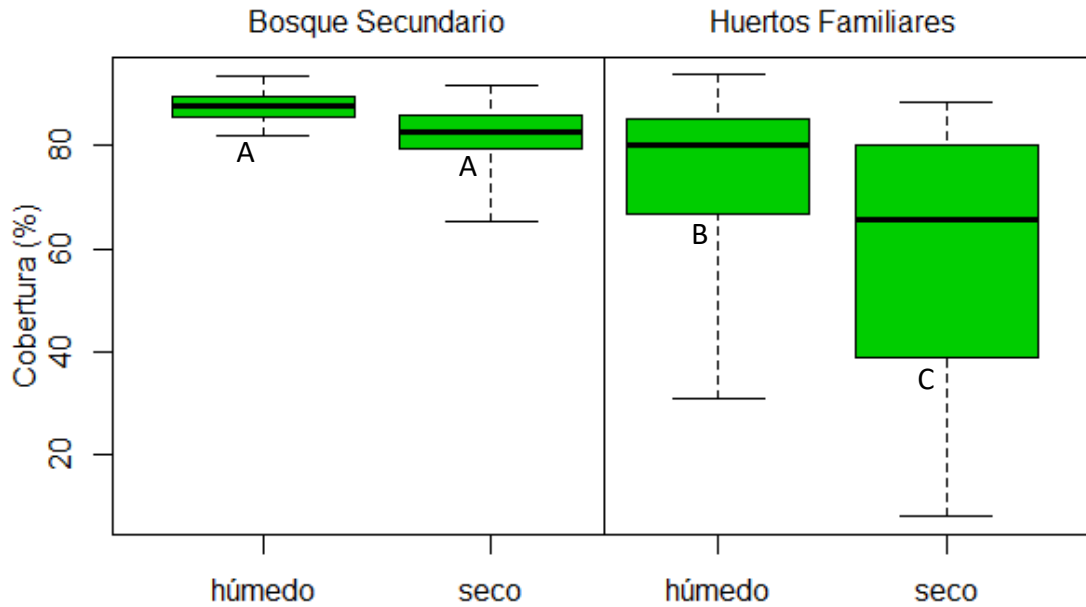


Figura 1.5: Porcentaje de cobertura para cada sitio por estación

### Comparación entre sitios según la vegetación

A través de un análisis discriminante, en la que se analizaron 100 celdas para cada sitio, se pudo corroborar la existencia de diferencias entre ambos sitios de estudio utilizando las variables de vegetación como discriminadoras.

La diferencia entre medias de cada grupo demarcó cuales variables son las mejores para discriminar entre los sitios, en este caso fueron la abundancia total de especies vegetales por celda (n.veg) y la cobertura vegetal (cob) (Tabla 1.4).

**Tabla 1.4 Valores medios de las variables discriminantes de cada grupo y coeficientes de la función discriminante. Resaltadas en negrita aquellas variables que mejor sirvieron para discriminar entre los sitios de estudio.**

Sitio de estudio	spp.host	n.host	spp.veg	<b>n.veg</b>	<b>cob</b>
Bosque Secundario	2.20	3.15	3.98	<b>6.19</b>	<b>84.8143</b>
Huertos Familiares	1.06	1.67	1.54	<b>2.49</b>	<b>66.1854</b>
LD1	0,064	0,119	-0,608	<b>-0,047</b>	<b>-0,040</b>

Del análisis, se obtuvieron los coeficientes de las funciones discriminantes (LD1) (Tabla 1.4).

Con dichos coeficientes se calculó la ecuación discriminante:

$$D = 0,064 * \text{spp.host} + 0,119 * \text{n.host} - 0,608 * \text{spp.veg} - 0,047 * \text{n.veg} - 0,040 * \text{cob}$$

Los centroides calculados, presentaron un valor de -1,107 para Bosque Secundario y un valor de 1,107 para Huertos Familiares.

De las 200 celdas analizadas, 123 fueron clasificadas como pertenecientes a Bosque Secundario y 87 a Huertos Familiares. Para el sitio de Bosque Secundario 94 celdas fueron clasificadas correctamente, mientras que para Huertos Familiares fueron 81 (Fig. 1.6).

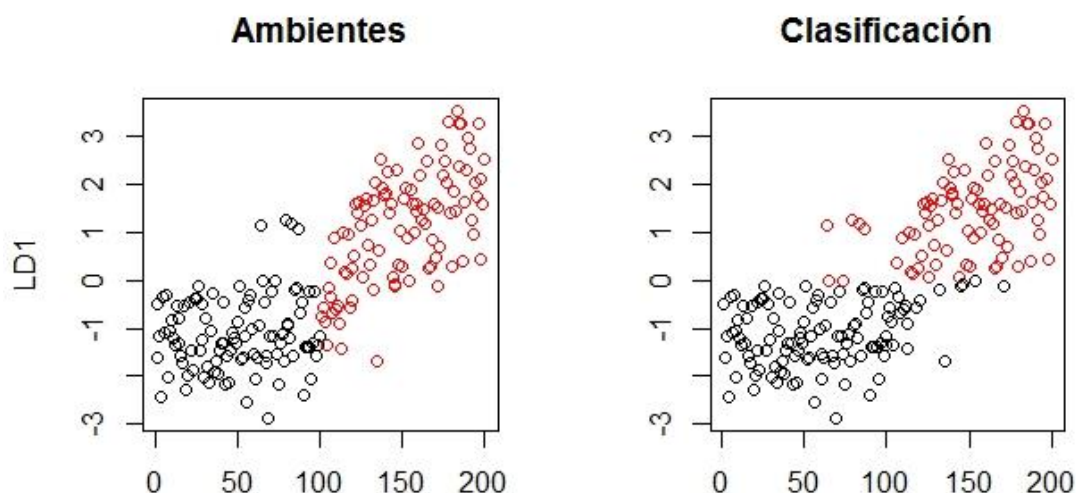


Figura 1.6: Análisis discriminante, el gráfico de la derecha “Ambiente” muestra los puntos antes de clasificarlos y el gráfico de la izquierda “Clasificación” muestran los puntos clasificados; en color negro Bosque Secundario, en rojo Huertos Familiares. En el eje de abscisas se ubican las 200 celdas analizadas y en el eje de las ordenadas (LD1) los coeficientes de las funciones discriminantes.

## Variables Meteorológicas

Al analizar las variables meteorológicas sin discriminar por ambiente ni período de estudio, teniendo solamente en cuenta la estación (seca o húmeda), se observó que Tmax, Tprom y Pp fueron significativamente diferentes entre las dos estaciones (Tabla 1.5).

En cuanto a los datos mensuales promediados de los tres períodos, el mes más frío fue julio (9°C) mientras que el más cálido fue enero (28°C). Con respecto a la humedad, el mes más húmedo fue abril (90% HR) y el más seco septiembre (58% HR), mientras que la menor acumulación de precipitaciones se observó para el mes de agosto (9 mm) y la mayor se observó en diciembre (217 mm).

Comparando entre los tres períodos de estudio (Tabla 1.5), se pudo observar que la Tmin, fue similar en los 3 períodos, mientras que los mayores valores de Tmax, así

como los menores valores de HR se registraron para el período II. Con respecto a las precipitaciones, la mayor acumulación se registró en el período III. Del análisis estadístico realizado entre los tres períodos de estudio, se observó que la única variable que mostró diferencias significativas fue HR% (F: 5,96; p-value: 0.0041), siendo significativamente superior en los períodos I y III con respecto al II.

Al comparar los dos sitios estudiados (Tabla 1.6), se observó que la Tmin, Tprom y Tmax, fueron un grado centígrado superiores en Huertos Familiares, mientras que la HR% fue mayor en Bosque Secundario, al igual que las precipitaciones, registrándose 300 mm más que en los Huertos Familiares. De la comparación estadística entre los dos sitios, se observó diferencias significativas en la Tmax y HR%, siendo mayor en Huertos Familiares y en Bosque Secundario respectivamente.

**Tabla 1.5. Variación de las condiciones meteorológicas según estación húmeda y estación seca para los tres períodos.**

Período	Estación	Tprom	Tmin	Tmax	HR %	Pp
I	seca	16,3±0,8	12,3±0,9	20,8±0,9	72,4±3,4	207,0±8,3
	húmeda	22,0±0,6	19,2±0,5	25,0±0,8	81,9±2,1	1799,5±11,7
	T-value	5,42	-1,01	6,49	0,2	3,44
	p-value	<0,0001	0,3232	<0,0001	0,8203	0,0025
II	seca	16,5±0,8	12,7±0,8	20,3±1,0	66,6±3,9	476,5±9,0
	húmeda	21,7±1,0	19,0±0,8	24,3±1,4	81,9±4,0	2390,5±11,6
	T-value	3,89	-0,15	5,91	-0,7	2,49
	p-value	0,0007	0,8816	<0,0001	0,5166	0,0213
III	seca	16,2±1,3	13,0±0,9	19,3±1,7	74,9±4,3	326,5±4,0
	húmeda	22,3±0,5	19,2±0,5	25,4±0,6	79,7±2,7	1000,0±41,6
	T-value	4,47	-0,44	4,9	0,2	3,42
	p-value	0,008	0,667	0,0002	0,8417	0,0058

**Tabla 1.6. Variación de las condiciones meteorológicas según el sitio de estudio.**

Sitios de estudio	Tprom	Tmin	Tmax	HR%	Pp
Bosque Secundario	18,3±0,6	15,6±0,6	21,0±0,7	81,7±2,2	3776±13,7
Huertos Familiares	19,9±0,6	16,4±0,7	23,7±0,7	72,6±2,0	3472±12,6
T-value	-1,69	-0,79	-2,70	3,03	0,45
p-value	0,0962	0,4330	0,0086	0,0034	0,6527

## Discusión

### Diferencia entre los sitios de estudio

El análisis discriminante, permitió diferenciar los dos tipos de ambientes considerados. Se determinó que las variables más importantes fueron la abundancia total

de especies vegetales y el porcentaje de cobertura vegetal. Esto estaría en concordancia con lo propuesto por Caswell (1976) quien dijo que el número y la abundancia relativa de las especies que componen una comunidad, son uno de los aspectos más significativos de su estructura.

## **Diversidad y abundancia de especies vegetales**

De los dos ambientes estudiados, el Bosque Secundario fue el que presentó los mayores valores de abundancia, tanto de especies hospederas como no hospederas de moscas de la fruta. Estos mayores valores de abundancia de especies vegetales, podrían deberse a que el área de bosque secundario, pertenece a un área protegida de la Universidad Nacional de Tucumán, con una notable desintensificación de uso antrópico desde su creación a principios de la década de 1970 (Grau et al., 2010).

Con respecto a la diversidad, se encontró que las especies hospederas de moscas de la fruta presentaron mayores valores en los Huertos Familiares y las especies no hospederas en el Bosque Secundario. Estos patrones encontrados, al igual que en el caso de la abundancia, estarían explicados por el diferente grado de intervención humana que tienen los dos ambientes (Grau et al., 2010; Schliserman et al., 2014b).

En cuanto a su composición específica, el Bosque Secundario presentó un predominio de especies nativas representado tanto por plantas hospederas como no hospederas de moscas de la fruta. Entre las especies hospederas nativas encontradas se destacan por su abundancia: horco molle (*Blepharocalyx salicifolius*), nogal criollo (*Juglans australis*) y arrayán (*Eugenia uniflora*). Estas tres especies fueron citadas para Tucumán como los principales hospederos nativos donde se desarrollarían las poblaciones de *A. fraterculus* (Ovruski et al., 2003a, 2004; Oroño et al., 2006; Schliserman et al., 2014b, 2016). El nogal criollo además de ser conocido como hospedero de *A. fraterculus* y *C. capitata* (Oroño et al., 2006, Schliserman et al., 2014b, 2016), fue citado por Schliserman et al. (2004) como hospedero de *Anastrepha schultzi*, especie nativa de mosca de la fruta. *C. aurantium*, fue la especie hospedera exótica más abundante y cabe destacar que fue reportada por Schliserman y Ovruski (2004), Schliserman et al. (2014b) para este ambiente como la principal multiplicadora de *C. capitata* durante la estación seca.

El sitio de Huertos Familiares, a diferencia de Bosque Secundario, presentó un predominio de especies exóticas, con baja abundancia, pero con valores mayores de riqueza y diversidad. Entre las especies hospederas, el 40% de los árboles frutales registrados fueron guayabas y 28% duraznos, conocidos por ser hospederos preferenciales para *A. fraterculus* y *C. capitata* respectivamente (Aluja, 1999, Aluja et al., 2003a; Ovruski et al., 2003a; 2004; Segura et al., 2006, Schliserman et al., 2016). También se registraron otros hospederos menos abundantes que cumplirían un rol importante en estos escenarios como ser níspero y los cítricos, hospederos no preferenciales o secundarios (Da Silva Branco et al., 2000). Según Schliserman et al. (2014b), la introducción y propagación de especies vegetales exóticas no sólo favorece la persistencia de plagas exóticas, sino que también favorece el crecimiento de la población de herbívoros nativos polífagos que se convierten en plagas de los cultivos comerciales aledaños.

## **Distribución espacial de plantas y cobertura vegetal**

Los análisis de distribución espacial reflejaron que ambos sitios de estudios presentaron una disposición agregada de sus hospederos, siendo mayor en Huertos Familiares, sin embargo la diferencia en la densidad de árboles (hospederos y no hospederos), entre ambos sitios estuvo reflejada en los valores de cobertura del dosel y su variabilidad.

La mayor cobertura registrada en el Bosque Secundario se vería reflejada por el elevado número de especies perennifolias, combinadas con especies caducifolias (Brown, 1995). La mayor cobertura, podría estar teniendo incidencia sobre la temperatura y humedad, haciendo que se registren valores más bajos para la primera y valores más elevados para la segunda.

En Huertos Familiares, es notable la alta proporción de espacios sin cobertura vegetal (por ejemplo viviendas y calles de ripio), o con escasa cobertura de vegetación (por ejemplo jardines, pequeñas parcelas cultivadas con verduras y campos de pastoreo). Estas características podrían ser las que estarían generando hábitats con microclimas caracterizados con mayores valores de temperatura, bajo porcentaje de humedad relativa. En concordancia con los resultados encontrados, Thah (1997), señala que en sitios antropizados, la estructura del paisaje con baja o poca cobertura, debido a la radiación solar, produciría un ambiente en donde prevalecerían mayores temperaturas

y menor humedad. A su vez, Duyck et al. (2006) propone que estos diferentes nichos microclimáticos permitirían la coexistencia de especies de moscas invasoras y nativas en un ecosistema de hábitat perturbado.

## **Conclusión**

Los dos sitios de estudio ofrecen distintas características en cuanto a su vegetación y a sus variables meteorológicas, funcionando así como escenarios diferentes, los cuales afectarían de distinta manera a la dinámica poblacional de ambas especies de tefrítidos plaga. La densidad de plantas hospederas y no hospederas, su distribución espacial, la cobertura del dosel y las alteraciones antrópicas podrían condicionar la distribución espacial de estos insectos, mientras que los períodos con disponibilidad de fruto y las variables meteorológicas condicionarían la distribución temporal (este punto será desarrollado en el capítulo III).

## **Capítulo II**

### **Diversidad y abundancia de moscas de la fruta en las Yungas australes: Comparación en dos tipos de ambientes con distinto nivel de alteración**

## Introducción

Los dípteros son el tercer orden de insectos más diverso (Borror et al., 1989) y tienen la particularidad de haber logrado ocupar casi cualquier nicho ecológico conocido sobre la tierra (Grimaldi y Engel, 2005). Su gran adaptabilidad y plasticidad convierte a muchas especies en plagas de importancia agrícola y médica. Las verdaderas moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) son una diversa familia de dípteros que ha recibido atención debido a que algunos de sus miembros son importantes plagas de cultivos a nivel mundial (Aluja y Norrbom, 1999). Esta familia de insectos es esencialmente fitófaga y muchos de sus integrantes son frugívoros, aunque también incluye especies que se usan para el control de malezas (Thompson, 1998). Su evolución, diversidad e historias de vida están estrechamente ligadas a la distribución espacial y ecología de sus plantas hospederas (Prokopy, 1980; Headrick y Goeden, 1994; 1998; Sivinski et al., 2000).

Hasta recientemente, se han registrado 471 géneros y 4257 especies de tefrítidos a nivel mundial (White y Elson Harris, 1992; Bartolucci, 2008). La diversidad taxonómica de esta familia llega a ser tan amplia como la de los mamíferos (Thompson, 1998). Los géneros *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Rhagoletis* y *Toxotrypana* son considerados como los de mayor importancia económica (Aluja y Liedo, 1993). Su distribución abarca zonas tropicales, subtropicales y templadas. A pesar de su riqueza faunística, su conocimiento es muy pobre, por lo cual sus relaciones dentro del grupo son inciertas (Bartolucci, 2008).

En Argentina están citados 38 géneros de tefrítidos alcanzando un total de 166 especies (Foote, 1980; Thomson, 1998; Bartolucci, 2008); pero solo dos de ellas, *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata* son consideradas como plagas de importancia económica y cuarentenaria, ya que ocasionan grandes pérdidas en la fruticultura (Guillén y Sánchez, 2007; SENASA, 2008). El resto de las especies que componen esta familia no son consideradas plagas, y es muy poco lo que se conoce sobre ellas. Muchas de estas podrían presentar un valor ecológico, ya que servirían como reservorios de parasitoides, que podrían ser usados para controlar a las especies plagas (Ovruski et al., 2000; Ovruski, 2004b; Schliserman et al., 2004, 2016). *Ceratitis capitata* es la única representante de su género en el país, mientras que para el género



*Anastrepha* se registraron 32 especies (Stone, 1942; Aczel, 1953; Rosillo, 1953; Blanchard, 1961; Bartolucci, 2008; Oroño, 2013), de las cuales son muy pocas a las que se les conoce su hospedero, siendo este un estudio importante para desarrollar a futuro (Bartolucci, 2008). Las especies citadas para la ecorregión de Yungas argentinas son las siguientes: *Anastrepha aczeli* Blanchard, *A. alveatoides* Blanchard, *A. daciformis* Bezzi, *A. dissimilis* Stone, *A. lutzi* Lima, *A. pseudoparallela* Loew, *A. punctata* Hendel, *A. rosilloi* Blanchard, *A. schlutzi* Blanchard, *A. serpentina* Wiedemann y *A. turicai* Blanchard (Blanchard, 1961); *A. elegans* Blanchard y *A. grandis* Macquart (Oroño, 2013); *A. fraterculus* (Rust, 1918; Chiesa Molinari, 1942) y *A. Chiclayae* Geene (Rosillo, 1953); *C. capitata* (Domato y Aramayo, 1947; Nasca et al., 1981; Schliserman et al., 2016); *Toxotrypana australis* Blanchard y *T. piccola* Blanchard (Blanchard, 1959); *Rhagoletis blanchardi* Aczél (Foote, 1967).

La mayoría de los trabajos efectuados sobre la distribución y abundancia de tefritidos fueron realizados sobre especies plagas en agroecosistemas (Matson et al., 1997) por lo cual la información sobre su distribución y riqueza en ambientes naturales o moderadamente disturbados es escasa (Virgilio et al., 2011). Schliserman et al. (2014b) sugiere que la estructura del hábitat juega un papel importante en la dinámica de las poblaciones. El tipo de ambiente (natural, agrícola, urbano) y la distribución de los recursos esenciales (plantas hospederas y vegetación circundante) influyen de manera determinante en la diversidad, riqueza y abundancia de estos insectos (Aluja y Birke 1993; Aluja et al., 2012; Schliserman et al., 2014b). Es evidente que la fragmentación, degradación, pérdida de hábitat, invasión de especies exóticas y el cambio climático están modificando la diversidad, patrones de distribución y abundancias de muchas especies de moscas de la fruta como así también de otros insectos (Duyck et al., 2004, 2006, 2007; Didham et al., 2007; De Meyer et al., 2008, 2010; Aluja et al., 2011).

Desde el punto de vista evolutivo, estudiar la diversidad de moscas de la fruta sirve como sistema modelo para demostrar la viabilidad y frecuencia de procesos de especiación simpátrica por cambio de hospederos (Berlocher y Feder, 2002) y para el entendimiento del papel de la filogeografía en la diferenciación de especies (Xie et al., 2008). Es por lo tanto que se vuelve importante prestar atención a la dinámica de especies plagas (para implementación de programas de manejo) y no plagas (por su importancia ecológica como reservorio de enemigos naturales y por la importancia en

conservación de la biodiversidad) (Altieri, 1999; Altieri y Nicholls, 2004; Wilby y Thomas, 2002; Zhang et al., 2007; Letourneau et al., 2009).

## **Objetivo**

Comparar riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de tefrítidos de importancia económica y ecológica entre los sitios de estudio.

## **Materiales y Métodos**

### **Diseño de muestreo**

#### **Actividades de campo (Trampeo)**

Para la colecta de tefrítidos adultos, se utilizó un diseño de trampeo, que consistió en el sistema reticular simétrico de grillas mencionado en el Capítulo I, donde se colocó en el centro de cada celda una trampa Multilure®. (Fig. 2.1). En total se instalaron 100 trampas para cada sitio de estudio. Cada una de estas fue colgada en la mitad superior de la copa de un árbol, ubicada bajo el follaje y protegida del sol. El cebo alimenticio que se utilizó en cada trampa consistió en 14 gr de proteína hidrolizada más bórax diluida en 200 cc de agua. La revisión y renovación de atrayentes fue efectuada cada 14 días desde febrero de 2012 a enero de 2015. En cada revisión se procedió a colectar el material biológico capturado, lo cual consistió en descolgar cada trampa, verter el cebo alimenticio en un colador, diluir el contenido, retirar los ejemplares de “moscas de la fruta” capturados y colocarlos en tubos pet de 100 ml con alcohol 70% para su conservación, etiquetar los tubos con su correspondiente fecha y ubicación, renovar el atrayente alimenticio y volver a colgar la trampa. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Investigaciones Ecoetológicas de Moscas de la Fruta y sus Enemigos Naturales (LIEMEN), dependiente del PROIMI Biotecnología – CCT CONICET Tucumán.

#### **Actividades de laboratorio**

En el laboratorio, el material biológico obtenido de cada colecta fue identificado mediante el uso de diferentes claves taxonómicas (Foote et al., 1993; Norrbom et al., 1999; White y Elson-Harris, 1992; Zucchi, 2000a). La identificación de las especies del género *Anastrepha* se basó en caracteres morfológicos de la genitalia siguiendo recomendaciones Zucchi (2000a). Todos los individuos identificados fueron registrados

en una tabla de Excel 2013. Los especímenes voucher serán próximamente depositados en la colección entomológica de la Fundación Miguel Lillo.



Fig. 2.1: Instalación de trampa Multilure®.

## **Sistematización de la Información y Análisis de Datos**

### **Diversidad y abundancia de tefrítidos**

Con la información obtenida del trampeo, se confeccionaron tablas comparativas de abundancia, abundancia relativa, riqueza específica, diversidad de Shannon y equitatividad de Pielou (Villarreal et al., 2004) de las distintas especies de Tefrítidos para cada sitio de estudio. También se calcularon los intervalos de confianza para los índices de diversidad de Shannon mediante la técnica de Bootstrap usando el software Infostat (Pla, 2004).

Se analizó la similitud entre ambos sitios (diversidad beta) utilizando el índice de Sorensen cualitativo y cuantitativo (Villarreal et al., 2004). Los detalles de cómo calcular los diferentes índices, ya fueron explicados en el capítulo I.

### **Cambios en las abundancias de las especies**

Para la comparación de las abundancias de las especies capturadas en los tres años que duró el trampeo, se confeccionaron gráficos de barra donde se visualizan las especies de moscas capturadas en los distintos períodos y en los distintos sitios de estudios.

Para cada mes del año se calcularon las abundancias promedio de las distintas especies colectadas, en base a esta información se realizaron gráficos de líneas con sus errores estándar para mostrar las tendencias en el tiempo para cada sitio de estudio.

### **Cambios temporales en la diversidad**

Se evaluó la diversidad de moscas de la fruta en cada período para los dos sitios de estudio utilizando el índice de Shannon y se comparó la similitud entre dos períodos sucesivos por medio de los índices de Sorensen tanto cualitativo como cuantitativo.

### **Dominancia de especies**

Se determinó la dominancia de las especies en los distintos períodos, considerando a una especie como dominante cuando presenta una abundancia relativa superior a  $1/S$ , donde  $S$  es el número total de especies de la comunidad.

Los cambios en la abundancia y dominancia de especies de tefrítidos fueron analizados mediante curvas de rango de abundancia realizada por medio del software Excel 2013. Este análisis permitió observar cambios en presencia y abundancia de especies entre los ambientes y a lo largo de los tres períodos de muestreo (Feinsinger, 2001).

## **Resultados**

### **Diversidad y abundancia de tefrítidos**

Durante los tres años de estudio, las 200 trampas instaladas capturaron un total de 33.485 moscas, pertenecientes a seis especies. Cinco de ellas correspondieron al género *Anastrepha* y una al género *Ceratitis* (Tabla 2.1).

La captura total de moscas, fue 11 veces superior en Huertos Familiares con respecto a Bosque Secundario, mientras que la diversidad ( $H'$ ) y la equitatividad ( $J'$ ) alcanzaron sus mayores valores en el Bosque Secundario. El índice de Sorensen cualitativo, mostró que la riqueza de especies fue similar entre los dos sitios de estudio

( $S=0,909$ ), mientras que el índice de Sorensen cuantitativo mostró una gran diferencia entre sus abundancias ( $S=0,138$ ).

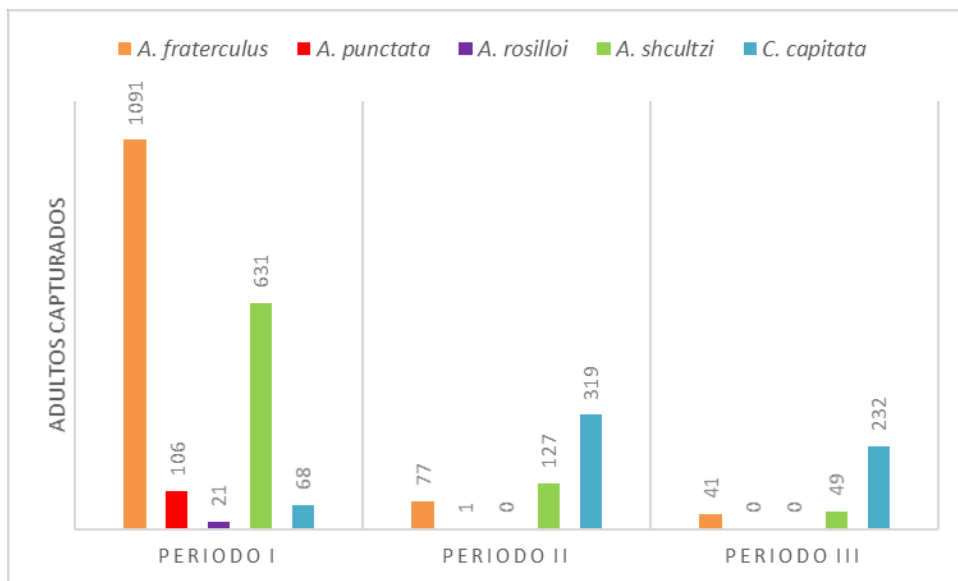
**Tabla 2.1. Abundancia de tefrítidos adultos para los dos sitios de estudio.  $H'$ : índice de Shannon;  $J'$ : índice de Pielou.**

Spp.	Bosque Secundario		Huertos Familiares	
	Adultos capt.	%	Adultos capt.	%
<i>C. capitata</i>	617	22,36	8086	26,32
<i>A. fraterculus</i>	1207	43,75	22.133	72,03
<i>A. schultzi</i>	807	29,25	398	1,30
<i>A. punctata</i>	107	3,88	83	0,27
<i>A. rosilloi</i>	21	0,76	1	0,00
<i>A. daciformis</i>	---	---	25	0,08
<b>Total</b>	<b>2759</b>		<b>30.726</b>	
$H'$	1,22	(1,20-1,24)	0,67	(0,66 -0,68)
$J'$	0,76		0,37	

### **Cambios en las abundancias de las especies**

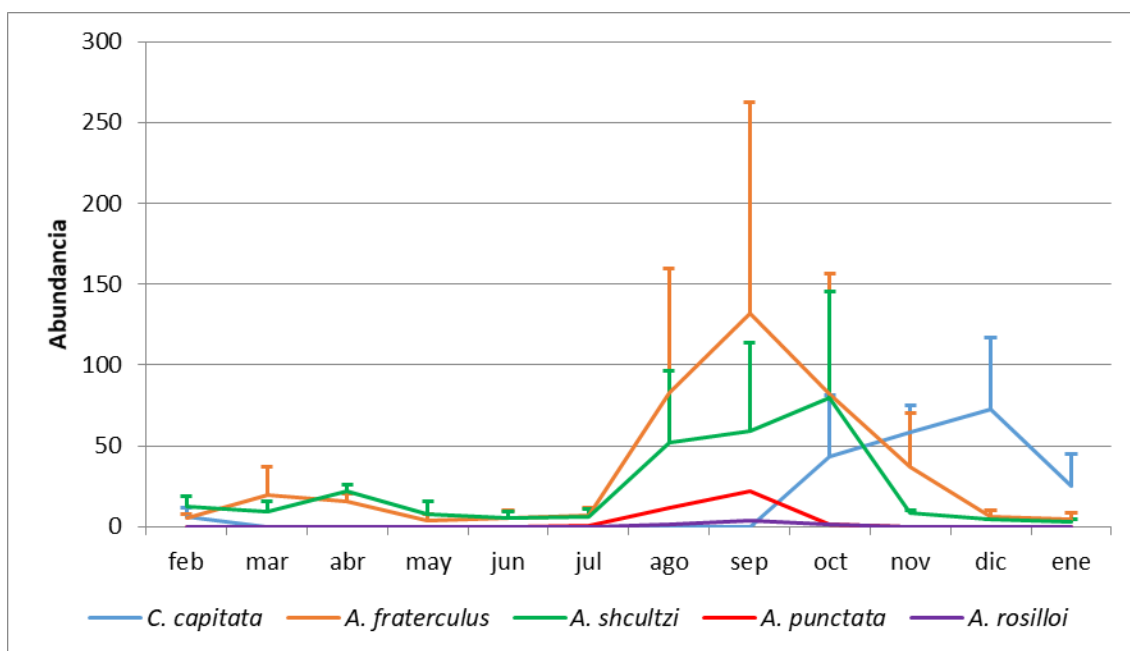
#### Bosque Secundario

En este sitio la especie más abundantes fue *A. fraterculus* seguida por *A. schultzi* y *C. capitata*, sin embargo sus abundancias no fueron proporcionales durante los tres períodos de estudio. *Anastrepha fraterculus* disminuyó substancialmente su abundancia a un 7% y 4% para el período II y III respectivamente al compararlo con el primer período. Esto mismo se registró para *A. schultzi*, que disminuyó sus abundancias en un 20% y un 8% para el período II y III. Por el contrario la abundancia de *C. capitata* aumentó a un 469% y 341% para el período II y III respectivamente en comparación al período I. Las especies *A. punctata* y *A. rosilloi* fueron capturadas principalmente en el primer período (Fig.2.2).



**Figura 2.2.** Abundancia de moscas de la fruta presentes en Bosque Secundario durante tres periodos de estudio.

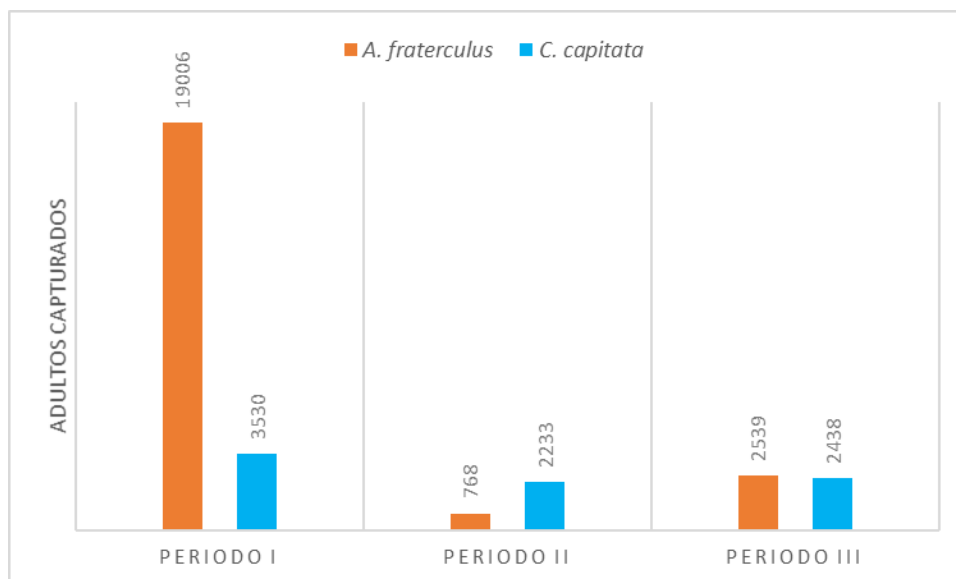
Con respecto a la fluctuación promedio de las abundancias de los tres periodos, en la figura 2.3 se puede observar la presencia de tres picos, el primero en el mes de marzo producido por *A. fraterculus* con un desplazamiento de *A. schultzi* hacia abril. El segundo pico, muy superior al anterior, fue producido en septiembre por *A. fraterculus* acompañado por *A. punctata* y *A. rosilloi* con un desplazamiento de *A. schultzi* hacia octubre y finalmente el tercer pico en diciembre producido por *C. capitata*.



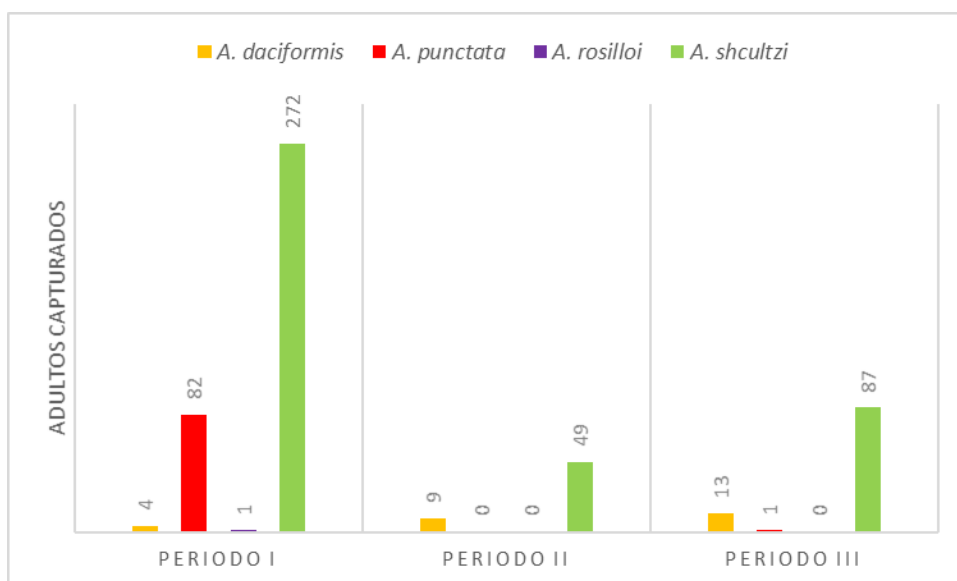
**Figura 2.3. Fluctuación promedio de las abundancias las especies de moscas de la fruta capturadas en Bosque Secundario.**  
Huertos Familiares

En este sitio las especies más abundantes fueron *A. fraterculus* y *C. capitata*, seguidas muy por debajo por *A. Schultzi*. Tanto la abundancia de *A. fraterculus* como la de *A. schultzi* fueron inconstantes en los tres períodos de estudio. *Anastrepha fraterculus* disminuyó abruptamente su abundancia a un 4% en el período II y aumentó un 13% en el período III, respecto del primer período (Fig. 2.4). El mismo patrón fue observado para *A. schultzi*, que disminuyó sus abundancias a un 18% para luego aumentar a un 32% en los períodos II y III respectivamente (Fig. 2.5). Con respecto a la abundancia de *C. capitata*, desde el período I al II, experimentó una fuerte caída del 63%, para luego mantenerse relativamente estable hasta el período III (Fig. 2.4). Los resultados de las abundancias de las especies para el sitios de Huertos Familiares fueron representados en dos gráficos por separado debido a las gran diferencia de abundancia que hubo entre las especies de importancias económica y las demás.

En cuanto a las especies menos abundantes, *A. daciformis* fue capturada durante los tres periodos pero a bajas densidades, *A. punctata* fue capturada en el primer y último períodos a densidades inferiores a las de *A. daciformis*, mientras que *A. rosilloi* fue reportada solamente en el período I a bajísimas densidades (Fig. 2.5)

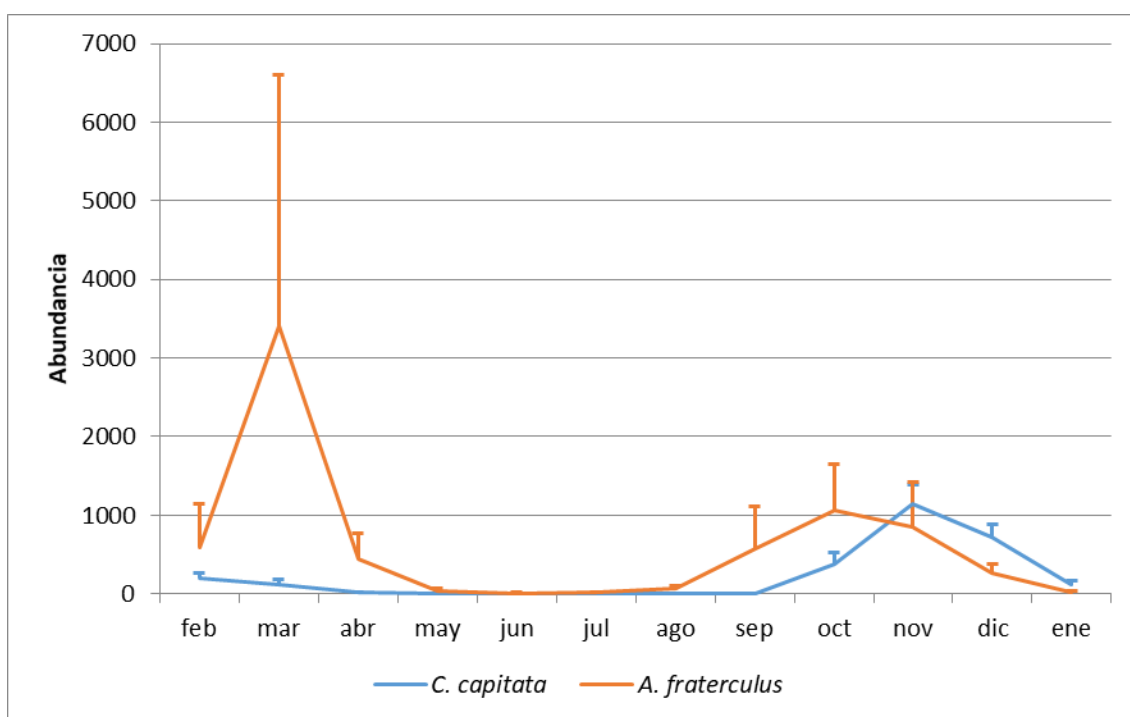


**Figura 2.4. Abundancia de *A. fraterculus* y *C. capitata* presentes en Huertos Familiares durante los tres períodos de estudio.**



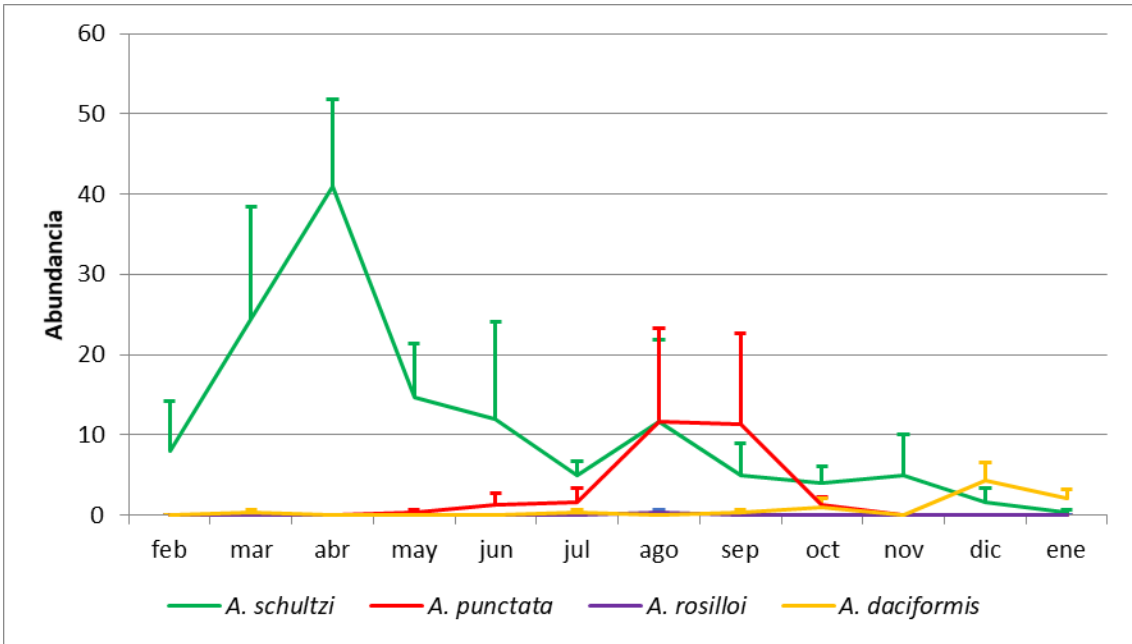
**Figura 2.5. Abundancia de moscas no plaga presentes en Huertos Familiares durante los tres periodos de estudio.**

Con respecto a la fluctuación en Huertos Familiares (fig. 2.6 y fig. 2.7) se puede observar la presencia de varios picos a lo largo del año, el primero y mayor de todos en el mes de marzo producido por *A. fraterculus*, con un desplazamiento de *A. schultzi* para abril. El segundo pico se produjo en agosto por la presencia de *A. schultzi* y *A. punctata*. Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre se produjeron sucesivos picos representados por *A. fraterculus*, *C. capitata* y *A. daciformis* respectivamente.





**Figura 2.6. Fluctuación promedio de las abundancias las especies plaga de moscas de la fruta capturadas en Huertos Familiares.**



**Figura 2.7. Fluctuación promedio de las abundancias las especies no plaga de moscas de la fruta capturadas en Huertos Familiares.**

### Cambios temporales en la diversidad

Del cálculo del índice de Shannon para cada período de estudio, se puede observar que la diversidad de moscas de la fruta en Bosque Secundario disminuyó un 20% a lo largo de los tres períodos, en comparación a la diversidad reportada para Huertos Familiares en donde el valor del índice aumenta un 35% a medida que sucedieron los períodos (Tabla 2.2).

**Tabla 2.2. Cambios en la diversidad de tefrítidos. Cada valor representa el valor de índice con sus respectivos intervalos de confianza.**

	Índice de diversidad de Shannon		
	Período I	Período II	Período III
<b>Bosque Secundario</b>	1,01 (0,97-1,05)	0,94 (0,89-0,99)	0,79 (0,70-0,86)
<b>Huertos Familiares</b>	0,52 (0,51-0,53)	0,66 (0,64-0,68)	0,79 (0,77-0,80)

Con respecto a la similitud en la diversidad de dos períodos contiguos, el índice de Sorensen cualitativo mostró que la riqueza específica fue similar entre el período I y período II y a su vez entre el período II y período III para los dos sitios de estudio, sin embargo sus abundancias fueron disímiles entre los períodos contiguos, sobre todo entre el período I y período II en Huertos Familiares (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Similitud entre períodos según índices de Sorensen, calculados para dos períodos contiguos.

	Índice de Sorensen			
	Período I y II		Período II y III	
	cualitativo	cuantitativo	cualitativo	cuantitativo
<b>Bosque Secundario</b>	0,80	0,48	0,89	0,76
<b>Huertos Familiares</b>	0,89	0,24	0,86	0,75

### Dominancia de especies

La dominancia de las seis especies encontradas varió con respecto a los períodos y el tipo de ambiente, siendo durante el primer período *A. fraterculus* la especie más dominante en los dos ambientes, *C. capitata* en el período II. Durante el período III, la dominancia se repartió entre los ambientes siendo *C. capitata* la más dominante en el Bosque Secundario y *A. fraterculus* en los Huertos Familiares. (Figura 2.8).

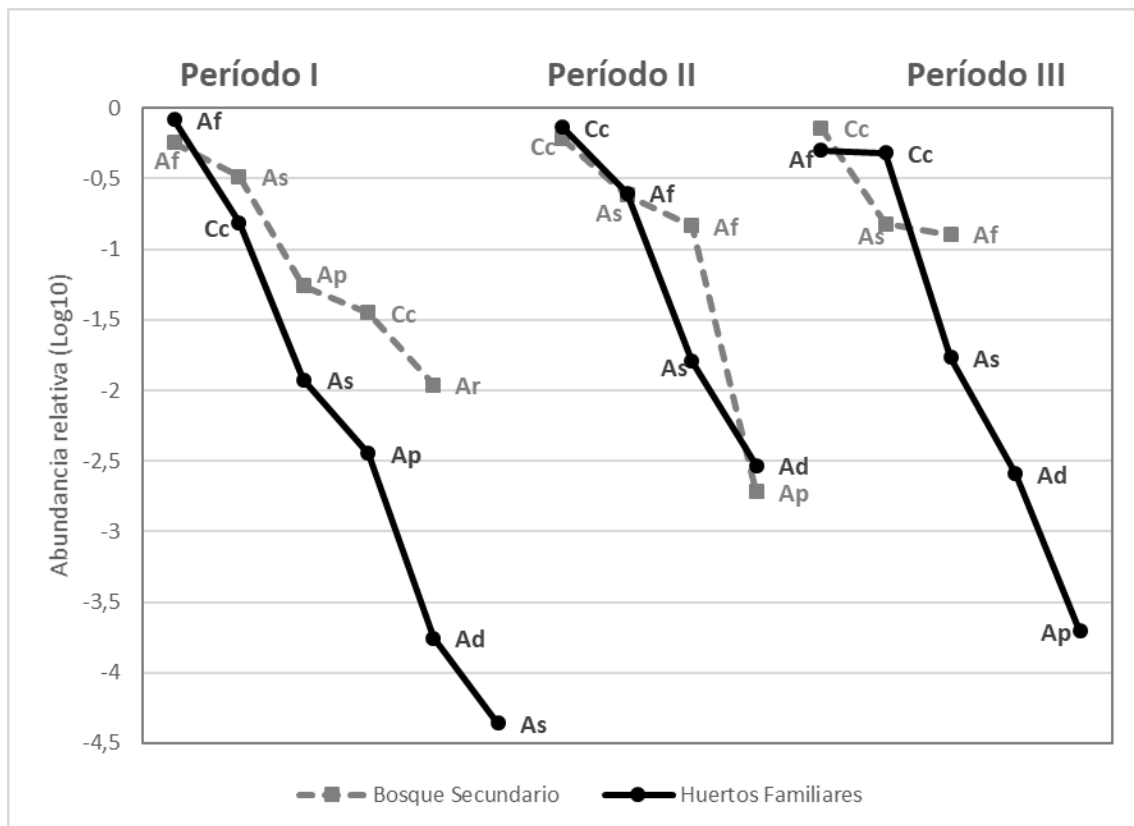


Figura 2.8. Curvas de rango-abundancia para las especies de tefrítidos en los tres períodos de trampeo. *Ceratitis capitata* (Cc), *Anastrepha fraterculus* (Af), *A. schultzi* (As), *A. punctata* (Ap), *A. rosilloi* (Ar) y *A. daciformis* (Ad).

## Discusión

### Diversidad de moscas de la fruta

La diversidad de *Anastrepha spp.* citadas para Argentina (Foote, 1980; Thomson, 1998), es comparativamente menor que la reportada para la mayor parte de los países latinoamericanos, por ejemplo, Brasil reporta 82 especies (Costa Lima, 1934; Zucchi, 1978), Panamá 63 (Hernandez-Ortiz y Aluja, 1993), Venezuela 41 (Caraballo, 1981); México 37 (Hernandez-Ortiz, 2007) y Perú 35 (Korytkowski y Ojeda, 1968). Esta disminución de especies de moscas, al igual que sucede con la mayoría de los organismos, se debería a que existe un patrón general en la diversidad biológica que tiende a concentrarse en los trópicos y a disminuir hacia los polos (Hawkins et al., 2003).

La diversidad de moscas de la fruta encontradas en este trabajo, representó el 15,5% del total de las especies de *Anastrepha* citadas para Argentina por Bartolucci (2008) y el 45,4% de las especies citadas para las yungas del noroeste (Rust, 1918; Chiesa Molinari, 1942; Stone, 1942; Rosillo, 1953; Blanchard, 1961; Oroño, 2013; Schliserman, 2016). Al igual que sucede para Latinoamérica, en las yungas de Argentina, también se observa una disminución de la diversidad a nivel latitudinal, ya que para las provincias de Jujuy y Salta autores como Rosillo (1953), Manero et al. (1989) y Oroño (2013) reportan 6 especies más (*A. chichlayae*, *A. dissimilis*, *A. grandis*, *A. alveatoides* y *A. elegans* y *A. Oblicua*) que en la zona de estudio.

### Abundancia de Moscas de la fruta

Los datos mostraron que las especies más abundantes fueron *C. capitata* y *A. fraterculus*, aunque cabe destacar que las abundancias de estas moscas en Huertos Familiares fueron 13,10 y 18,34 veces superiores respectivamente en relación a Bosque Secundario. Estas dos especies son plagas y altamente polífagas y con una gran capacidad de adaptación a diferentes tipos de ambientes considerándose especies oportunistas, razón por lo cual resulta esperable que sean más abundantes en ambientes como Huertos Familiares. Autores como Kovaleski (1997), Malavasi et al. (2000), Schliserman (2001, 2005), Ovruski et al. (2003a) y Segura et al. (2006) en concordancia con los resultados aquí encontrados, reportan una mayor prevalencia de *C. capitata* en áreas urbanas, rurales y huertos semicomerciales. Sin embargo Schliserman et al.

(2014b) hace una diferenciación entre área urbana y huerto orgánico, encontrando que *C. capitata* predomina en el primer tipo de ambiente, mientras que *A. fraterculus* en el segundo.

Norrbom (2004) considera que *A. fraterculus* es una de las especies más polífagas y ampliamente distribuidas de su género, prevaleciendo en diferentes hospederos y ambientes. La gran abundancia encontrada de esta especie en el sitio de Huertos Familiares se podría deber principalmente a la presencia de hospederos multiplicadores (Ovruski et al., 2003a; 2004; Schliserman et al., 2016), tema que será desarrollado en el capítulo III.

A lo largo del año, se observaron desfases entre los picos de *A. fraterculus* y *C. capitata* en ambos ambientes. Esta variación podría ser para evitar la competencia ya que explotan recursos similares o por tener distintas adaptaciones a los cambios de las condiciones meteorológicas que se producen durante esos meses como ser el aumento de las precipitaciones y la temperatura.

Con respecto a las especies no plagas, resulta difícil explicar un patrón de fluctuación debido a que aún no se conocen sus plantas hospederas. Entre los pocos trabajos de fluctuación de estas especies de moscas para la región del noroeste argentino, se destaca el de Rosillo (1953), quien encontró similitudes con respecto a los patrones aquí registrados. Por ejemplo, la mayor diversidad del género *Anastrepha* se produce entre julio y septiembre pero no resulta regular para todos los años (*A. rosilloi* y *A. punctata* aparecieron solo en un par de meses de los 36 que se muestrearon en ambos estudios). Canesin y Uchôa-Fernandes (2007) reportaron para Brasil, que varios de los picos poblacionales de especies de *Anastrepha* consideradas como no plaga se produjeron entre agosto y octubre. Estos resultados estarían contrastando con los patrones de fluctuación en zonas tropicales en donde las mayores poblaciones de *Anastrepha* spp. ocurren durante los periodos de mayor precipitación (Jirón y Hedström, 1988; Zahler, 1990).

Si bien tanto *A. fraterculus* como *C. capitata* pueden coexistir en diferentes regiones y diferentes hospederos en Argentina, tal como lo demuestra Segura et al. (2006), los factores bióticos y abióticos estarían actuando de diferente manera sobre estos tefrítidos. Por ejemplo, la abundancia de *A. fraterculus* y *C. capitata*, fue variable lo largo de los tres períodos de estudio, intercalando predominancias entre los distintos

períodos y hasta en ciertos momentos disminuyendo su tamaño poblacional, siendo superadas por otras especies no plaga como *A. schultzi*.

Por otra parte y en concordancia con Ordano et al. (2013) quienes demostraron que la dinámica temporal de las abundancias de moscas plaga covaría positivamente con la dinámica de moscas no plaga, en este trabajo se encontró que las especies no plaga coexistieron durante los mismos meses en que *A. fraterculus* fue más abundante. En este sentido resulta importante tener en cuenta el impacto negativo que podrían tener las acciones convencionales de control de plagas sobre la diversidad general de moscas de la fruta.

## **Conclusión**

Teniendo en cuenta las diferencias entre los dos sitios de estudio, las moscas de la fruta servirían como modelo para poder comparar las comunidades dependientes de cada hábitat. Medidas de complejidad del hábitat integradas con niveles comparativos de biodiversidad, podrían proporcionar información útil para tomar decisiones sobre la conservación de los ecosistemas.

## **Capítulo III**

### **Influencia de las variables meteorológicas y la fenología de las especies hospederas sobre la fluctuación poblacional de *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata***

## Introducción

En la naturaleza las poblaciones de insectos no mantienen una densidad constante sino que, con el transcurso del tiempo, presentan fluctuaciones más o menos marcadas en las que se alternan altas y bajas densidades (Cisneros, 1995). El incremento y la disminución de las densidades asociadas con las estaciones parecen estar determinadas principalmente por efectos de los factores físicos del ambiente y por la fenología de las plantas hospederas, que determinan la relativa disponibilidad de alimentos para la plaga (Kurota y Shimida, 2002). En algunos casos esta tendencia es alterada por el rol que juegan los enemigos naturales los que, a su vez, pueden estar sometidos a variaciones estacionales (Eitam et al., 2004).

Por otro lado, cabe mencionar que en los campos agrícolas se presentan variaciones poblacionales asociadas con la discontinuidad de los cultivos, lo que podría interpretarse como una falta periódica de alimento, y aquellas relacionadas con las aplicaciones de insecticidas que producen la disminución violenta de las poblaciones de insectos (Cisneros, 1995).

Es un hecho que la mayoría de las plagas presentan fluctuaciones claramente asociadas con las estaciones del año, aunque la mecánica de esta asociación por lo general no está bien determinada. A pesar que el patrón de las fluctuaciones puede ser similar en años sucesivos, es normal que las densidades que alcanzan las plagas presenten variaciones entre un año y otro (Cisneros, 1995); es natural que esto ocurra si se consideran los múltiples factores que afectan las densidades de las poblaciones y las relativamente altas tasas intrínsecas de crecimiento de aquellas especies que devienen en plaga

La vegetación en los ecosistemas pueden ser muy variables dependiendo de la latitud y geografía donde se encuentran ubicados, a su vez, muchos de estos ecosistemas son altamente estacionales generalmente debido a las condiciones ambientales, las cuales causan variación temporal y espacial en la disponibilidad de recursos efímeros como semillas, flores y frutas, que son relativamente raros si se los compara con recursos como el follaje (Wallace et al., 2000). Cabe destacar que en el caso de los frutos, dicho recurso, está disponible por un corto período, aunque su grado de

efimeridad es variable entre especies (Aluja y Birke, 1993). Los frutos silvestres son a menudo más efímeros que los cultivados, que fueron seleccionados artificialmente (Sivinski et al. 2004). Otro factor que influye sobre la disponibilidad frutal es lo impredecible de la temporada de fructificación y las diferencias anuales en el rendimiento que puede ser causado por el clima (Herrera, 1998). Estas condiciones ejercen presión de selección sobre el ciclo de vida de los insectos y la fuerza de selección depende de la plasticidad y grado de especialización (Kurota y Schimida, 2002).

Para lograr obtener una visión profunda del funcionamiento de un sistema ecológico es necesario conocer cuáles son los factores que modulan la abundancia de los individuos de las poblaciones que conforman el sistema. Dichos factores o parámetros son susceptibles de variar con distinta intensidad.

En el caso de las moscas de la fruta, la fluctuación de sus abundancias poblacionales está directamente relacionadas con las condiciones climáticas y con la diversidad, disponibilidad, abundancia y grado de preferencia de sus especies frutales hospederas (Aluja, 1984, 1999; Harris et al., 1993; Katsoyannos et al., 1998). Todos estos factores determinan la fluctuación de los tefrítidos en la búsqueda de comida, agua y lugar para oviponer, lo que a su vez condiciona el número de generaciones que pueden tener las diferentes especies de mosca a lo largo del año (Fletcher, 1989; Chen y Ye, 2007). Sin embargo, algunas especies de moscas de la fruta pueden exhibir altas variaciones en su abundancia de un año para el otro, épocas de ocurrencia de sus picos de población y amplitud en sus meses de aparición sin obedecer a un patrón determinado (Canesin y Uchôa-Fernandes, 2007).

A pesar que las capturas de moscas adultas obtenidas de trampas ubicadas, en una determinada especie frutal, no implican que esta última sea considerada hospedera (Norrbon y Kim, 1988; Putruele, 1996), el uso de trampas y sistemas de trampeo son útiles para analizar la dinámica y la abundancia de los tefrítidos a lo largo de todo el año, inclusive en las épocas en que no hay frutales disponibles (Borge y Basedow, 1997; Salles, 1999; IAEA, 2003).

Estudiar las fluctuaciones poblacionales de moscas de la fruta sirve para conocer las épocas de ocurrencia de sus adultos y asociarlas con los factores que podrían condicionar su abundancia modulando su dinámica, y así esta información permitirá



planificar y mejorar estrategias de manejo para estas plagas (Zahaler, 1990; Uchôa-Fernandes et al., 2003; Vanoye-Eligio et al., 2015).

## Objetivo

Evaluar la influencia de las condiciones meteorológicas y la feneología de las especies hospederas sobre las dinámica poblacional de *A. fraterculus* y *C. capitata* en los dos sitios de estudio seleccionados.

## Materiales y Métodos

### Sistematización de la Información y Análisis de Datos

#### Disponibilidad de especies frutales hospederas de moscas de la fruta

Se registraron los períodos de fructificación de las diferentes especies hospederas de moscas de la fruta, consideradas en el estudio en dos categorías: a) con fruto disponible y b) sin fruto. Con los datos obtenidos se confeccionaron matrices de disponibilidad mensual de frutos de los árboles hospedero para cada sitio de estudio.

#### Fluctuación temporal de las poblaciones de *A. fraterculus* y *C. capitata*

La abundancia de adultos de *A. fraterculus* y *C. capitata* capturados en cada fecha de muestreo fue evaluada a través del índice Mosca por Trampa por Día (MTD) para cada sitio de estudio. Este índice estima el número promedio de moscas capturadas en una trampa por día de exposición en el campo. Su función es tener una medida relativa del tamaño de la población adulta de los insectos plaga en un espacio y tiempo determinado. Se utiliza generalmente como información de línea de base para comparar el tamaño de la población antes, durante y después de la aplicación de un programa de control de mosca de la fruta (IAEA, 2003).

$$MTD = \frac{M}{T * D}$$

Donde:

M= número total de moscas capturadas

T= número de trampas empleadas

D= número de días que las trampas fueron expuestas

Utilizando los datos de MTD se realizaron gráficos de fluctuación para detectar los picos poblacionales de cada una de las especies a lo largo de todo el tiempo que duró el estudio. Junto a estos gráficos se anexaron climogramas, los cuales representan los cambios en los valores de la temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa y precipitación acumulada registrados mensualmente durante el tiempo que duró el trampeo. Dichos datos fueron obtenidos de los resultados del Capítulo I.

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre las distribuciones de los MTD de *A. fraterculus* y *C. capitata*, durante las distintas fechas de captura se realizó un test de Friedman. Se eligió este test no paramétrico debido a la falta de normalidad en la distribución de los datos; utilizándose los valores de MTD como variable, las especies como factores y las fechas de muestreo como bloques.

### **Influencia de las variables meteorológicas sobre las poblaciones de *A. fraterculus* y *C. capitata***

Se realizó un análisis de redundancia (RDA) para relacionar la abundancia de datos de la matriz de capturas de moscas plaga en cada fecha de monitoreo con la matriz de variables meteorológicas registradas en el Capítulo I. Para poder usar el RDA, se realizó un análisis preliminar de los datos el cual indicó que las longitudes de los gradientes ambientales fueron menores a 2 (condición para el uso de un modelo con respuesta lineal como el RDA (Legendre y Legendre, 2012; Ter Braak & Smilauer, 1998)).

Para cada fecha de captura, se estandarizó el valor del MTD según la transformación de Hellinger (raíz cuadrada) (Legendre & Gallagher, 2001). Con respecto a las variables meteorológicas (temperatura mínima, promedio, máxima; humedad relativa y precipitaciones acumuladas, éstas fueron transformadas por medio de la aplicación del logaritmo natural a la suma de una constante al valor de la variable:  $\ln(x+1,5)$ ) y como covariable se utilizó a la estación (seca y húmeda) codificada en ceros y unos.

Para eliminar las variables no significativas y a aquellas que presentaron colinealidad, se corrió un RDA preliminar utilizando el criterio de selección más parsimonioso y explicativo (Legendre y Legendre, 2012). Posteriormente, con las variables significativas, se corrió nuevamente el RDA. Se testeó la significancia del

análisis y se calculó el coeficiente de determinación corregido ( $R^2$  ajustado), además de verificar por medio de un test de permutación la significancia de la cantidad de ejes como de variables.

Se graficaron los resultados por medio de un biplot indicando las especies de moscas y las variables meteorológicas.

En éste análisis, los puntajes ('escores') de las variables meteorológicas se representan como vectores y su longitud indica la importancia de esta variable para un eje de RDA. Los análisis y gráficos fueron realizados a través del software R versión 3.2.3 (R Development Core Team, 2015) usando el paquete “vegan”.

# Resultados

## Periodos de fructificación de las especies hospederas de moscas de la fruta

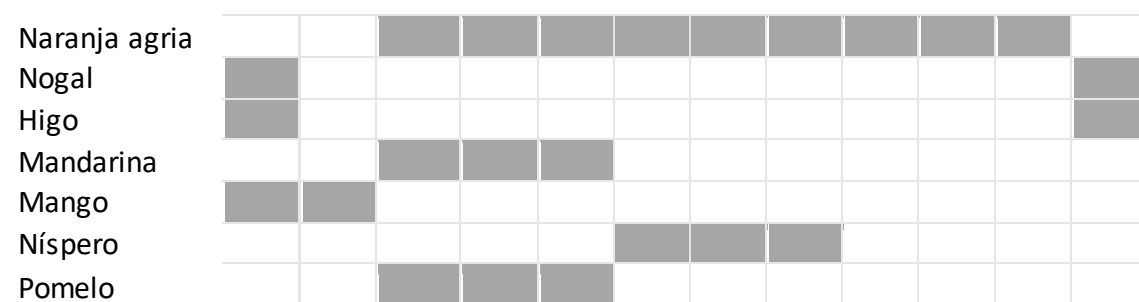
La época con mayor disponibilidad de frutos para ambos sitios de estudio se encontró comprendida durante la estación húmeda, entre los meses de octubre y abril, mientras que en la estación seca en Bosque Secundario, la única especie hospedera disponible fue la naranja agria y en los Huertos Familiares por tres especies de cítricos y el níspero (Tabla 3.1 y 3.2).

**Tabla 3.1: Disponibilidad mensual de frutos de las especies hospederas para el sitio Bosque Secundario, cuadros en gris indican presencia, cuadros en blanco indican ausencia.**

<b>Bosque Sec.</b>	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Arrayán												
Horco Molle												
Naranja agria												
Nogal												

**Tabla 3.2: Disponibilidad mensual de frutos de las especies hospederas para el sitio Huertos Familiares, cuadros en gris indican presencia, cuadros en blanco indican ausencia.**

<b>Huertos Fam.</b>	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Chirimoya												
Ciruela												
Durazno												
Horco Molle												
Guayaba												



## Fluctuación temporal de las poblaciones de *A. fraterculus* y *C. capitata*

### Bosque Secundario

Analizando la fluctuación estacional de *A. fraterculus* en este sitio, se pudo observar que dicha especie presentó dos picos por período, el primero entre marzo y abril y el segundo entre septiembre y diciembre, no obstante los valores de MTD variaron mucho entre los distintos períodos, registrando en el período I los mayores valores (Fig. 3.1). En cuanto a *C. capitata*, esta especie presentó un solo pico de abundancia por período entre los meses octubre y diciembre. Los mayores valores de MTD de ésta especie, fueron registrados en período II y III (Fig. 3.1). A su vez el test de Friedman mostró la existencia de diferencias significativas entre las distribuciones de los MTD de *A. fraterculus* y *C. capitata* en las distintas fechas de muestreo (Tabla 3.3).

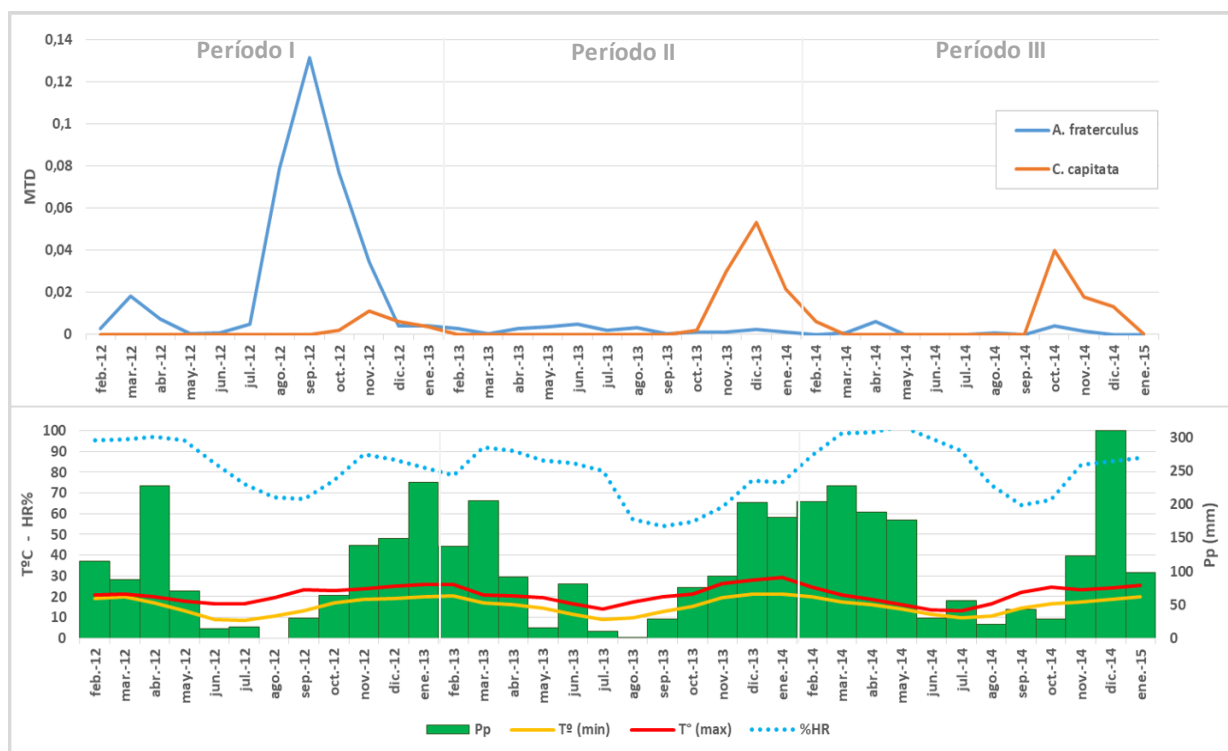
### Huertos Familiares

En este sitio los valores de MTD de *A. fraterculus* fueron hasta diez veces mayores que en el Bosque Secundario; observándose un patrón similar entre los ambientes en cuanto al número de picos y meses del año donde ocurrieron, siendo los períodos I y III donde se registraron los mayores valores de captura (Fig. 3.2). En este ambiente, *C. capitata* presentó un solo pico de fluctuación por período, el cual se encontró desfasado un mes con respecto al otro ambiente (entre noviembre y diciembre), registrando valores similares de MTD a lo largo de los tres períodos de estudio (Fig. 3.2).

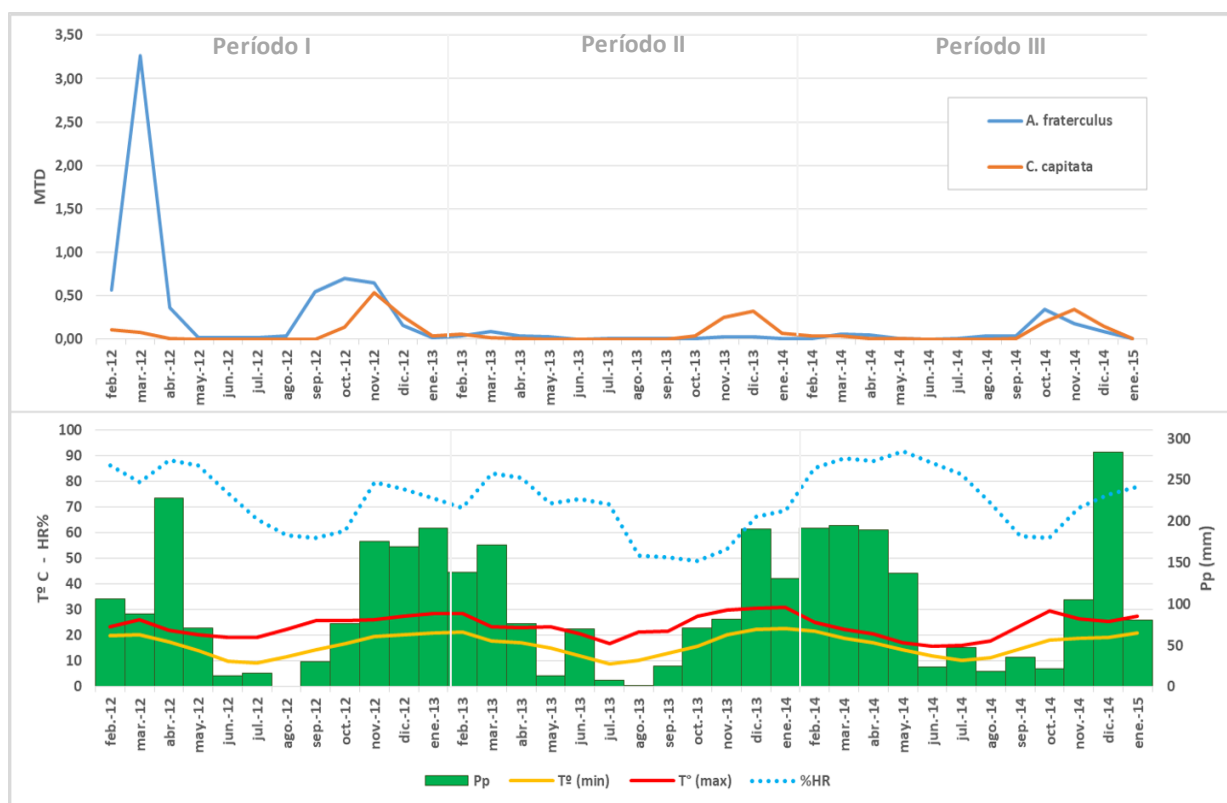
Con respecto al test de Friedman, al igual que en Bosque Secundario, mostró la existencia de diferencia significativa entre las distribuciones de los MTD de *A. fraterculus* y *C. capitata* en las distintas fechas de muestreo (Tabla 3.3).

**Tabla 3.3 Distribución de las capturas de *A. fraterculus* y *C. capitata* en función de las fechas de monitoreo**

Test de Friedman	chi-cuadrado	Grados de libertad	p-value
Bosque Secundario	10,24	1	<0,002
Huertos Familiares	11,53	1	<0,001



**Figura 3.1. Fluctuación de *A. fraterculus* y *C. capitata* junto a las variables meteorológicas en Bosque Secundario**



**Figura 3.2. Fluctuación de *A. fraterculus* y *C. capitata* junto a las variables meteorológicas en Huertos Familiares**

### **Influencia de las variables meteorológicas sobre las poblaciones de *A. fraterculus* y *C. capitata***

#### Bosque Secundario

El análisis de redundancia realizado para relacionar el MTD de las dos especies de moscas plaga con las variables meteorológicas que fueron significativas para el sitio (Tabla 3.4) mostró que los dos primeros ejes canónicos acumularon un 25% de la proporción de varianza y que fueron significativos (inercia = 0,09;  $p < 0.05$ ). El valor de  $R^2$  ajustado indica que las variables meteorológicas explican un 22% de la varianza para este sitio de estudio.

El 82% de la variación se reflejó en el primer eje canónico (RDA1) (autovalor= 0,08) el cual mostró que a mayores valores de precipitación acumulada, temperatura máxima y a menores valores de humedad relativa se registraron los mayores valores de MTD de *C. capitata*. Mientras que en condiciones inversas se registraron las mayores abundancias de *A. fraterculus*. Por su parte el segundo eje (RDA2), explica el 18% de la

variación (autovalor= 0.01), reflejando que altos valores de temperatura máxima estarían asociados con mayores abundancias de *A. fraterculus* y *C. capitata* (Fig. 3.3).

#### Huertos Familiares

Para este sitio el RDA, muestra que los dos primeros ejes canónicos acumularon un 36% de la proporción de varianza y que fueron significativos (inercia = 0,09;  $p < 0.05$ ) con un  $R^2$  ajustado de 34% (Tabla 3.4).

El 98% de la variación se refleja en el primer eje canónico (RDA1) (autovalor= 0,09) el cual muestra que a mayor precipitación acumulada y temperatura máxima se registraron los mayores valores de MTD de *C. capitata*. Para *A. fraterculus*, los mayores valores de MTD se relacionaron con los menores valores de temperatura máxima y precipitación. Por otra parte el segundo eje (RDA2), explicó el 2% de la variación (autovalor= 0.002), no siendo estadísticamente significativo según el test de permutación. La figura 3.4 muestra la relación entre las variables ambientales significativas y las abundancias de las especies plagas en estudio.

**Tabla 3.4 Coeficientes de correlación intraconjunto para cada eje RDA según variable ambiental.**

Variables Meteorológicas	RDA1	RDA2
Temperatura máxima(Tmax)	-0,8457	-0,52522
Humedad relativa(HR)	0,1416	0,05547
Precipitación(Pp)	-0,6362	0,40069

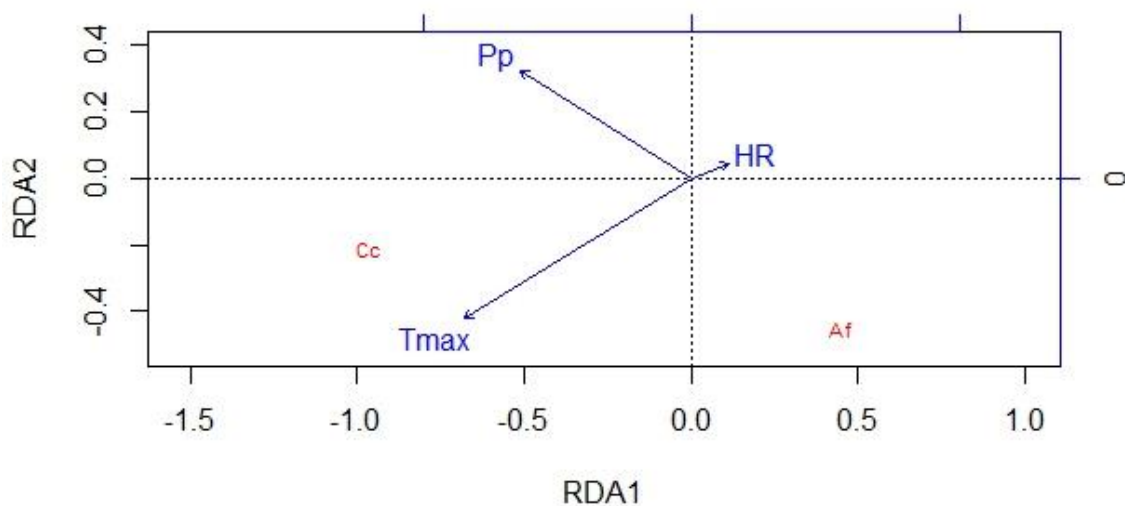


Figura 3.3. Biplot de RDA para especies de moscas adultas recolectadas Bosque Secundario y su relación con las variables meteorológicas. Af= *A. fraterculus*, Cc= *C. capitata*, Pp= precipitación acumulada, Tmax, temperatura máxima, HR= humedad relativa.

Tabla 3.3. Coeficientes de correlación intraconjunto para cada eje RDA según variable ambiental.

Variables Meteorológicas	RDA1	RDA2
Temperatura máxima (Tmax)	-0,8274	-0,5616
Precipitación(Pp)	-0,6902	0,7236

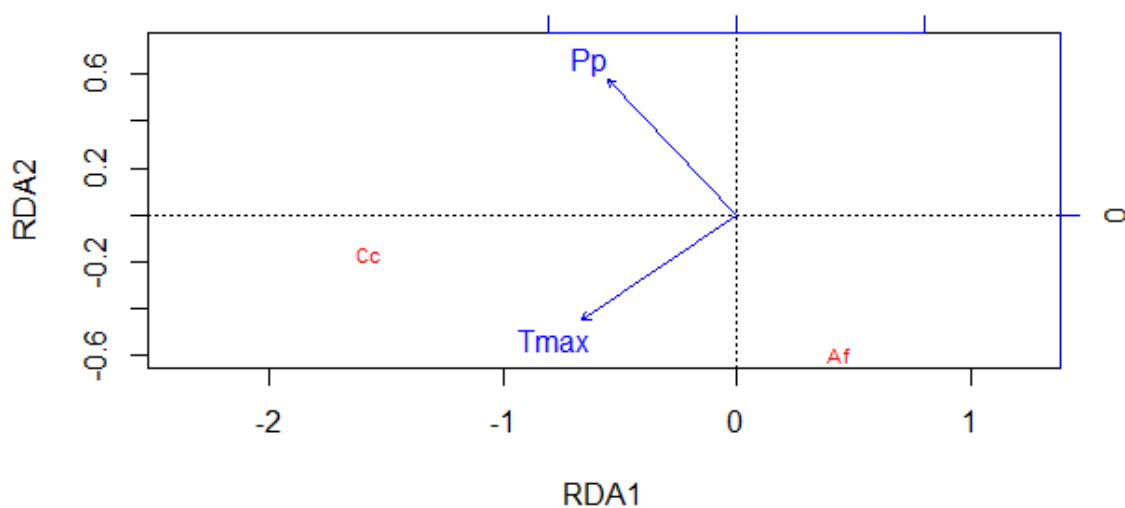


Figura 3.4. Biplot de RDA para especies de moscas adultas de Huertos Familiares y su relación con las variables meteorológicas. Af= *A. fraterculus*, Cc= *C. capitata*, Pp= precipitación acumulada, Tmax, temperatura máxima.



## Discusión

Los resultados de este capítulo mostraron que la fluctuación de las poblaciones de *A. fraterculus* y *C. capitata* sería afectada por la variación de las condiciones meteorológicas y la disponibilidad de fruta. Esto mismo fue observado por una serie de autores como Aluja (1994), Salles (1995), Israely et al. (1997), Mwatawala et al. (2006), Chen y Ye (2007), Nolasco y Iannaccone (2008) y Aluja et al. (2012).

Otro factor que influyó la fluctuación poblacional de ambas especies plagas fue el tipo de ambiente estudiado. Por ejemplo, se encontró que las temperaturas mínimas y máximas fueron 1 a 2°C más elevadas en Huertos Familiares que en Bosque Secundario, pero que en este último sitio la humedad relativa fue un 10% superior y acumuló 300 mm más de lluvia durante los 3 períodos. Con respecto a la disponibilidad de frutos, Bosque Secundario registró una mayor abundancia de hospederos mientras que Huertos Familiares una mayor riqueza, presentando una mayor disponibilidad tanto en la estación húmeda como en la seca. Dicha disponibilidad y diversidad de hospederos que fructifiquen en una secuencia escalonada a lo largo del tiempo estarían permitiendo a *A. fraterculus* y a *C. capitata* acceder a recursos de manera continua y mantener los niveles poblacionales. Esto mismo fue observado por Segura et al. (2006) para otras regiones del país y por Aluja y Birke (1993) y por Aluja (1999) para otras especies de *Anastrepha* en México.

Los requerimientos bióticos y abióticos para ambas especies plagas serían distintos, pues hubo diferencias en las fechas de ocurrencia y en la magnitud de sus picos poblacionales. Tales patrones podrían deberse a que *C. capitata* presenta un ciclo de vida más corto y una gama de huéspedes más amplia que *A. fraterculus* (Christenson and Foote, 1960; Liquido et al., 1991; Ovruski et al., 2003a; Ovruski, 2004b; Oroño et al., 2005, 2006). En términos ecológicos se podría definir a *C. capitata* como un estratega r, con baja capacidad competitiva pero con alta plasticidad ambiental (Schliserman et al., 2014b). *Anastrepha fraterculus*, en comparación, es una especie multivoltina con seis generaciones al año como mínimo, lo que posibilita su presencia durante todos los meses del año (Machado et al., 1995; Salles, 1995; Jaldo et al., 2001). Esta especie presenta preferencia por hospederos frutales de la familia mirtácea, entre las cuales se incluyen varias especies nativas para esta región (Ovruski et al., 2003a, 2004; Oroño et al., 2005).

*Ceratitis capitata* presentó patrones de fluctuación similares entre los dos sitios de estudio y estabilidad a lo largo de los tres períodos, mostrando una marcada estacionalidad en cada uno de ellos. Esta especie registró un solo pico de abundancia entre noviembre y diciembre y sus capturas fueron prácticamente nulas durante los meses de mayo a agosto. Estas observaciones coincidirían con los registros aportados por Ovruski et al., (2003a), Augier et al. (2007), Schliserman et al. (2014b) en distintos ambientes de la provincia de Tucumán y con resultados similares obtenidos en Brasil (Souza-Filho et al., 2009), Israel (Rivnay, 1950) y Creta (Michelakis, 1992), en donde los picos poblacionales de esta especie se produjeron al final de la primavera y comienzo del verano. No obstante, otros trabajos para el noroeste argentino y la provincia de Bs. As. (Rosillo, 1953; Segura et al., 2004) y en otros países como Italia (Benfatto et al., 1989; Ortu et al., 2005) y España (Martínez-Ferrer et al., 2010), registraron picos poblacionales para *C. capitata* entre el verano y otoño. Estas variaciones en los patrones de población son probablemente el resultado de diferencias en la disponibilidad de frutos que maduran en distintos meses. *Ceratitis capitata* es capaz de moverse de una especie de frutal a otra en función de sus períodos de maduración (Gómez Clemente y Planes, 1952; Bateman, 1972; Harris and Olalquiaga, 1991).

Los aumentos en la población de *C. capitata* en el área de estudio, parecerían estar influenciados por un lado por el período de fructificación del durazno, lo cual estaría en concordancia con lo planteado por Schliserman (2001), Ovruski et al. (2003a, 2004), Segura et al. (2006) y Schliserman et al. (2016) los cuales destacan a *P. persica* como el principal hospedero multiplicador de *C. capitata* en el noreste argentino. Por otra parte la fluctuación de esta mosca estaría influenciada por el aumento de la temperatura máxima y las precipitaciones, situación que se manifestó durante los períodos II y III (períodos con mayor captura de esta especie). Resultados similares fueron obtenidos por Putruele (1998) y Segura et al. (2004, 2006) para Argentina y para regiones con climas mediterráneos por Papadopoulos et al., (1996, 2001), Israely et al., (1997), Katsoyannos et al., (1998) y Ortu et al., (2005) los cuales demostraron una correlación positiva de la temperatura con el número de adultos capturados de *Ceratitis capitata*. Para Papadopoulos et al. (1996, 1998), en regiones subtropicales o templadas, como la del presente estudio, las temperaturas extremas durante los meses más fríos producirían alta mortalidad en larvas y pupas. A diferencia de esta tesis, otros autores como Betman,

(1972), Harris y Lee (1987), Jirón y Hedström (1988), Harris y Olalquiaga (1991), Aluja (1994), Harris et al. (1993), Celedonio-Hurtado et al. (1995), Borge y Basedow (1997) y Salles (2000) encontraron que la temperatura no es un factor limitante y que la periodicidad estacional de la humedad es la que regula las actividades de las moscas de la fruta (especialmente la reproducción). Estas diferencias encontradas, son razonables, ya que estos autores realizaron sus trabajos en zonas tropicales donde la temperatura oscila entre valores cercanos a los óptimos para la especie. Teniendo en cuenta los meses de temperaturas más bajas, de junio a septiembre, y los requerimientos fisiológicos de *C. capitata*, según Vargas et al., (1984); Duyck y Quilici, (2002), probablemente sólo habrá una generación a lo largo de este período de 4 meses. Durante estos meses las especies de cítricos, que son prácticamente las únicas hospederas disponibles, estarían funcionando como puente que permitiría que individuos de *C. capitata* pueda sobrevivir durante estos meses en un número reducido (Papadopoulos et al., 2001; Ovruski et al., 2003a; Schliserman et al., 2016). La baja o casi nula abundancia de *C. capitata* registrada durante la estación seca coincide con los resultados obtenidos para otros países por Bodenheimer (1951), Fimiani (1989), Aluja et al. (1998), Del Pino (2000), Israely et al. (1997), Katsoyannos et al. (1998) y Ortu et al. (2005) en donde el descenso de la temperatura y la falta de disponibilidad de hospederos reducirían la población de adultos de moscas del mediterráneo.

*Anastrepha fraterculus* también es una especie con marcada estacionalidad, registrando dos picos anuales a lo largo de cada período pero con una gran variación entre períodos y meses de fluctuación.

El primer pico registrado para esta especie se produjo entre marzo y abril, el cual coincide con la fructificación de la guayaba en el área de estudio. Esta especie de Myrtaceae sería el principal hospedero multiplicador de *A. fraterculus* en las Yungas Australes (Ovruski et al., 2003a, 2005; Schliserman et al., 2016). Otros autores como Turica y Mallo (1961); Fernandez de Araoz y Nasca, (1984); Oroño, (2011) para otros sitios dentro de las Yungas de Argentina, también detectaron mayores niveles de infestación en guayaba. En líneas generales la guayaba, según lo reportado por Aluja et al., (2003a), es el hospedero predilecto del complejo *fraterculus*.

Las capturas de *A. fraterculus* obtenidas para los meses de la estación seca y fría, resultan llamativas, ya que durante éstos meses, como se mencionó anteriormente, los

cítricos son prácticamente los únicos hospederos disponibles. Aluja et al. (2003a) explican que los cítricos no son las especies más adecuadas para el desarrollo larvario de esta especie, tal vez porque no es capaz de eludir los compuestos tóxicos en la cáscara (Aluja et al., 2000). Un punto importante para entender las capturas durante estos meses de mayor frío y menor acumulación de precipitación (mayor déficit hídrico) es que los adultos de *A. fraterculus* son longevos (Taufer et al., 2000). Esta estrategia le estaría permitiendo sobrevivir durante la época desfavorable. Y podría pensarse que durante los días más cálidos de la estación seca y fría, cuando los adultos pueden salir de su aletargamiento buscarían la fuente más cercana para alimentarse e hidratarse. En este estudio dichos recursos estarían siendo proporcionados por los atrayentes alimenticios de la gran densidad de trampas colocadas, que podrían estar atrayendo a tefritidos de zonas aledañas entre 20 a 30 m a la redonda (Kendra et al., 2010).

La humedad relativa influyó positivamente sobre la fluctuación de *A. fraterculus* en el ambiente de Bosque Secundario, siendo más abundante en los períodos I y III. Una asociación similar entre esta especie y la humedad relativa fue registrada por Mello-García et al. (2003) y para otras especies del género *Anastrepha* por Martínez-Morales et al., (2003). En contraposición a esto, Canesin y Uchôa-Fernandes (2007) encontraron en el estado de Mato Grosso do Sul en Brasil, una correlación negativa entre la humedad relativa y la captura de *Anastrepha elegans* en trampas. Esto sugiere que esta variable podría actuar de distinta manera, según la especie de *Anastrepha* u otros tefritidos considerados, por ejemplo, se ha visto que la humedad del suelo juega un papel fundamental en la mortalidad de algunas especies del género *Bactrocera*, sin embargo *C. capitata* es capaz de adaptarse a condiciones de mayor sequedad (Jackson et al., 1998). A su vez, no se encontró relación positiva entre las capturas de *A. fraterculus* y la temperatura, probablemente debido a que se capturó un gran número durante los meses más fríos, estos resultados estarían en contraposición con lo encontrado por Rosillo y Portillo (1971) quienes describieron una fecundidad y actividad de ovoposición reducida durante estos meses en Argentina, y también en contraposición a lo expuesto por Machado et al. (1995), Salles et al. (1995), Raga et al. (1996), Garcia y Corseuil (1998), Taufer et al. (2000) y Mello-García et al (2003), quienes encontraron asociación positiva entre la temperatura y la abundancia de *A. fraterculus*.

## Conclusión

Los análisis temporales mostraron que *C. capitata* es más influenciada por el aumento de la temperatura y las precipitaciones, mientras que en Bosque Secundario *A. fraterculus* se ve influenciada por el aumento de la humedad. Las distintas especies frutales afectan la abundancia poblacional de estas moscas de diferente manera, pues los picos poblacionales más altos en *C. capitata* se relacionan con los períodos de fructificación del durazno, mientras que con *A. fraterculus* se relacionó directamente con la fructificación de la guayaba.

## **Capítulo IV**

### **Distribución espacial de *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata* y su asociación con el ambiente**

## Introducción

La dinámica espacial de los insectos herbívoros, como las moscas de la fruta está influenciada por la configuración del paisaje y los parches que conforman sus hábitat (Grilli & Bruno, 2007). Según la hipótesis planteada por Root (1973) sobre concentración de recursos, los insectos tienden a incrementar su densidad con el aumento del tamaño del parche y con la densidad del recurso a forrajear.

Las moscas de la fruta perciben el ambiente en tres niveles jerárquicos: hábitat, parche y alimento. Los distintos factores que interactúan entre estos niveles son los que conducirán a la aceptación eventual de un hospedero por parte de estos fitófagos (Hassel y Southwood 1978). En este sentido el hábitat para una mosca puede ser un ambiente natural como un bosque con hojas perennes o caducifolias, grandes monocultivos, huertos mixtos o traspatios de casas. En cada uno de estos ambientes, estos tefrítidos, pueden detectar parches conformados por agregaciones de especies frutales hospederas, que pueden ser de una o más especies y encontrarse a distancias considerables (Sivinski et al., 2004). A una escala más pequeña de percepción del insecto se encuentran los frutos en el árbol (lugar de oviposición y alimento), los cuales pueden estar distribuidos de manera heterogénea en el dosel condicionando la distribución de las moscas a esta escala (Aluja y Birke 1993).

A nivel de hábitat y de parche, las señales visuales como el color de la planta, la silueta del árbol contrastando con el cielo (forma), el tamaño de las plantas hospederas y no hospederas y particularmente los olores emitidos por el hospedero (no exclusivamente específico al fitófago) llevarán a una hembra a forrajear a una determinada planta hospedera (Fletcher y Prokopy, 1991; Aluja y Prokopy, 1992; Aluja et al, 1993, 2004). Entre estos volátiles se destacan aquellos para atraer al sexo opuesto, detectar un hábitat, parche o árbol en particular, como ser aldehídos y alcoholes emitidos por las hojas verdes o la fruta no madura, ésteres emitidos por la fruta madura y feromonas sexuales emitidas por los machos, volátiles emanados por frutos podridos y volátiles específicos emitidos por determinadas plantas hospederas (Light y Jang, 1996). Después que la mosca se asienta en una planta, la visión se vuelve más importante, ya que las hembras identifican y se aproximan a un fruto en particular de acuerdo con su forma esférica, tamaño y color (Prokopy y Owens, 1983; Prokopy et al., 1985; Ajula y

Prokopy, 1993). Muchas especies de tefrítidos, principalmente polífagos, son capaces de sobrevivir como adultos mucho tiempo en el campo y se dispersan rápidamente cuando no hay frutos maduros en un área particular (Fletcher, 1989).

Los patrones espaciales de las moscas de la fruta estarían modulados por un complemento de factores, tales como la disponibilidad, susceptibilidad y localización de las plantas hospederas, competencia interespecífica, intervención de enemigos naturales, por los componentes de variación del microhábitat (temperatura y humedad) y por la constitución general del paisaje (Duyck et al., 2004; Nestel et al., 2004, 2009; Sivinski et al. 2004; Israely et al., 2005). Comúnmente para la determinación de patrones de distribución espacial e identificación de focos de infestación de moscas de la fruta, se utilizan trampas con cebos alimenticios o atrayentes sexuales (Epsky et al., 2010). La efectividad de la trampa depende generalmente de la simulación de varias señales críticas que usan los insectos cuando buscan recursos esenciales tales como alimentos, pareja o sitios de puesta de huevos (Phillips y Wyatt, 1992, Robacker y Landolt, 2002). En las trampas Multilure®, estas señales están proporcionadas por el color amarillo de su base y los volátiles emitidos desde su interior por la fermentación del atrayente alimenticio, los cuales en conjunto serían comparables a las señales emitidas por un fruto maduro.

## Objetivos

Analizar la distribución espacial de *A. fraterculus* y *C. capitata* en los dos sitios de estudio, el grado de asociación espacial entre ellas y con los árboles hospederos disponibles para cada estación.

Evaluar la influencia de la cobertura vegetal sobre la distribución de estas especies de tefrítidos plagas.

## Materiales y Métodos

### Sistematización de la Información

Para estudiar los patrones de distribución espacial de los árboles hospederos, de *A. fraterculus* y de *C. capitata*, se utilizó la base de datos del censo de vegetación y del trampeo de moscas. Se consideró a cada celda como una unidad de muestreo. Se realizaron análisis por separado para cada sitio de estudio durante la estación húmeda



(de noviembre a abril) y la estación seca (de mayo a octubre) según la clasificación explicada en el Capítulo I.

Los frutales hospederos de cada sitio fueron diferenciados en dos categorías: (1) aquellos con fruta disponible durante la estación húmeda y (2) aquellos con fruta disponible durante la estación seca. Se contabilizó la cantidad de frutales hospederos por celda.

Para cada especie de mosca se promediaron las capturas acumuladas por celda de cada período durante los meses de estación húmeda, como así también el promedio de capturas acumuladas durante la estación seca.

## **Análisis de Datos**

### **Distribución espacial de *A. fraterculus*, *C. capitata* y las especies de frutales hospederas disponibles durante la estación húmeda y estación seca en los dos sitios de muestreo**

Se elaboraron mapas para representar la ubicación de las diferentes especies de árboles hospederos con fruta disponible durante la estación húmeda y durante la estación seca, por medio del software Surfer (versión 9.9.785. Surface Mapping System. Golden Software, Boulder, Colorado, USA).

Se analizó el tipo de distribución espacial según el índice agregación propuesto por Perry (1998) por medio del software SADIE Shell 1.22. Este programa caracteriza el patrón espacial de la variable objeto de estudio (plantas hospederas y moscas de la fruta en este caso) estimando el mínimo esfuerzo que sería necesario para obtener una distribución regular donde todas las unidades de muestreo tienen el mismo valor (Perry 1998). En la práctica, este esfuerzo equivale a la distancia a la regularidad ( $D$ ). Generalmente, cuanto mayor es  $D$ , mayor agregación espacial hay en los datos. SADIE Shell utiliza un algoritmo de transporte (Kennington y Helgason, 1980) para encontrar la manera óptima de igualar el número de individuos en todas las celdas minimizando la distancia total que éstos tienen que recorrer. Este algoritmo se basa en la existencia de flujos de individuos y fracciones de individuos desde unidades de muestreo “donantes”, que son aquellas con valores (de la variable objeto de estudio) superiores a la media, hacia unidades de muestreo “receptoras”, con valores inferiores a la media. El resultado final es que todos los puntos de muestreo tienen el mismo número de individuos.

Debido a la gran variabilidad de los datos de captura en cada celda, se optó por el análisis no paramétrico del programa, donde los valores originales del conjunto de datos fueron reemplazados por sus rangos. El método empleado es exactamente el mismo que el usado para datos de distribución normal, a excepción del remplazo previo al análisis. De esta manera, se consigue disminuir las grandes diferencias de los valores originales manteniendo la distribución original de los datos. Con esta transformación se logró evitar la magnitud exagerada de la unidad “donante” original con respecto a los demás valores de las otras muestras, para poder así discriminar el patrón espacial dentro de estas últimas, de magnitudes similares.

Para evaluar si la distribución espacial observada difiere de la aleatoriedad, SADIE realiza un test de permutaciones, en esta prueba estadística, los datos son distribuidos al azar entre los puntos de muestreo un determinado número de veces, 5000 permutaciones para este trabajo, calculándose  $D$  con cada uno de estos cambios y obteniendo así su distribución de frecuencias. La división del valor observado de  $D$  por el valor medio obtenido a partir de las permutaciones produce un índice de agregación ( $I_a$ ) que es utilizado para describir el patrón espacial de los datos (Perry, 1998; Perry *et al.*, 1999). Los datos muestran una distribución agregada si  $I_a > 1$ , aleatoria si  $I_a = 1$  y regular si  $I_a < 1$  (Perry *et al.*, 1999). Para establecer la significación estadística del patrón espacial observado, se calcula la proporción de valores de  $D$  obtenidos en las permutaciones que sean iguales o mayores que el valor observado ( $p\text{-value} < 0.05$  será considerado significativo).

El índice de agregación,  $I_a$ , proporciona una medida general del patrón espacial para un conjunto de datos e indica la naturaleza de dicho patrón, así como su significación estadística. Para proporcionar evidencia de si un punto de muestreo concreto tiene un valor de agregación elevado o bajo, formando parte respectivamente de una mancha o “patch” (zona con valores de la variable superiores a la media) o de un claro o “gap” (zona con valores de la variable inferiores a la media), o si se distribuye al azar (Perry *et al.* 1999), SADIE utiliza otro índice de agrupación “ $v$ ”, que cuantifica el grado en el que cada unidad de muestreo contribuye al patrón espacial global de los datos, permitiendo a su vez delimitar espacialmente la presencia de manchas ( $v_i$ ) y claros ( $v_j$ ). El valor numérico de  $v$  es un buen indicador de la agregación porque tiende a ser más elevado para una unidad que forma parte de una mancha que para una que tiene un valor elevado pero que está rodeada por unidades vecinas con valores bajos (claros).

Para evaluar estadísticamente el grado de significación del conjunto de manchas y claros, se realizó un test de permutaciones donde sus valores medios,  $V_i$  y  $V_j$  respectivamente, son comparados con los obtenidos durante las permutaciones, tal como ocurre con  $I_a$ .

Para ilustrar el valor de  $v$  en cada punto de muestreo y así poder generar los mapas de agregación, se utilizó el software Surfer (versión 9.9.785. Surface Mapping System. Golden Software, Boulder, Colorado, USA), el cual sirve para graficar mapas contorneados uniendo las isocurvas del valor de agregación para cada punto de muestreo. Los colores más oscuros representan mayores valores de  $v$ .

### **Asociación espacial de *A. fraterculus* y *C. capitata*, y entre las especies de tefrítidos y sus árboles hospederos disponibles**

Para analizar el grado de asociación entre dos entidades (mosca-mosca y mosca-hospedero) se utilizó el software SADIE Shell 1.22 (Perry, 1998), el cual evalúa los patrones de covariación espacial de dos variables en la zona de estudio mediante el *Test de Asociación* ( $X$ ). Para ello se utilizaron los coeficientes de correlación con los valores de  $v$  y las coordenadas de cada celda para las dos entidades a analizar.

Aquellos puntos de muestreo donde los índices  $v$  de ambas mostraron una mancha o un claro contribuyeron de manera importante y positiva a la correlación (asociación), mientras que donde una de las entidades mostró una mancha y la otra un claro, la contribución fue negativa (disociación). Las unidades de muestreo donde los valores de  $v$  fueron cercanos a cero no contribuyeron de manera decisiva a la medida de asociación/disociación.

SADIE estima la significación de las correlaciones entre valores de  $v$  mediante un test de permutaciones. Para ello, y tal como se ha descrito anteriormente para  $D$ , se compara el valor obtenido con la distribución formada al permutar los datos entre las unidades de muestreo y recalcula dicho coeficiente un determinado número de veces (10.000 para este test). A partir de la distribución de los valores permutados el software calcula el intervalo de confianza y la significación del coeficiente de correlación para un valor de  $p < 0,05$  (Perry y Dixon, 2002). Por lo tanto, el valor de obtenido del *Test de Asociación* permite describir el grado global de asociación/disociación espacial de dos variables en los sitios de estudio.

SADIE permitió también hacer un análisis local de la asociación espacial entre dos variables objeto de estudio, estimando para ello la contribución de cada unidad de muestreo al coeficiente de correlación entre las dos variables (Perry y Dixon, 2002). Con ello se identificaron aquellas zonas concretas del espacio donde las asociaciones o disociaciones ocurrieron con mayor intensidad, estimando la importancia de cada punto de muestreo para el patrón de asociación/disociación global.

Para ilustrar los mapas de asociación/disociación local en cada punto de muestreo se utilizó el software Surfer (versión 9.9.785. Surface Mapping Sistem. Golden Software, Boulder, Colorado, USA), el cual sirve para graficar mapas contorneados uniendo las isolíneas del valor de asociación para cada punto de muestreo. Los círculos concéntricos de color azul representan asociación, los de color rojo disociación, y las zonas de color natural indican falta de asociación.

### **Influencia de la cobertura vegetal sobre la distribución de *A. fraterculus* y *C. capitata***

En base a los datos obtenidos de la cobertura del dosel para cada una de las celdas explicado en el Capítulo I, se analizó el índice agregación para la cobertura del dosel durante la estación húmeda y seca utilizando el software SADIE Shell como se lo explicó anteriormente. Con estos resultados más los datos de los índices de agregación de *A. fraterculus* y *C. capitata* se realizó análisis de asociación para cada una de las especies de moscas y la cobertura del dosel presente en cada estación.

## **Resultados**

### **Distribución espacial de *A. fraterculus*, *C. capitata* y las especies de frutales hospederas disponibles durante la estación húmeda y estación seca en los dos sitios de muestreo**

Ambas especies de moscas plagas mostraron distintos patrones de distribución, los cuales dependieron del tipo de ambiente y de la estación del año (Tabla 4.1 y 4.2).

**Tabla 4.1: Análisis de agrupamiento para el sitio de Bosque Secundario.**

modelo	estación	$I_a$	p-value	$v_j$	$p-(v_j)$	$v_i$	$p-(v_i)$	mín	prom	máx	figura
Hospederos		1,386	0,0208	-1,337	0,0300	1,305	0,0404	0	2	8	4.2
<i>A. fraterculus</i>	húmeda	1,004	0,4134	-1,006	0,4235	0,947	0,5924	0	1	5	4.3
<i>C. capitata</i>		1,498	0,0097	-1,515	0,0074	1,612	0,0018	0	2	26	4.4
Hospederos		1,862	0,0002	-1,881	0,0002	1,707	0,0007	0	0,7	3	4.6
<i>A. fraterculus</i>	seca	1,391	0,0183	-1,293	0,0456	1,280	0,0500	0	3	14	4.7
<i>C. capitata</i>		0,930	0,6318	-0,928	0,6476	0,923	0,6647	0	0	3	4.8

$I_a$ : índice de agregación; p-value: nivel de significancia;  $v_j$ : promedio de claros local;  $p-(v_j)$ : significancia de claros;  $v_i$ : promedio de manchas local;  $p-(v_i)$ : significancia de manchas; mín: abundancia mínima por celda; prom: promedio de abundancia por celda; máx: abundancia máxima por celda; figura: mapa representativo.

**Tabla 4.2: Análisis de agrupamiento para el sitio de Huertos Familiares.**

modelo	estación	$I_a$	p-value	$v_j$	$p-(v_j)$	$v_i$	$p-(v_i)$	mín	prom	máxi	figura
Hospederos		1,520	0,006	-1,495	0,0074	1,465	0,0090	0	1,1	7	4.10
<i>A. fraterculus</i>	húmeda	1,330	0,0370	-1,246	0,0692	1,248	0,0657	0	59	569	4.11
<i>C. capitata</i>		2,863	0,0002	-2,639	0,0000	2,774	0,0000	0	23	158	4.12
Hospederos		1,417	0,0183	-1,421	0,0166	1,414	0,0189	0	0,2	3	4.14
<i>A. fraterculus</i>	seca	1,896	0,0002	-1,724	0,0010	1,797	0,0003	0	10	183	4.15
<i>C. capitata</i>		2,447	0,0002	-2,131	0,0000	2,255	0,0000	0	4	36	4.16

Referencias indicadas en la tabla 4.1

#### Bosque Secundario: Estación húmeda

En la figura 4.1 se pueden ver las distintas especies de árboles hospederas disponibles durante la estación húmeda para el Bosque Secundario, en donde los nogales se ubican principalmente en el sector norte del sitio de estudio y las naranjas hacia el sector oeste, el resto de las especies no presentaron un patrón claro.

Del análisis de agregación de las especies hospederas, se pudo determinar que estos frutales están levemente agregados, presentando zonas de manchas hacia la sector noroeste del mapa y también un par de zonas de claros (Fig. 4.2).

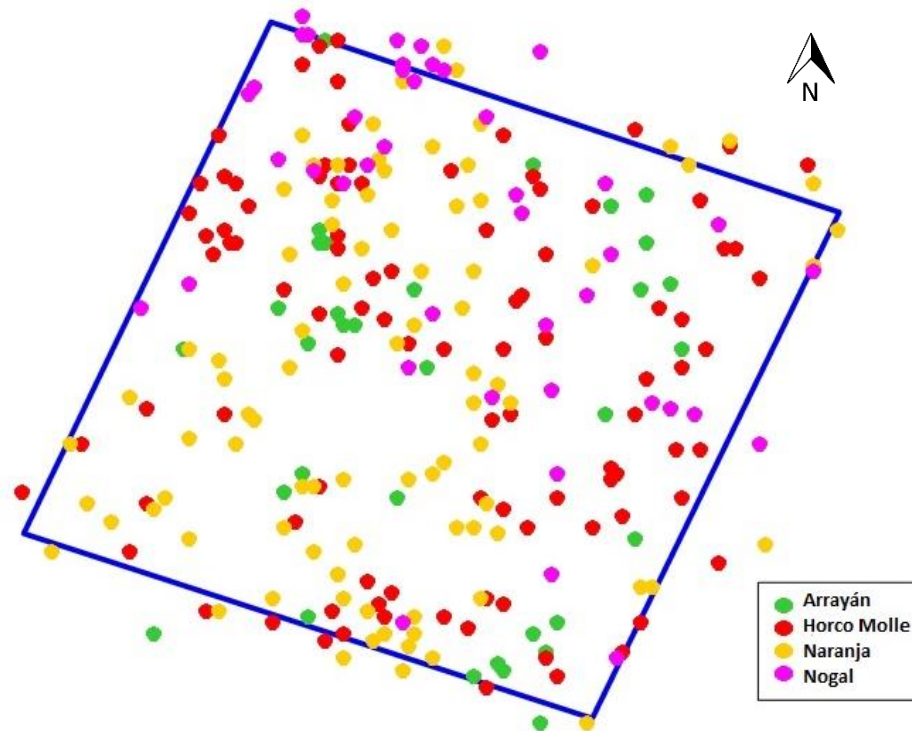


Figura 4.1: Distribución espacial de los árboles hospederos que fructifican durante la estación húmeda en Bosque Secundario. Los puntos de colores representan la ubicación de las diferentes especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

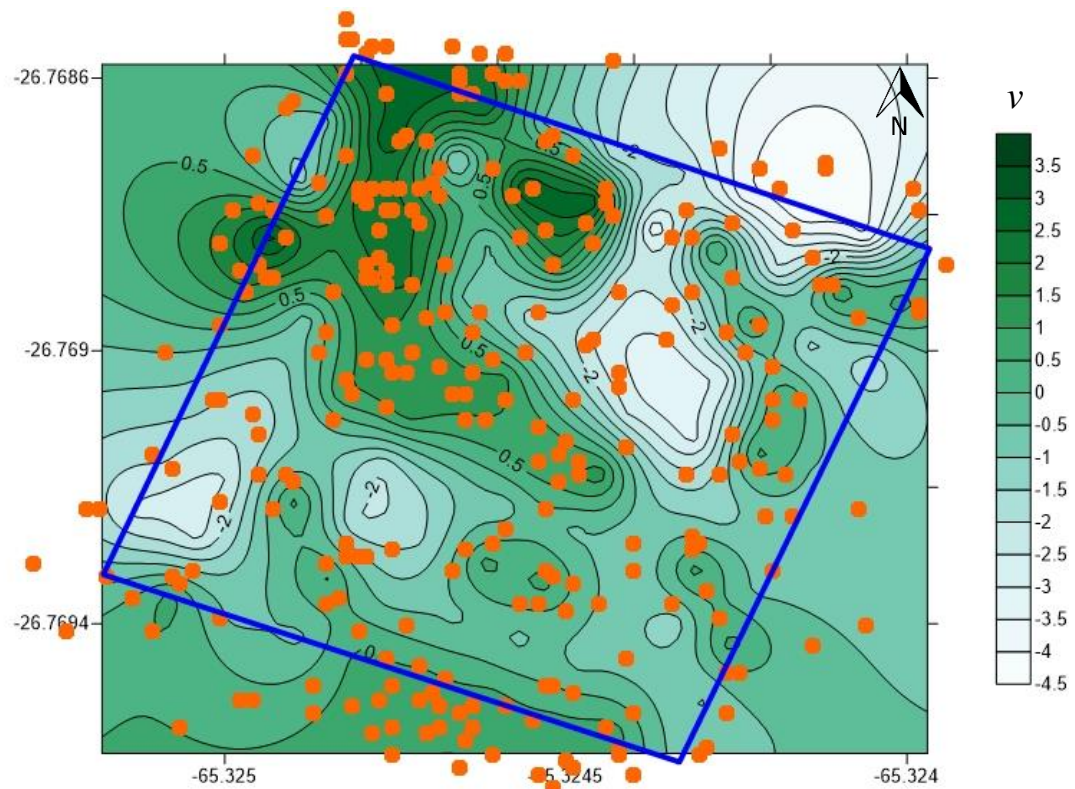


Figura 4.2: Mapa de agregación de las especies frutales hospederas disponibles durante la estación húmeda en Bosque Secundario. Distribución agregada:  $I_a=1,386$ ;  $p\text{-value}=0,0208$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

Según el análisis de agregación, *A. fraterculus* presentó un patrón de distribución aleatoria. Dentro del mapa se pueden observar dos grandes manchas de agregación local, una en el centro y otra más marcada hacia el noroeste, además se ven pequeñas manchas y claros en diversos sectores del mapa (Fig. 4.3).

*Ceratitis capitata* presentó un patrón de distribución agregado, en donde la mayor concentración de su abundancia se ubicó hacia el norte del mapa, observándose una región de claros en el centro-sur (Fig. 4.4).

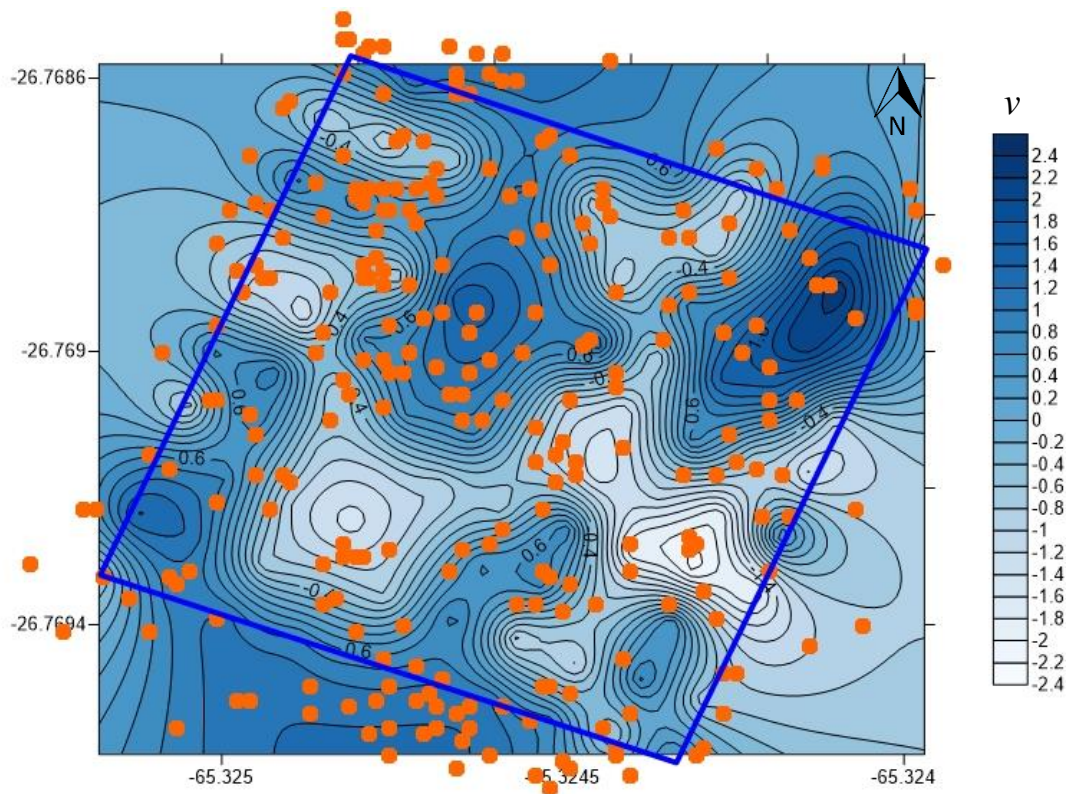


Figura 4.3: Mapa de agregación de *Anastrepha fraterculus* durante la estación húmeda en Bosque Secundario. Distribución aleatoria:  $\lambda=1,004$ ;  $p\text{-value}=0,4134$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.



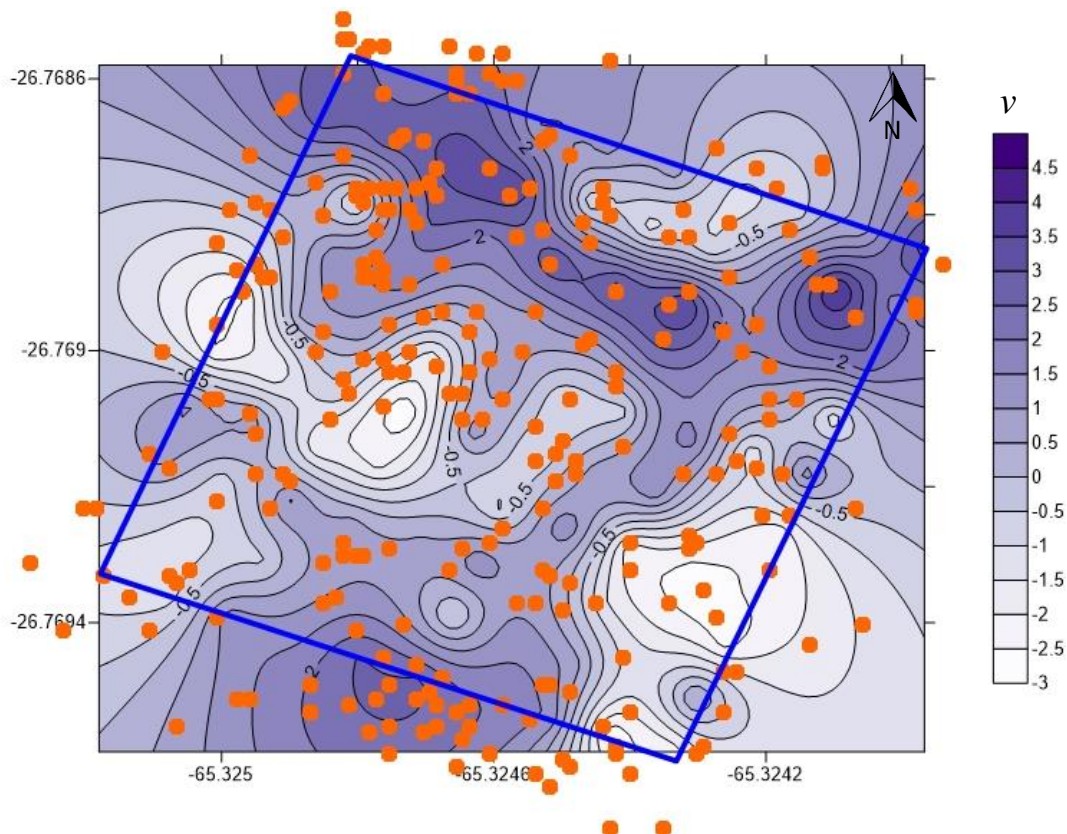


Figura 4.4: Mapa de agregación de *Ceratitis capitata* durante la estación húmeda en Bosque Secundario. Distribución agregada:  $I_a = 1,498$ ;  $p\text{-value} = 0,0097$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

### Bosque Secundario: Estación seca

Del análisis de agregación de las especies frutales hospederas disponibles durante la estación seca en Bosque Secundario, se pudo determinar que las naranjas presentaron un patrón de distribución agregada, registrándose sectores de manchas hacia el oeste y claros hacia el este del mapa (Fig. 4.5).

*Anastrepha fraterculus* presentó un patrón de distribución agregado, con una gran mancha de agregación en el sector noroeste, cabe destacar que las manchas de agregación de esta especie no coincidieron con los puntos de ubicación de los árboles hospederos disponibles (Fig. 4.6).

*Ceratitis capitata* presentó un patrón de distribución al azar, mostrando numerosas manchas y claros en distintos sectores del mapa (Fig. 4.7). Solo algunas manchas coinciden con la ubicación de los árboles hospederos.



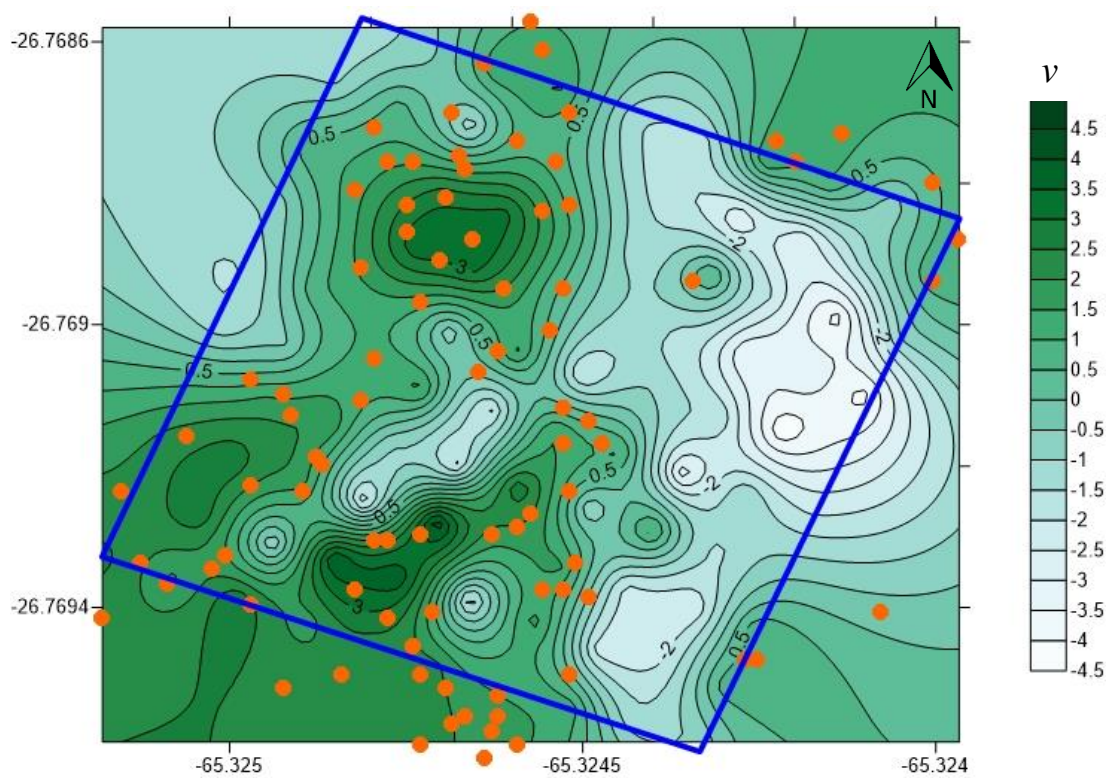
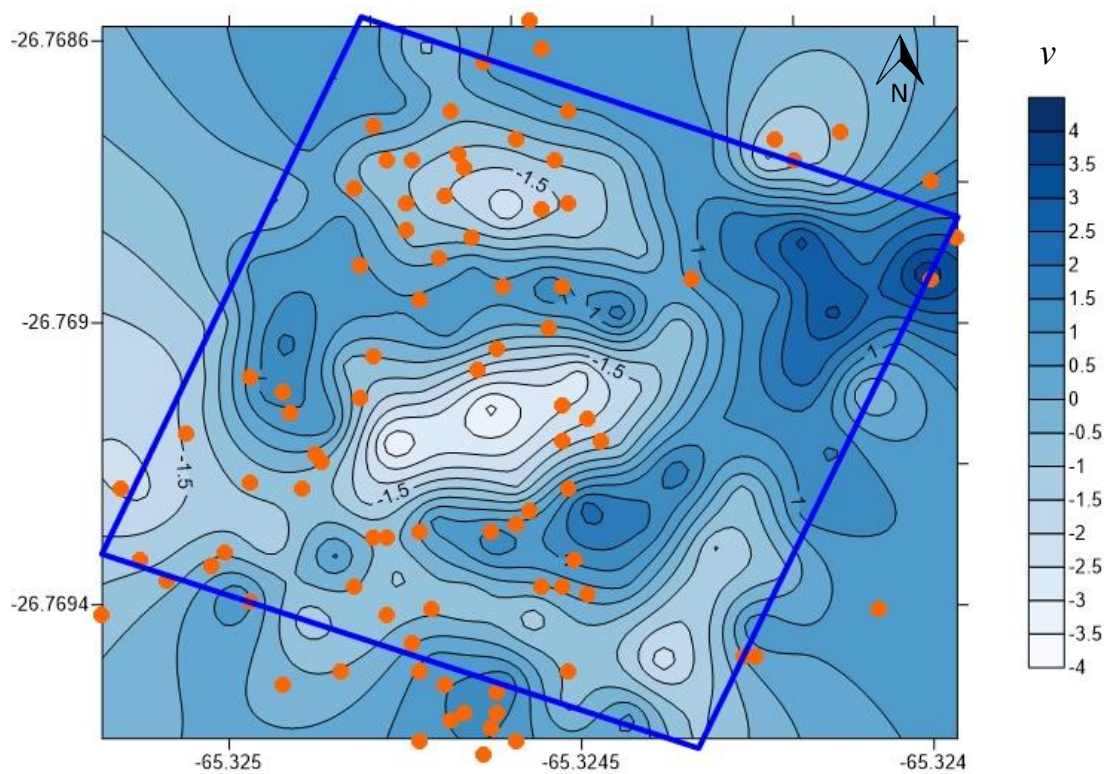
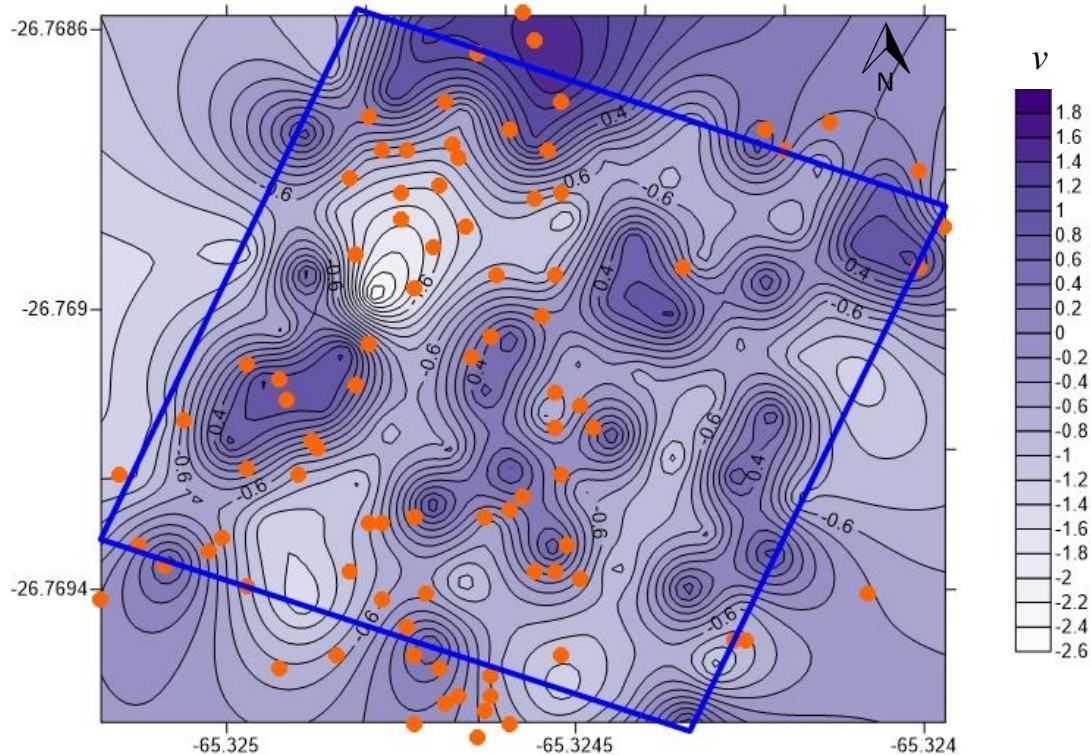


Figura 4.5: Mapa de agregación de las especies frutales hospederas disponibles durante la estación seca en Bosque Secundario. Distribución agregada:  $I_a = 1,862$ ;  $p\text{-value} = 0,0002$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de los árboles de naranja y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.



**Figura 4.6:** Mapa de agregación de *Anastrepha fraterculus* durante la estación seca en Bosque Secundario. Distribución agregada:  $I_a=1,391$ ;  $p\text{-value}=0,0183$ , Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.



**Figura 4.7:** Mapa de agregación de *Ceratitis capitata* durante la estación seca en Bosque Secundario. Distribución aleatoria:  $I_a=0,93$   $p\text{-value}=0,6318$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

### Huertos Familiares: Estación húmeda

En la figura 4.8 se puede observar que los guayabos se distribuyen principalmente hacia la región norte del mapa, a excepción de dos individuos en la región sur; los durazneros principalmente en la región sur; los cítricos en el centro y las restantes especies (las de menor abundancia) no presentaron ningún patrón de distribución claro en el mapa.

Del análisis de agregación de las especies frutales hospederas disponibles, se pudo determinar que estos frutales presentaron una distribución agregada mostrando zonas de manchas hacia la sector norte y sur, dejando zonas de claros en la mitad del mapa y en sector sureste (Fig. 4.9).



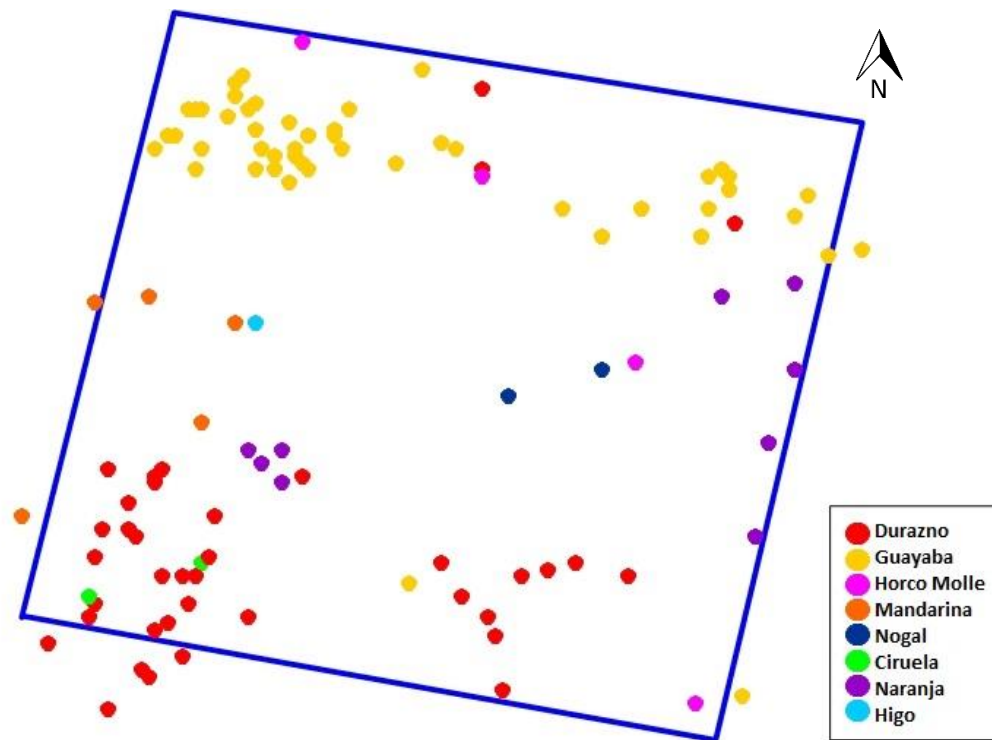


Figura 4.8: Distribución espacial de los árboles hospederos que fructifican durante la estación húmeda en Huertos Familiares. Los puntos de colores representan la ubicación de las diferentes especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

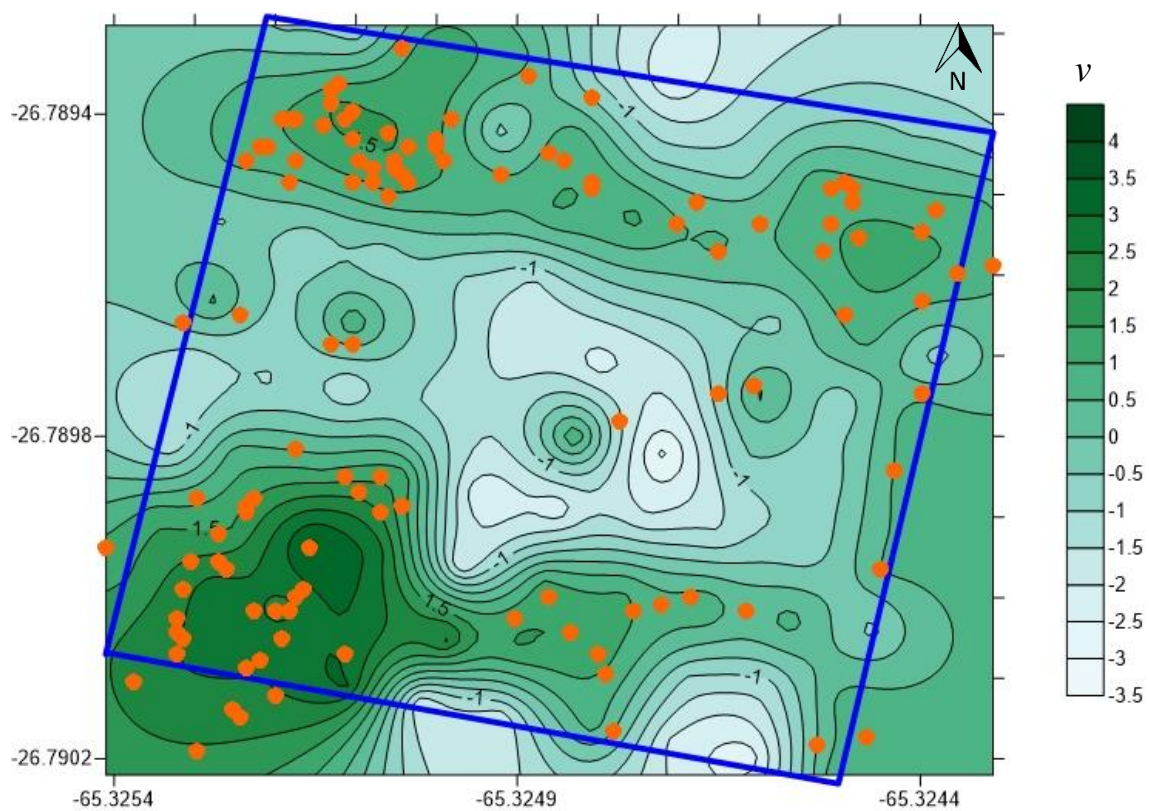
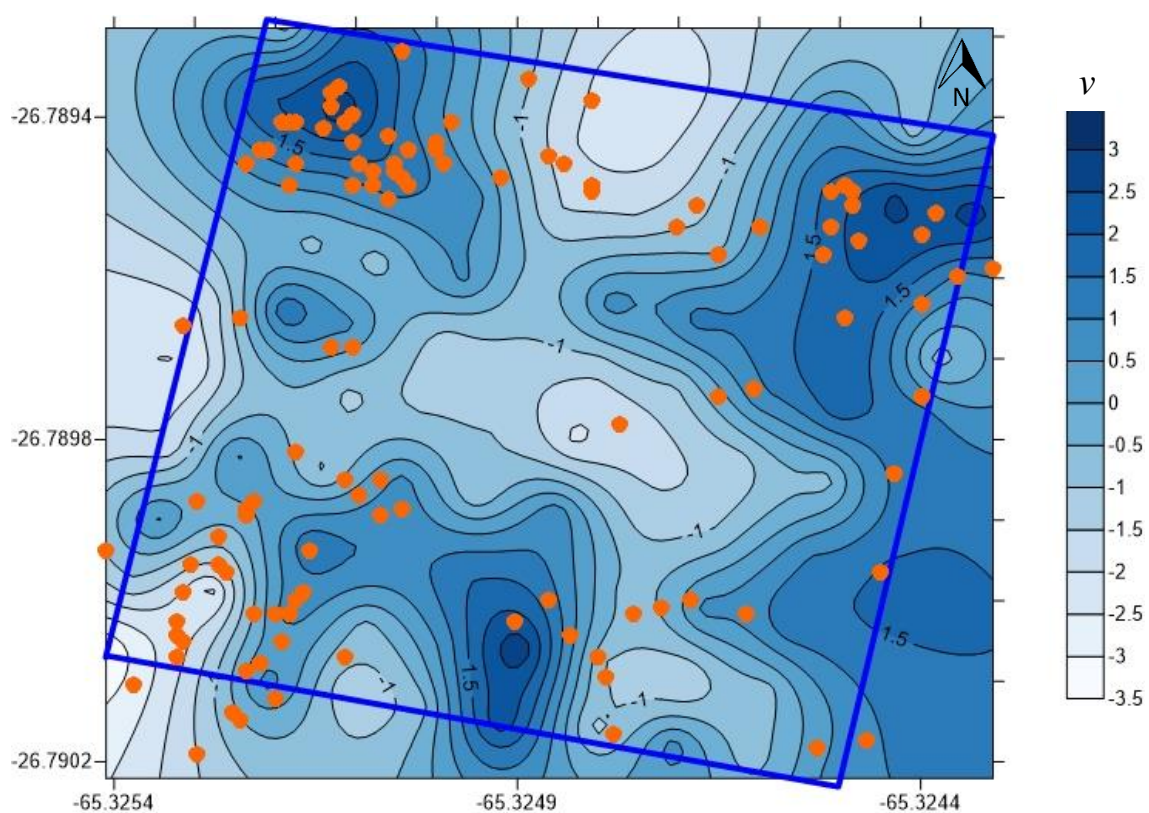


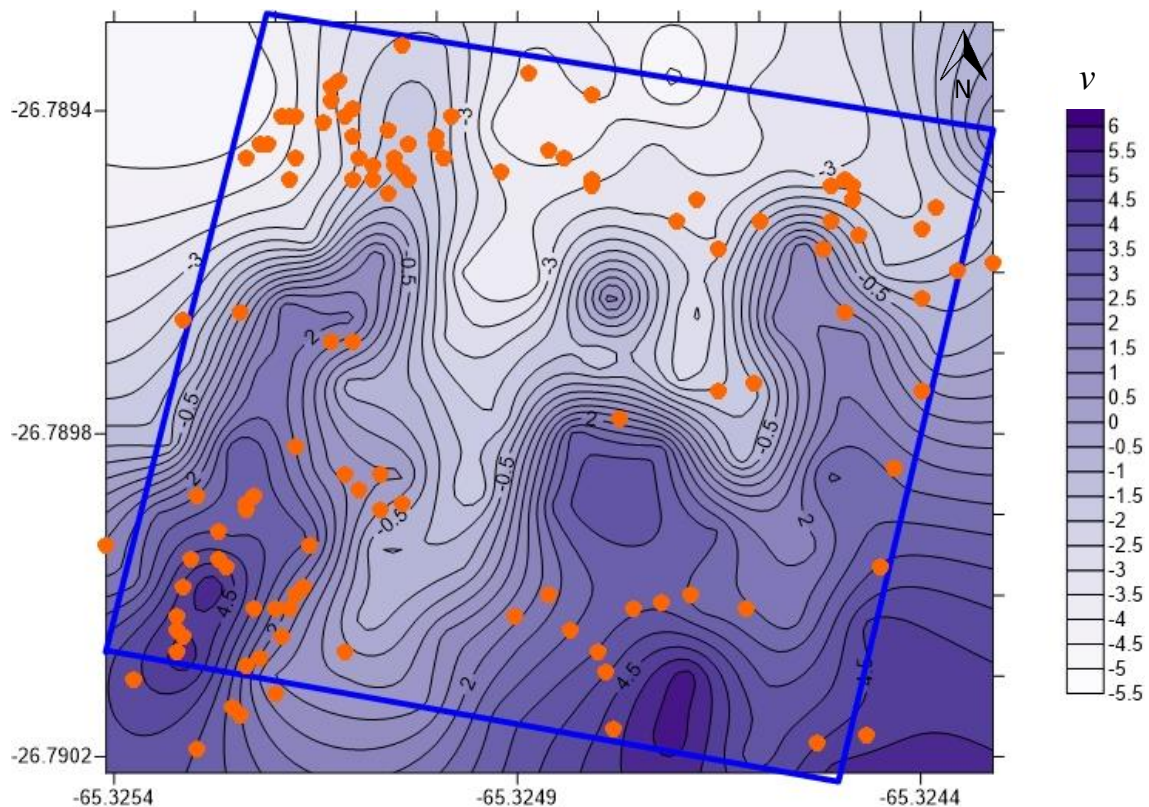
Figura 4.9: Mapa de agregación de las especies frutales hospederas disponibles durante la estación húmeda en Huertos Familiares. Distribución agregada:  $I_a=1,52$ ;  $p\text{-value}=0,006$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

*Anastrepha fraterculus* presentó un patrón de distribución agregada, observándose localmente tres grandes manchas de agregación, dos hacia el norte y una en el sur. Estas tres manchas coincidirían en su mayoría con la ubicación de los árboles hospederos, principalmente con las de guayaba (Fig. 4.10).

*Ceratitis capitata* presentó un patrón de distribución altamente agregado, en donde los valores de abundancia fueron aumentando desde la región central hacia el sur del mapa, lugar en donde se ubicaron durazneros y cítricos principalmente (Fig. 4.11).



**Figura 4.10:** Mapa de agregación de *Anastrepha fraterculus* durante la estación húmeda en Huertos Familiares. Distribución agregada:  $I_a = 1,33$ ;  $p\text{-value} = 0,037$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.



**Figura 4.11:** Mapa de agregación de *Ceratitits Capitata* durante la estación húmeda en Huertos Familiares. Distribución fuertemente agregada:  $I_a=2,863$ ;  $p\text{-value}=0,0002$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

### Huertos Familiares: Estación seca

En el mapa de ubicación de las especies de árboles hospederas disponibles durante la estación seca en los Huertos Familiares (Fig. 4.12), se puede observar una escasa abundancia de frutales disponibles, los cuales se ubicaron en pequeños grupos en el sector centro-sur del mapa y en el sector del este.

Del análisis de agregación de las especies frutales hospederas disponibles, se pudo determinar que estos árboles presentan una distribución agregada, mostrando zonas de manchas hacia la sector centro-sur y hacia el sector este del mapa y dejando grandes zonas de claros en los otros sectores (Fig. 4.13).



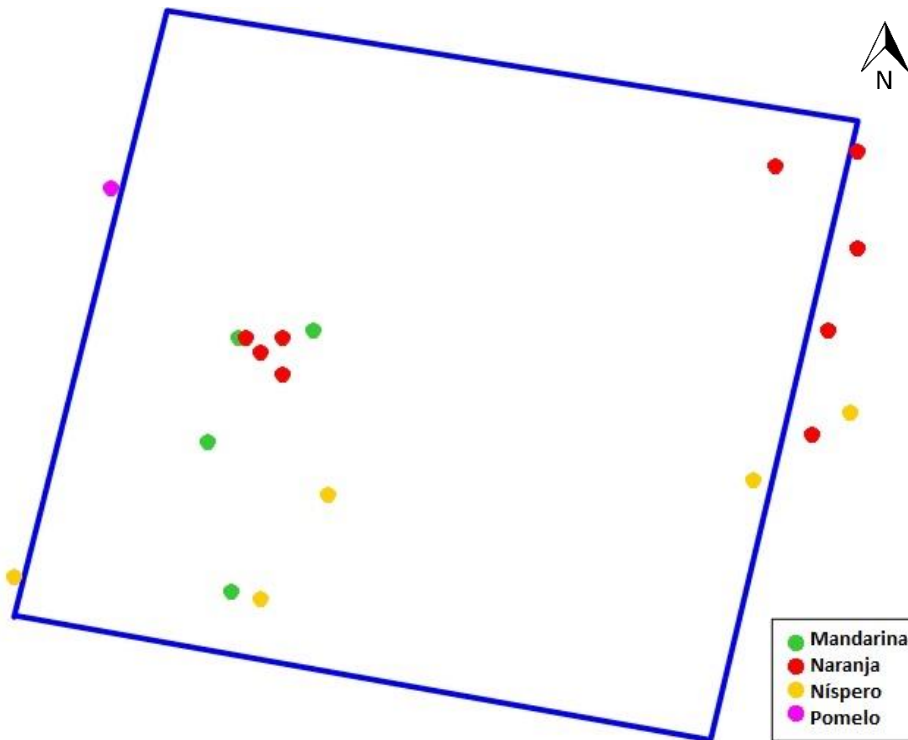


Figura 4.12: Distribución espacial de los árboles hospederos que fructifican durante la estación seca en Huertos Familiares. Los puntos de colores representan la ubicación de las diferentes especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

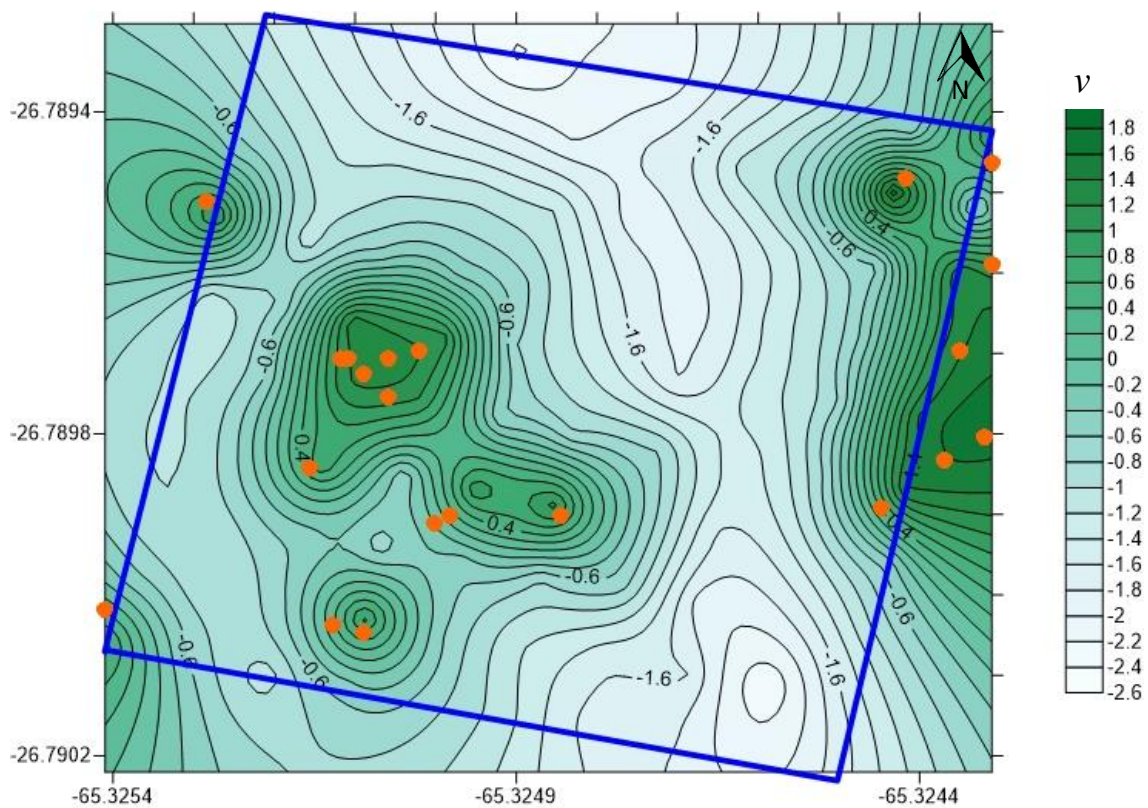
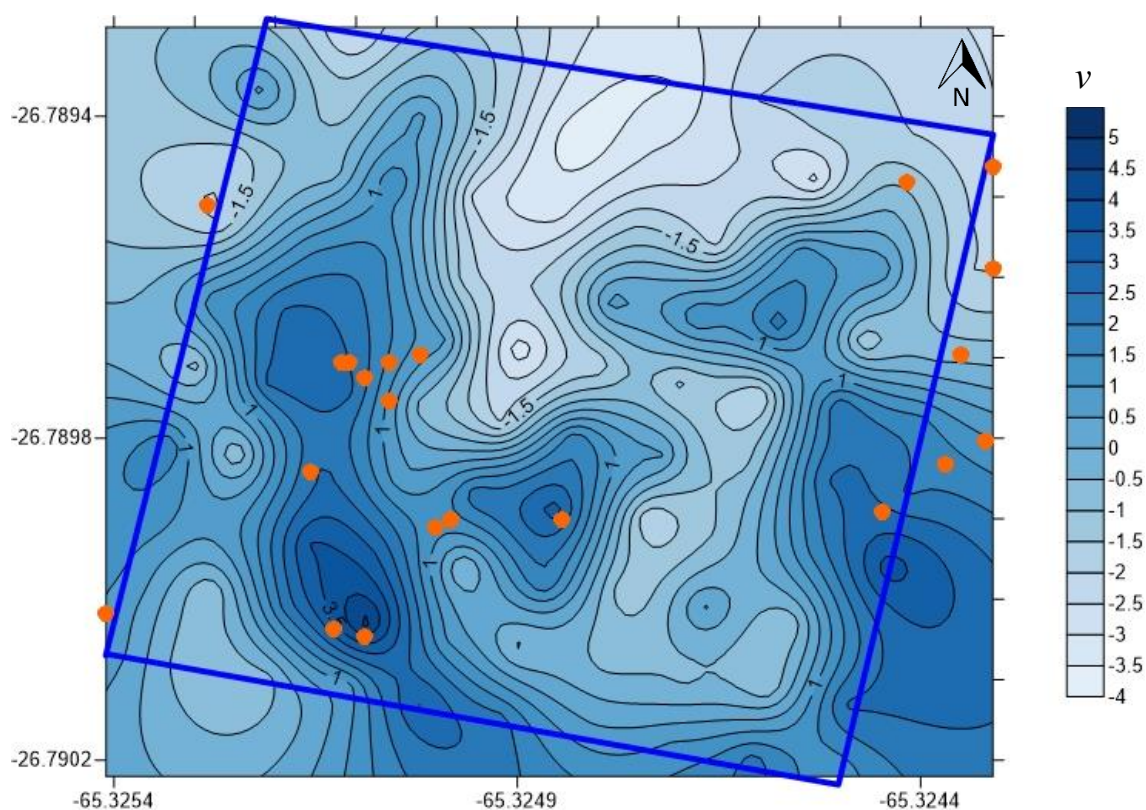


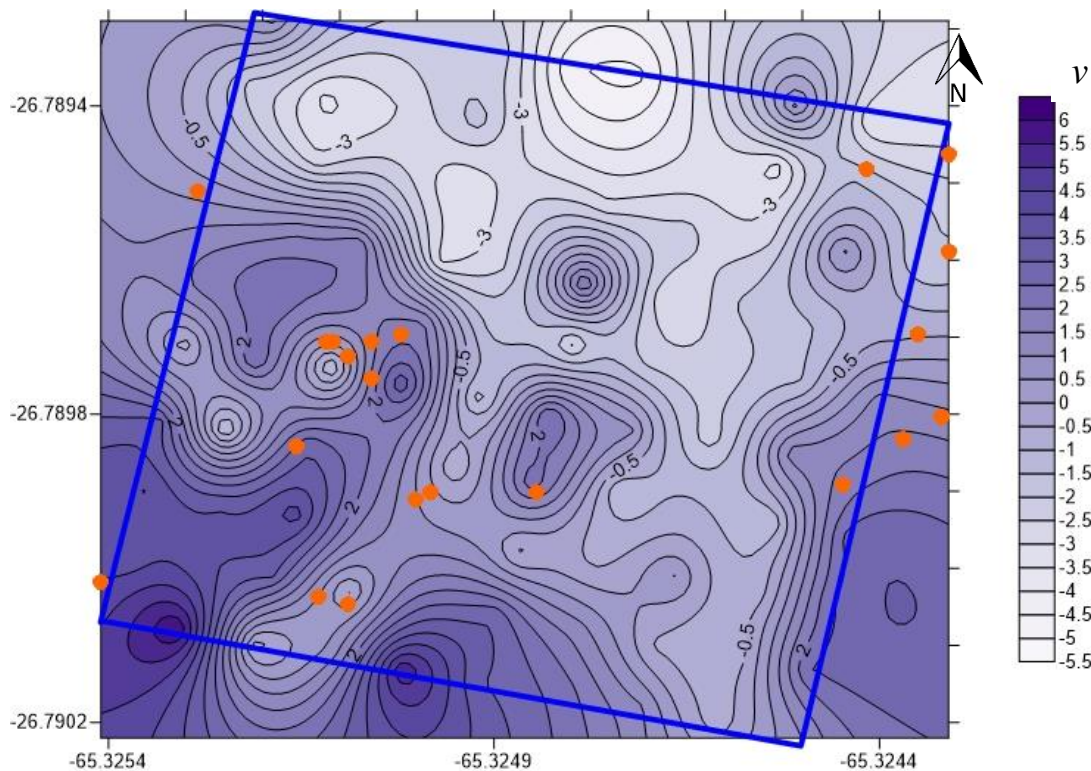
Figura 4.13: Mapa de agregación de las especies frutales hospederas disponibles durante la estación húmeda en Huertos Familiares. Distribución agregada:  $I_a = 1,417$ ;  $p\text{-value} = 0,0183$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

Durante la estación Seca de los Huertos Familiares, *A. fraterculus* presentó un patrón de distribución agregada. Localmente se puede observar cuatro pequeñas manchas de agregación, las cuales coinciden mayoritariamente con la ubicación de los árboles hospederos disponibles en esa estación. (Fig. 4.14).

*Ceratitis capitata* presentó un patrón de distribución muy agregado, en donde la mayor concentración de abundancia se ubicó en la región sureste del mapa, región cercana a los árboles frutales disponibles en esa estación (Fig. 4.15).



**Figura 4.14:** Mapa de agregación de *Anastrepha fraterculus* durante la estación seca en Huertos Familiares. Distribución agregada:  $I_a=1,896$   $p\text{-value}=0,0002$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.



**Figura 4.15:** Mapa de agregación de *Ceratitis Capitata* durante la estación seca en Huertos Familiares. Distribución agregada:  $I_a=2,447$ ;  $p\text{-value}=0,0002$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

## **Asociación espacial de *A. fraterculus*, *C. capitata* y entre las especies de tefrítidos y los árboles hospederos disponibles**

### Bosque Secundario: Estación húmeda

El índice de asociación espacial reveló que *A. fraterculus* y *C. capitata* están levemente asociadas de manera positiva en el Bosque Secundario durante la estación húmeda, presentando dos manchas de asociación local, una en el noreste y otra en el sureste. La primera debida a una alta abundancias de ambas especies plagas y la segunda por coincidir su bajas o nulas abundancias (Fig. 4.16).

El índice de asociación entre *A. fraterculus* y los frutales hospederos disponibles develó que no hubo asociación a nivel general pero sí pequeñas manchas de asociación y disociación a lo largo de todo el mapa (Fig. 4.17).

No se observó ningún tipo de asociación a nivel general entre *C. capitata* y los frutales hospederos durante la estación húmeda en Bosque Secundario pero sí se pudo observar pequeños manchones de asociación positiva sobre todo en el sector noroeste del mapa (Fig. 4.18).



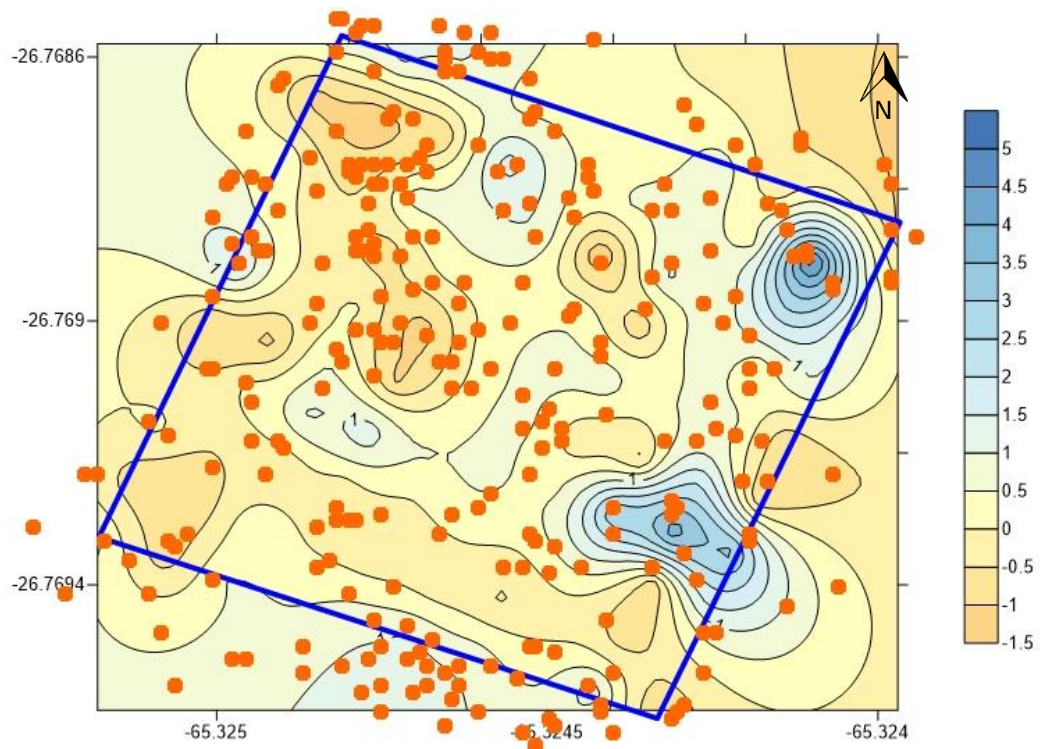


Figura 4.16: Mapa de asociación entre *A. fraterculus* y *C. capitata* durante la estación húmeda en Bosque Secundario. Asociación positiva:  $X= 0,3107$ ;  $p_x= 0,0074$  explicar. Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospedadoras y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

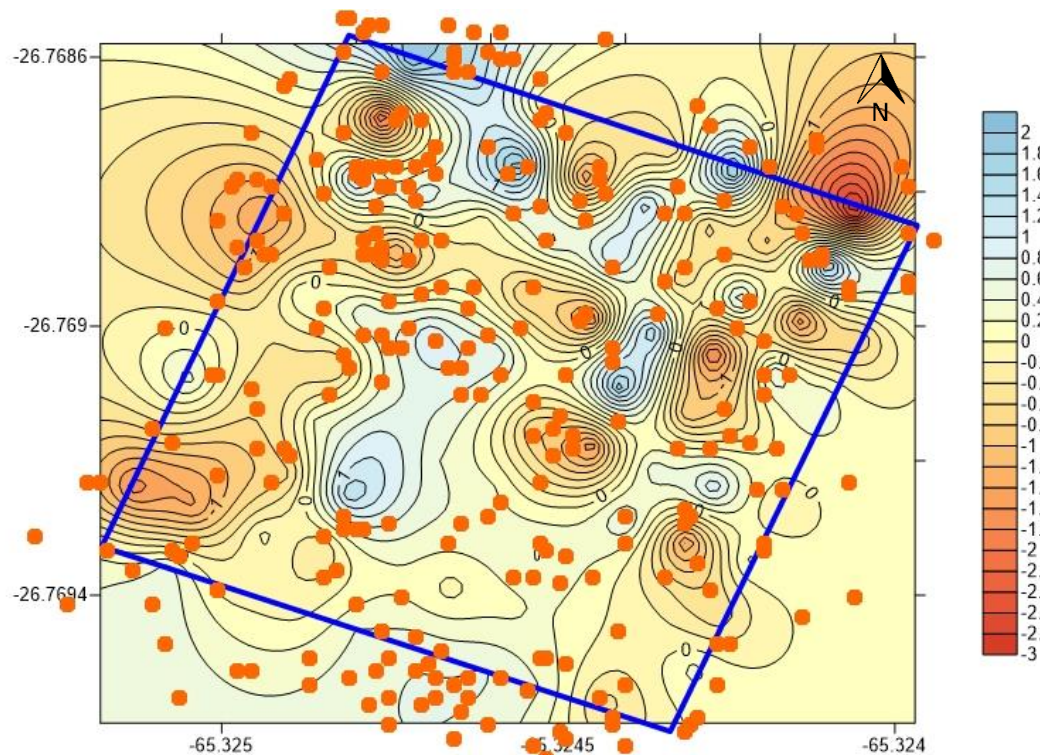


Figura 4.17: Mapa de asociación entre *A. fraterculus* y los hospederos frutales disponibles durante la estación húmeda en Bosque Secundario. Sin asociación:  $X= -0,0258$ ;  $p_x= 0,4007$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospedadoras y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

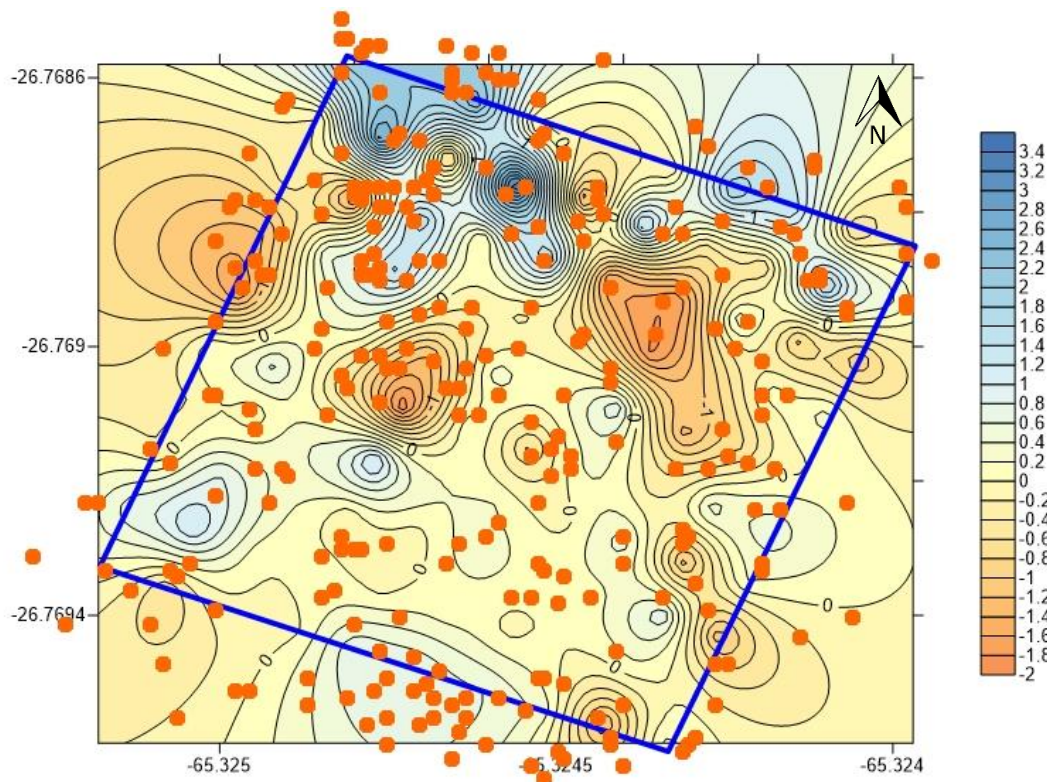


Figura 4.18: Mapa de asociación entre *C. capitata* y los hospederos frutales disponibles durante la estación húmeda en Bosque Secundario. Sin asociación:  $X=0,0999$ ;  $p_x= 0,2128$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

### Bosque Secundario: Estación seca

Durante la estación seca el índice no develó ningún tipo de asociación entre *A. fraterculus* y *C. capitata* en Bosque Secundario, pudiéndose observar una pequeña mancha de asociación positiva en el sector noreste del mapa en donde coincidieron altas abundancias de ambas especies (Fig. 4.19).

El índice de asociación entre *A. fraterculus* y los frutales hospederos disponibles durante la estación seca develaron que hubo una débil asociación negativa o disociación entre ellos, denotándose en el mapa una mancha de disociación en el sector noreste, en donde la abundancia de *A. fraterculus* es alta y la presencia de árboles frutales es casi nula (Fig. 4.20).

En el caso de *C. capitata* y su asociación con los árboles frutales, el índice no mostró asociación a nivel general, pero sí a nivel local. Se determinaron pequeñas manchas de asociaciones y disociaciones en sectores donde se ubicaron los árboles hospederos (Fig. 4.21).



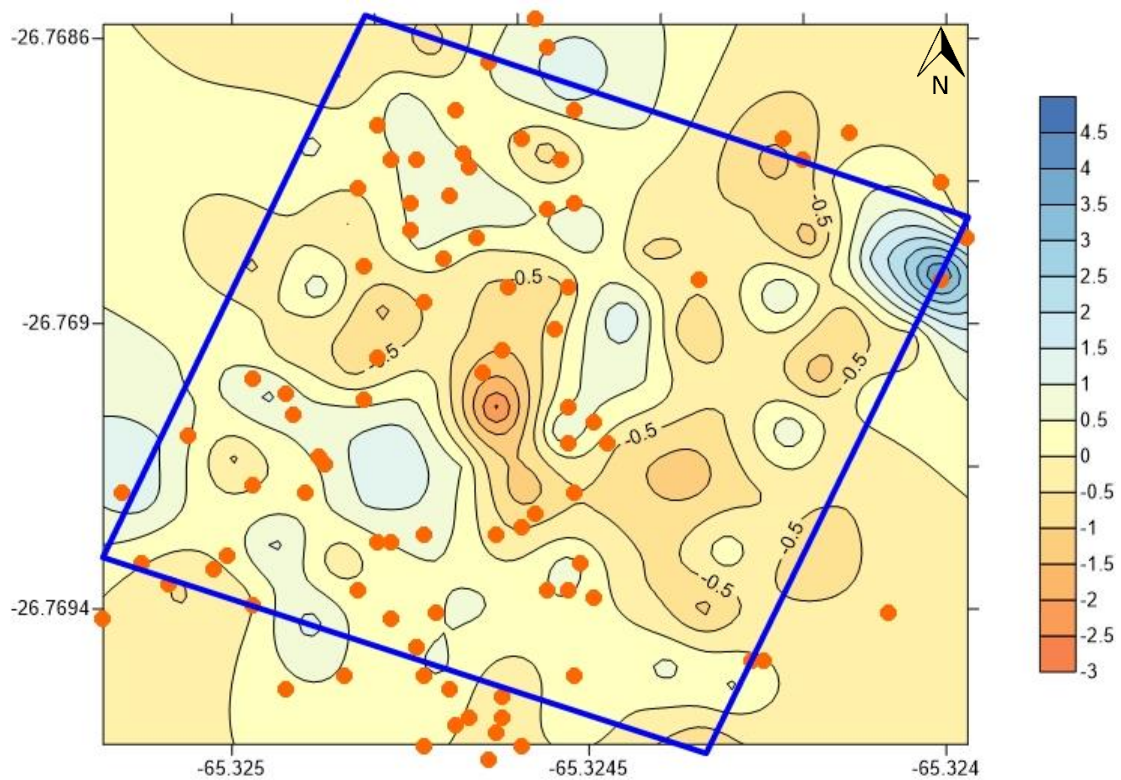


Figura 4.19: Mapa de asociación entre *A. fraterculus* y *C. capitata* durante la estación seca en Bosque Secundario. Sin asociación:  $X= 0,0696$ ;  $p_x= 0,2424$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

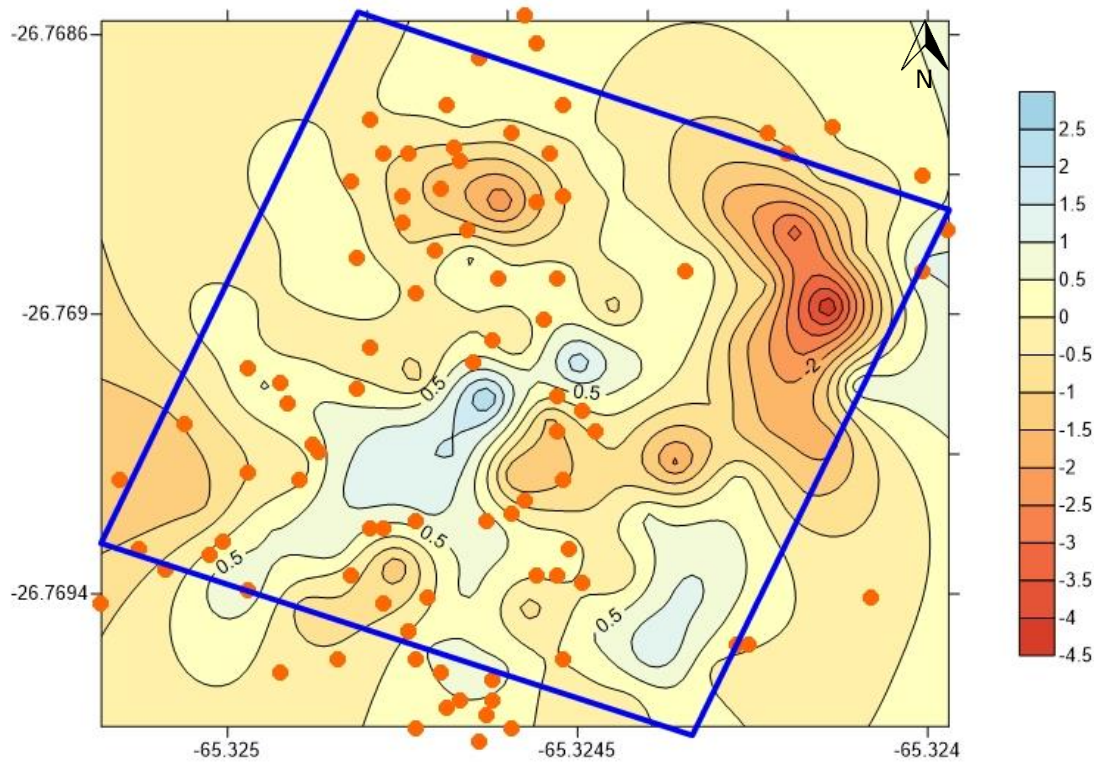


Figura 4.20: Mapa de asociación entre *A. fraterculus* y los hospederos frutales disponibles durante la estación seca en Bosque Secundario. Asociación negativa debil:  $X=-0,1897$ ;  $p_x= 0,0433$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

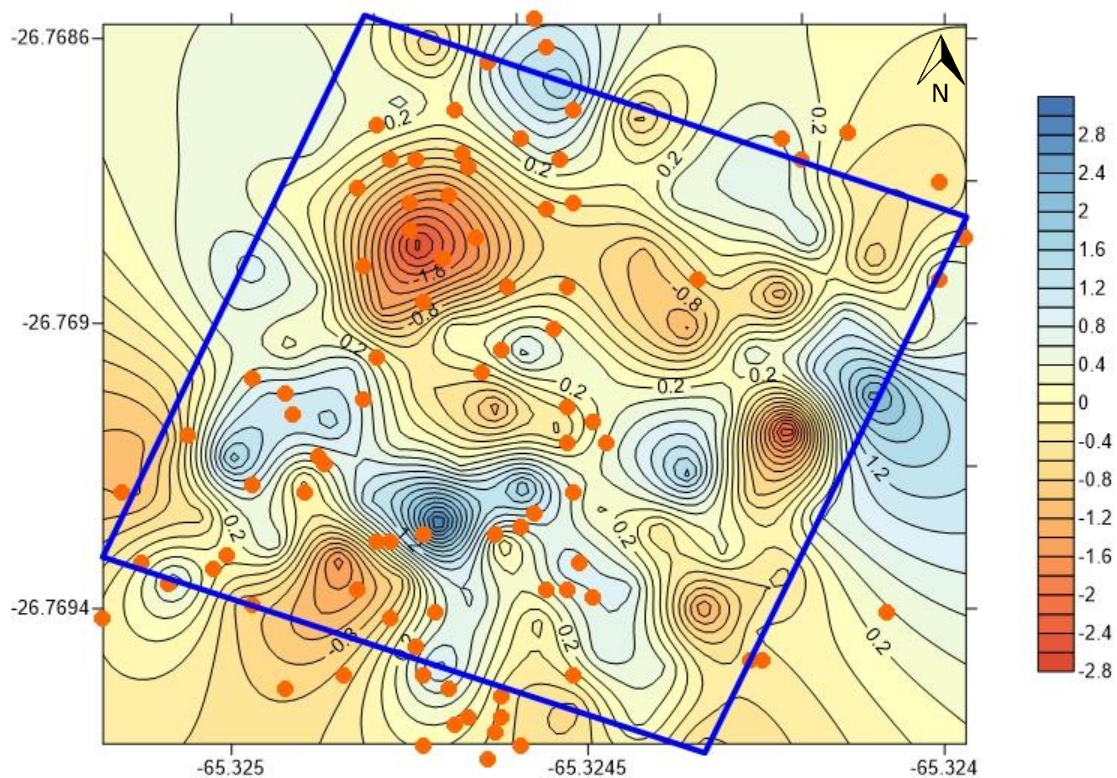


Figura 4.21: Mapa de asociación entre *C. capitata* y los hospederos frutales disponibles durante la estación seca en Bosque Secundario. Sin asociación:  $X=0,0647$ ;  $p_x=0,2702$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

### Huertos Familiares: Estación húmeda

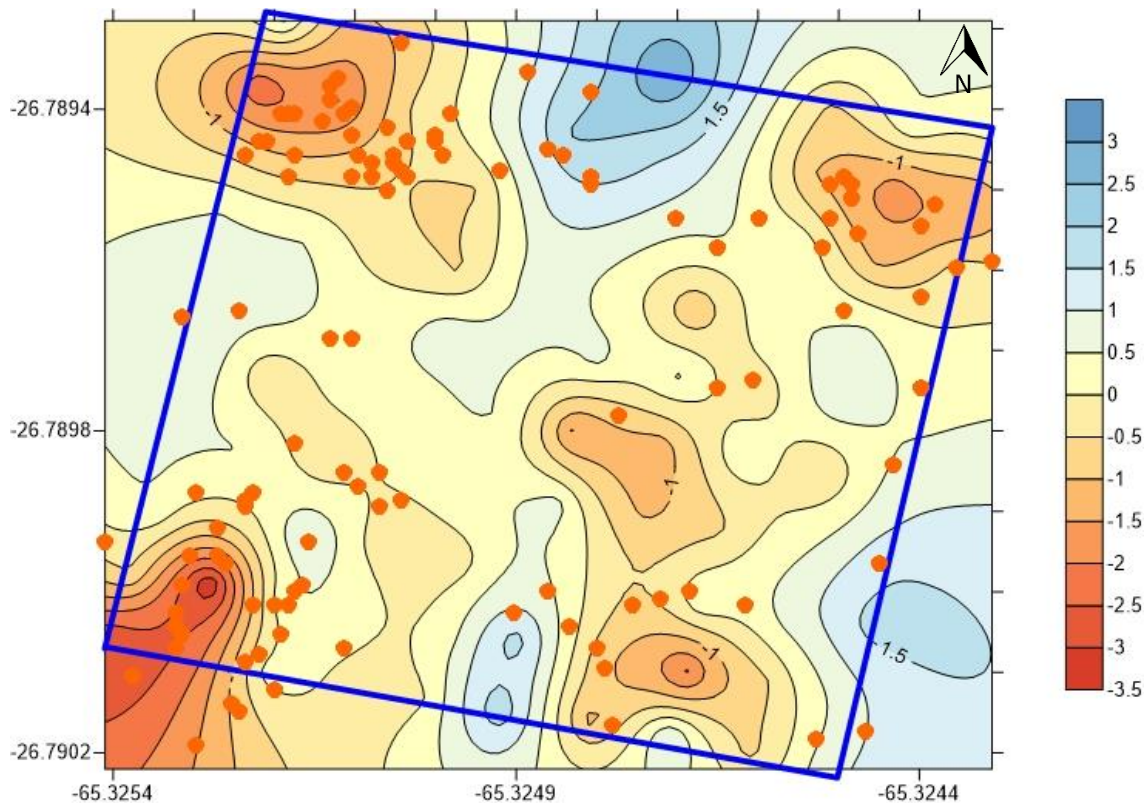
No se encontró una asociación a nivel general entre *A. fraterculus* y *C. capitata*, pero a nivel local se distinguieron varios sectores de asociación y disociación en el mapa (Fig. 4.22). Se pueden observar zonas de disociaciones principalmente en los sectores norte y sur del mapa, sectores donde se ubican la mayor cantidad de árboles hospederos. Se identificaron dos manchas de disociación en el sector norte del mapa, en donde la abundancia de *A. fraterculus* fue alta y la de *C. capitata* baja. También en el sector norte se detectó una zona de asociación positiva en donde ambas especies presentaron bajas abundancias. En el sector sur se observó lo contrario, pudiéndose observar dos manchas de disociación debido a la gran abundancia de *C. capitata* y baja de *A. fraterculus*. Entre estas dos manchas hubo una tercera de asociación positiva en donde la abundancia de ambas especies fue alta.

Con respecto a *A. fraterculus* y los frutales hospederos disponibles, el índice demostró que no hubo asociación entre estas dos entidades a nivel general durante la estación húmeda en los Huertos familiares. En el sector norte del mapa de la figura 4.23



se puede observar manchas de asociación positiva entre *A. fraterculus* y los parches de guayaba principalmente, mientras que en el sector suroeste se registró una mancha de disociación debido a la baja abundancia de *A. fraterculus* y a la gran cantidad de frutales hospederos, siendo estos duraznos y cítricos en su mayoría.

Con respecto al análisis entre *C. capitata* y los frutales hospederos, el índice arrojó una pequeña asociación positiva pero estadísticamente no significativa. En el mapa (Fig. 4.24) se puede observar en el sector suroeste una mancha de asociación en donde la abundancia de *C. capitata* y el número de hospederos fue alto y una mancha de disociación en el sector sureste en donde la abundancia de *C. capitata* fue alta con una disminución del número de árboles hospederos.



**Figura 4.22** Mapa de asociación entre *A. fraterculus* y *C. capitata* durante la estación húmeda en Huertos Familiares. Sin asociación:  $X=0,041$ ;  $p_x=0,3742$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

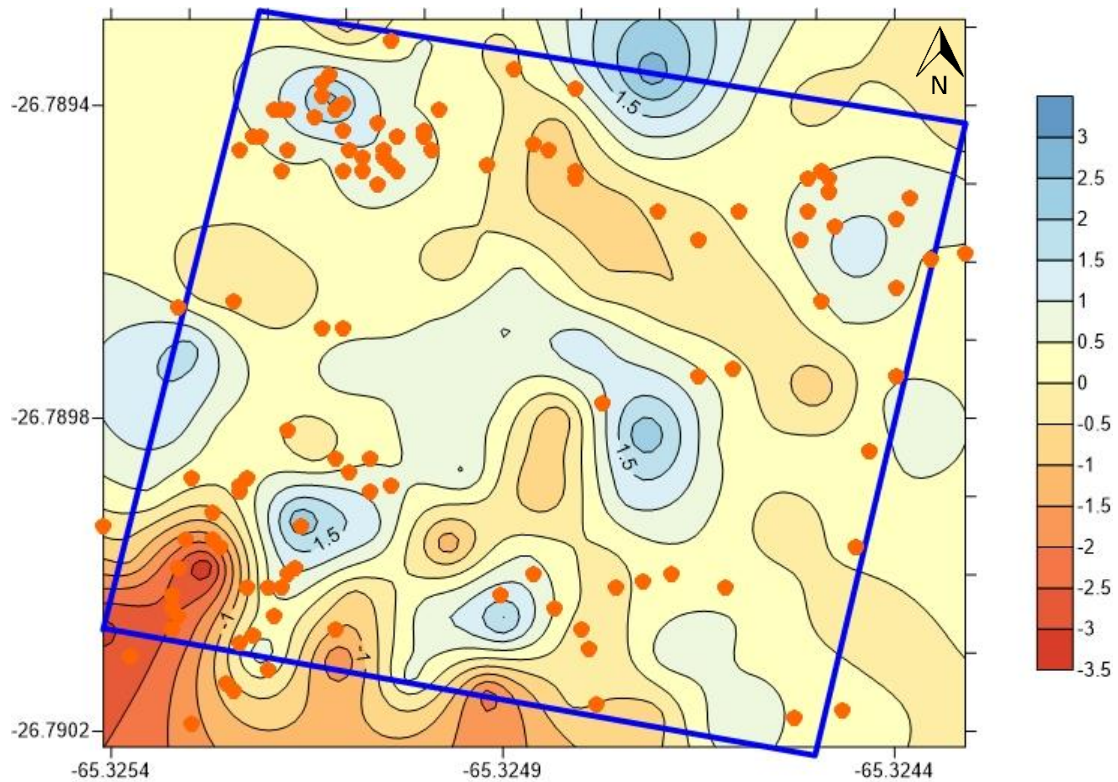


Figura 4.23: Mapa de asociación entre *A. fraterculus* y los hospederos frutales disponibles durante la estación húmeda en Huertos Familiares. Asociación levemente significativa:  $X=0,2105$ ;  $px=0,0686$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

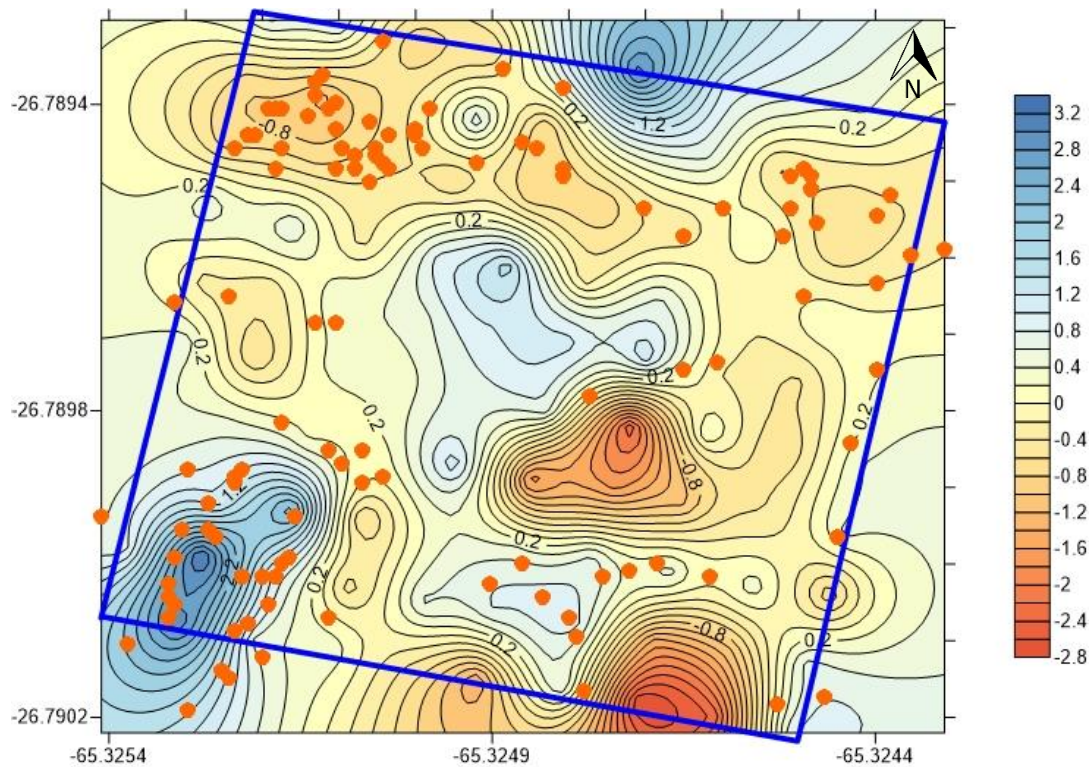


Figura 4.24: Mapa de asociación entre *C. capitata* y los hospederos frutales disponibles durante la estación húmeda en Huertos Familiares. Sin asociación:  $X= 0,1252$ ;  $px=0,1691$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

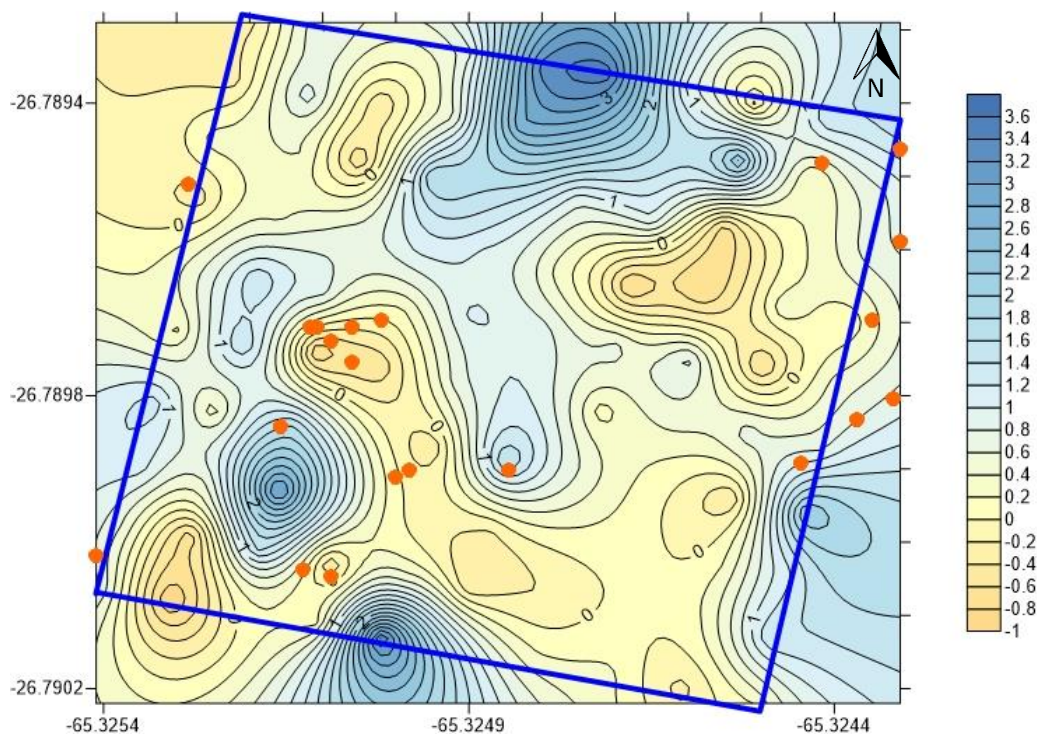


## Huertos Familiares: Estación seca

Durante esta estación, se observó una asociación positiva entre *A. fraterculus* y *C. capitata*, en el mapa (Fig. 4.25) se pueden observar varias manchas de asociación positiva en donde las abundancias de las dos especies coincidieron; varias de estas manchas de asociación se encontraron en lugares periféricos a las ubicaciones de los árboles hospederos.

El análisis de asociación entre *A. fraterculus* y los frutales hospederos arrojó un índice levemente positivo a nivel general, mientras que a nivel local (Fig. 4.26) se puede observar que varias de estas manchas de asociación positiva se encontraron en sectores en donde la abundancia de *A. fraterculus* fue elevada y donde se ubicaban los árboles hospederos con frutos disponibles para esa fechas. En el sector norte también se puede observar una macha de asociación positiva debido a la baja abundancia de esta mosca plaga y a la casi nula presencia de frutales hospederos.

Del análisis de asociación entre *C. capitata* y los árboles frutales disponibles, el índice arrojó una pequeña asociación positiva entre estos. A su vez se puede observar (Fig. 4.27) manchas de asociación en el medio del mapa, lugar donde la abundancia de *C. capitata* se solapó con la presencia de árboles hospederos.



**Figura 4.25:** Mapa de asociación entre *A. fraterculus* y *C. capitata* durante la estación seca en Huertos Familiares. Asociación positiva:  $X=0,6255$ ;  $p_x=0,0001$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

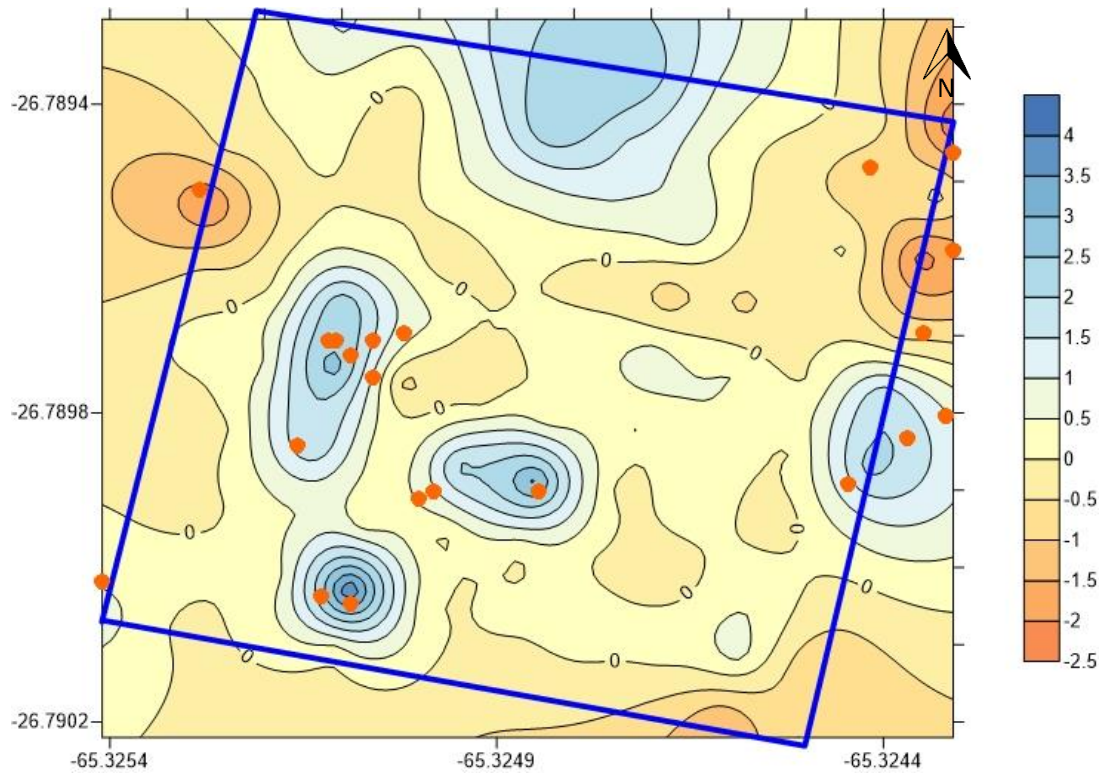


Figura 4.26: Mapa de asociación entre *A. fraterculus* y los hospederos frutales disponibles durante la estación seca en Huertos Familiares. Asociación positiva:  $X=0,2836$ ;  $p_x= 0,0281$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.

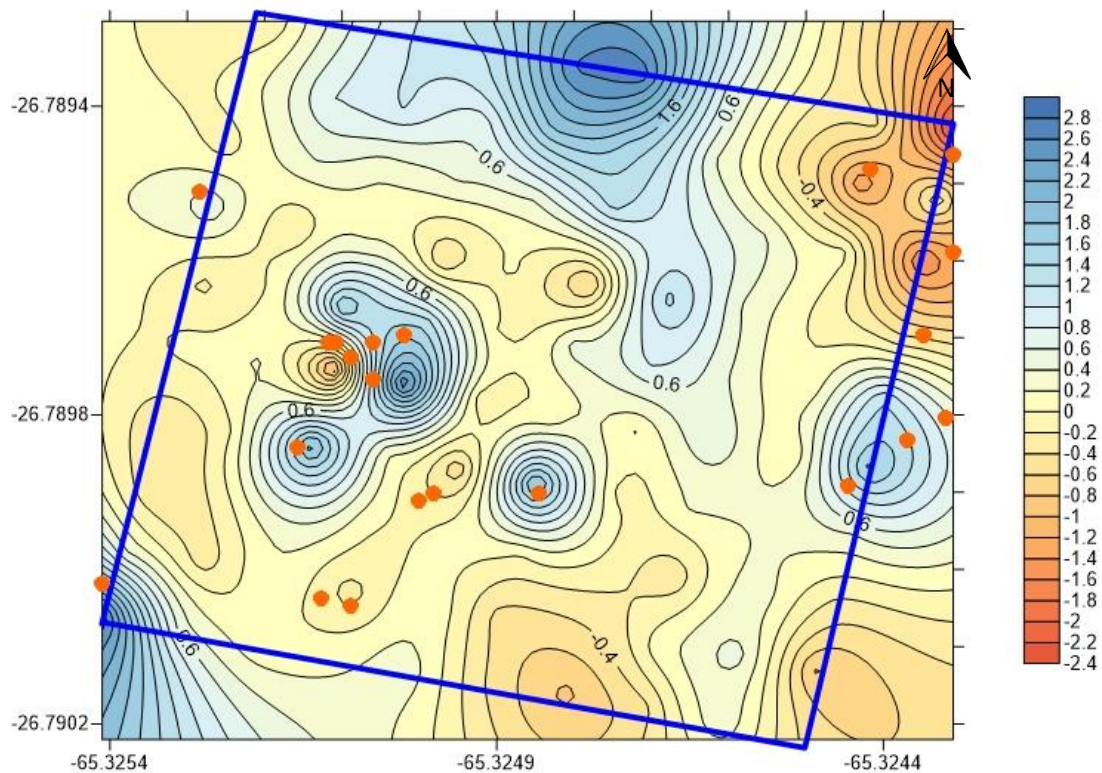


Figura 4.27: Mapa de asociación entre *C. capitata* y los hospederos frutales disponibles durante la estación seca en Huertos Familiares. Asociación positiva:  $X= 0,2800$ ;  $p_x= 0,0153$ . Los puntos de color naranja representan la ubicación de las especies frutales hospederas y el recuadro azul los límites del sitio de estudio.



## Influencia de la cobertura vegetal sobre la distribución de *A. fraterculus* y *C. capitata*

### Bosque Secundario

Los resultados del análisis de asociación entre las abundancias de las dos especies de moscas plagas y la cobertura del dosel para este ambiente se puede observar en la tabla 4.3. *Anastrepha fraterculus* mostró una leve asociación positiva con respecto a la cobertura vegetal tanto en la estación húmeda como en la seca. Por su lado, *C. capitata*, no mostró asociación con la cobertura, pero si se tiene en cuenta que para ambas estaciones el valor de  $px$  fue menor a 0,1 se podría afirmar que *C. capitata* mostró una asociación levemente significativa con la cobertura.

### Huertos Familiares

En este sitio, el análisis de asociación mostró que *A. fraterculus* no presentó ningún tipo de asociación significativa durante la estación húmeda pero sí una baja disociación en la estación seca, mientras que *C. capitata* mostro una disociación con la cobertura vegetal tanto para la estación húmeda como para la estación seca (Tabla 4.4).

**Tabla 4.3: Asociación espacial entre las especies de moscas plaga y la cobertura vegetal para el sitio de Bosque Secundario**

	Cobertura de estación Húmeda		Cobertura de estación Seca	
Asociación con	<i>A. fraterculus</i>	<i>C. capitata</i>	<i>A. fraterculus</i>	<i>C. capitata</i>
$X$	0,2856	0,1809	0,2954	0,2900
$px$	0,0287	<0,1000	0,0049	<0,1000

$X$ : índice de agregación;  $px$ : nivel de significancia

**Tabla 4.4: Asociación espacial entre las especies de moscas plaga y la cobertura vegetal para el sitio de Huertos Familiares**

	Cobertura de estación Húmeda		Cobertura de estación Seca	
Asociación con	<i>A. fraterculus</i>	<i>C. capitata</i>	<i>A. fraterculus</i>	<i>C. capitata</i>
$X$	0,1761	-0,5859	-0,2196	-0,4119
$px$	<0,1000	0,0001	0,0356	0,0003

$X$ : índice de agregación;  $px$ : nivel de significancia

## Discusión

### Distribución espacial de las moscas y su asociación con los hospederos y la cobertura del dosel

En este trabajo, al igual que en el de Jenkins et al. (2013), se observó que la distribución espacial de las moscas es diferente en sitios con distinto grado de alteración antrópica. Las diferencias en la estructura de los paisajes, entre las que se encuentra la cobertura del dosel, producen distintos nichos microclimáticos, siendo esta una de las principales fuentes de variabilidad que afectan de manera diferente a la distribución de estos tefrítidos en relación a las características ambientales (Virgilo et al., 2011).

En el Bosque Secundario, *A. fraterculus* presentó una distribución al azar durante la estación húmeda y ningún tipo de asociación con los árboles hospederos. Este patrón podría deberse a la distribución regular de las trampas en la grilla que estarían emitiendo de manera uniforme sus volátiles, generando así que ésta especie perciba un ambiente saturado de estos compuestos, que sería consistente con la distribución al azar detectada. Por otra parte, teniendo en cuenta la asociación positiva de *A. fraterculus* con la cobertura vegetal, que es alta y uniforme durante esta estación y sumado a la relación positiva con la humedad relativa (capítulo III), sería lógico pensar que a mayor cobertura del dosel generaría mayores valores de humedad relativa bajo su sombra haciendo que este tefrítido se distribuya al azar, ya que la humedad relativa se estaría distribuyendo de manera homogénea en toda la grilla. Situación que no sucede durante la estación seca, debido a que el porcentaje de cobertura disminuye, concentrando la humedad en determinadas celdas de la grilla donde hay mayor cobertura y donde esta especie plaga se agregaría. Esto estaría abalado por Hedström (1992), Thah (1997) y Cabrelli et al. (2006) quienes afirman que en sitios con alta cobertura vegetal se reduciría la radiación solar, aumentando la humedad relativa entre otros factores.

Por otra parte *C. capitata*, durante la estación húmeda en Bosque Secundario, mostró una distribución agregada en aquellos sitios con mayor densidad de hospederos. Este tipo de asociación sería la esperable para insectos que presentan una fuerte asociación con sus hospederos, principalmente con la naranja agria, especie identificada como hospedera de *C. capitata* en diversas regiones de la provincia de Tucumán (Ovruski et al., 2003a; Schliserman y Ovruski, 2014).

Durante la estación seca, *C. capitata* presentó un comportamiento opuesto al de *A. fraterculus*, mostrando una distribución al azar, esta patrón estaría explicado por la relación negativa que presentó con respecto a la humedad relativa.

En Huertos Familiares ambas especies mostraron una distribución agregada durante la estación húmeda, pero difirieron en sus ubicaciones. *Anastrepha fraterculus* mostró una asociación positiva en los sectores dónde se ubican los árboles de guayaba principalmente. Dicha asociación resulta lógica ya que esta especie hospedera (como fue explicado en el capítulo III) es la principal multiplicadora de éste tefrítico. Estos resultados estarían avalados por lo encontrado por autores como: Turica y Mallo (1961); Fernandez de Araoz y Nasca, (1984); Oroño (2011); Ovruski et al. (2003, 2005); Schliserman et al. (2016) quienes reportan los mayores niveles de infestación de *A. fraterculus* para guayaba. Otra posible explicación de esta distribución agregada, se encuentra en los trabajos de Vera et al. (2013) y Bachmann et al. (2015), quienes plantean que los volátiles emitidos de las guayabas incrementan el éxito copulatorio de los machos y la fecundidad de aquellas hembras que copulan con machos expuestos a guayaba. Por otra parte, esta especie no presentó ningún tipo de asociación con la cobertura durante la estación húmeda. Esto podría deberse, a que la mayoría de los hospederos de este ambiente, son especies que fueron plantadas por el hombre, en suelos desprovistos de cobertura vegetal en su mayoría.

Por su parte, *C. capitata* se distribuyó de manera agregada durante la estación húmeda, principalmente en los sectores dónde se ubican los árboles de durazno, principal especie multiplicadora. Coincidiendo con estos resultados, Sciarretta y Trematerra (2011) encontraron que en una finca de Italia con cultivos mixtos de durazno, pera y ciruela, los mayores valores de agregación y abundancia de *C. capitata* se producían en los sectores con cultivos de durazno, a su vez Schliserman (2001); Ovruski et al. (2003, 2004) y Segura et al. (2006), Schliserman et al. (2016) destacan a *P. persica* como el principal hospedero multiplicador de *C. capitata* en el noreste argentino.

Durante la estación seca ambas especies de moscas se distribuyeron de manera agregada, mostrando una asociación positiva en aquellos sectores dónde se ubicaban las especies de cítricos y el níspero; muy probablemente esto sucedió debido a que estos hospederos son los únicos presentes en esta época del año. Según Howse y Knapp

(1996) la relación de *C. capitata* con los cítricos es debida a ciertas kairomonas emitidas por estas plantas que resultan atractivas para este tefrído. Las sustancias que componen a estas kairomonas son similares a los componentes existentes en la feromona sexual del macho de *C. capitata*. Este hecho, lleva a los machos a formar leks en el follaje y así las hembras se orientarían hacia estos árboles.

### **Asociación espacial entre *A. fraterculus* y *C. capitata***

Si bien en este trabajo no se evaluó la competencia entre ambas especies de moscas, los índices de asociación y disociación empleados en los análisis podrían estar dando algún tipo de indicio sobre esto. Así, los valores de asociación positivos indicarían una baja o nula competencia y los valores negativos una alta competencia. En base a esto, la competencia entre *A. fraterculus* y *C. capitata* se estaría produciendo en Huertos Familiares durante la estación húmeda, que es cuando se registraron los menores valores de asociación. Estos valores bajos del índice se registraron en aquellas celdas con alta concentración de guayabos y durazneros, hospederos multiplicadores de *A. fraterculus* y *C. capitata* respectivamente, en donde una especie de mosca desplazaría a la otra. Este resultado estaría de acuerdo con los obtenidos por Duyck et al. (2004) los cuales proponen que uno de los factores que afectan la distribución y/o la competencia en especies de mosca de la fruta es la presencia de hospederos frutales. Durante la estación seca y en Bosque Secundario no se observaron elevados valores negativos de asociación, debido quizás a la baja abundancia de moscas, lo cual se podría deber a la falta de hospederos multiplicadores disponibles. Estos resultados estarían en consonancia con Trumble et al. (1983) y Nowierski y Gutiérrez (1986) los cuales encontraron que un aumento de las densidades de los insectos puede cambiar su distribución espacial.

## **Conclusiones**

La distribución espacial de *A. fraterculus* y *C. capitata* en los sitios de estudio estaría influenciada principalmente por factores tales como la distribución espacial y tipo de hospedero, estacionalidad (estación seca y húmeda), competencia interespecífica entre ambas especies de moscas y en menor medida por la cobertura del dosel. Todos estos factores mencionados son importantes ya que aportan información muy valiosa para: (1) implementar programas de manejo integrado; (2) generar hipótesis sobre la

distribución de estas especies de mosca plagas a una pequeña escala; y (3) entender su dinámica en diferentes escenarios y épocas del año.

# Conclusiones y Consideraciones Finales

Los análisis espacio-temporales realizados en esta tesis, permitieron conocer detalladamente la dinámica poblacional, abundancia, diversidad y distribución de las especies de moscas de la fruta de importancia económica (*C. capitata* y *A. fraterculus*) y de otras especies de importancia ecológica (*A. daciformis*, *A. punctata*, *A. rosilloi* y *A. schultzi*) en dos sitios con distinto grado de alteración antrópico pertenecientes a la ladera oriental de la Sierra de San Javier, provincia de Tucumán. Estas variables serían afectadas por las condiciones climáticas locales y por las características estructurales y florísticas del paisaje, en donde se incluye el grado de alteración antrópica, abundancia, diversidad y equitatividad de la vegetación, cobertura del dosel y abundancia y diversidad de plantas hospederas nativas y exóticas así como sus períodos de fructificación. Estos tipos de paisajes no comerciales que forman parte del hábitat de *C. capitata* y *A. fraterculus*, favorecerían la proliferación durante la época de máxima disponibilidad de frutales hospederos primarios de estas moscas, las cuales a su vez serían beneficiadas por el aumento de las temperaturas y las precipitaciones (entre octubre y abril), y la supervivencia de éstas plagas en el periodo de escasez de recursos en hospederos alternativos (entre mayo y septiembre). Esta situación permite a las dos especies de tefrítidos estar presentes en la región en densidades detectables a lo largo de todo el año.

Uno de los aspectos relevantes de este trabajo fue el poder responder preguntas relacionadas a las distribuciones espaciales de ambas especies, tema sobre el cual no se habían desarrollado estudios hasta el momento en la región. Esto fue posible gracias al sistema de trampeo empleado y a los análisis de estadística espacial, los cuales sirvieron para poder determinar los patrones de distribución de ambas especies de moscas en los diferentes escenarios durante la estación húmeda y seca. Al sumarle a estos análisis el geoposicionamiento de los árboles, se pudieron evaluar las asociaciones espaciales entre la abundancia de estas moscas con la ubicación y concentración de las distintas especies

hospederas, así también como la influencia de la cobertura del dosel y las interacciones interespecíficas de ambas especies plagas.

En sitios con menor alteración antrópica como el Bosque Secundario, en donde la abundancia y diversidad de plantas fue mayor, las probabilidades de encontrar una mosca serían similares en todo este ambiente. Por otro lado en sitios con mayor intervención antrópica, como los Huertos Familiares, la concentración de determinados frutales hospederos tales como los duraznos y las guayabas aumentarían las probabilidades de que las moscas se multipliquen y distribuyan de manera agregada sobre estas plantas.

Para poder reforzar este estudio desde el punto de vista temporal, sería necesario otras observaciones, como por ejemplo: (1) Recolección de fruto para verificar y evaluar los niveles de infestación en las distintas especies hospederas a lo largo del año tal como lo sugieren Norrbom y Kim (1988) y Aluja (1999); (2) Seguimiento de la fluctuación estacional (MTD y niveles de infestación) de ambas especies de moscas durante una mayor cantidad de años, para confirmar las tendencias encontradas y determinar la importancia de eventos estocásticos sobre este sistema; (3) corroborar la influencia de la temperatura, humedad y precipitación en estudios de laboratorio, para contribuir con este conocimiento para mejorar las crías de *A. fraterculus* y *C. capitata*, con la finalidad de producir insectos estériles y parasitoides para ejercer diferentes mecanismos de control de ambas especies plaga. Desde el punto de vista espacial sería necesario: (1) Replicar el estudio en otros sitios con características similares a las de Bosque Secundario y Huertos familiares para poder contrastar con mayor fortaleza las tendencias encontradas; (2) Discriminar entre hembras y machos de cada especie para determinar si hay diferencia en sus patrones de distribución; (3) Corroborar la relación entre los valores de asociación y disociación de *A. fraterculus* y *C. capitata* con los niveles de infestación de larvas de cada especie por fruta para medir competencia interespecífica.

Los estudios realizados durante esta tesis, permiten conocer la manera en que estas moscas plagas se distribuyen espacial y temporalmente en la región. Los resultados obtenidos permiten también identificar diferentes factores del ambiente los cuales influyen sobre dichos patrones espacio-temporales. Así, la respuesta de ambas especies a la estacionalidad, a las variables meteorológicas, la disponibilidad,

abundancia, calidad y ubicación de sus plantas hospederas, las competencias interespecíficas y cobertura del dosel, aportan valiosa información necesaria para desarrollar y gestionar programas que mejoren tanto las acciones de vigilancia fitosanitaria como las prácticas directas de control contra estas plagas.

## Bibliografía

- Abraham S., J. Cladera, L. Goane, & M.T. Vera. 2012.** Factors affecting *Anastrepha fraterculus* female receptivity modulation by accessory gland products. *Journal of insect physiology*, 58(1), 1-6.
- Aczél M. 1953.** La familia Tephritidae en la Región Neotropical. I. *Acta Zool. Lilloana* 13: 97-200.
- Addicot J.F., J.M. Aho, M.F. Antolin, D.K. Padilla, J.S. Richardson & D. A. Saluk. 1987.** Ecological neighbourhoods: scaling enviromental patterns. *Oikos* 49: 340-346.
- Alberti A.C., G. Calcagno, B.O. Saidman & J.C. Vilardi 1999.** Análisis of the genetic structure of a natural population of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 92: 731-736.
- Alberti A.C., M.S. Rodriguez, P. G. Cendra, B.O. Saidman & J.C. Vilardi. 2002.** Evidence indicating that Argentine populations of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) belong to a single biological species. *Annals of the Entomological Society of America*, 95(4), 505-512.
- Alberti A.C., V.A. Confalonieri, R.O. Zandomeni & J.C. Vilardi. 2008.** Phylogeographic studies on natural populations of the South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Genetica*, 132(1), 1-8.
- Altieri M.A. & C. Nicholls. 2004.** Biodiversity and pest management in agroecosystems. CRC Press.
- Aluja S.M. 1984.** Programa mosca del Mediterráneo. Manejo integrado de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae). SARH-DGSV. 241p.
- Aluja M. 1994.** Bionomics y management of *Anastrepha*. *Annual Review of Entomology* 39: 155-178.
- Aluja M. 1996.** Future trends in fruit fly management, 309-320 pp. In B.A. McPherson y G. J. Steck (eds.), *Fruit fly pests: A World Assessment of Their Biology y Management*. St. Lucie Press, DelRay Beach, Florida.
- Aluja M. 1999.** Fruit fly (Diptera: Tephritidae) research in Latin America: myths, realities y dreams. *Anais Soc. Entomol. Brasil* 28: 565-594.



- Aluja M. & A. Birke. 1993.** Habitat use by adults of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) in a mixed mango and tropical plum orchard. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 86 (6): 799-812.
- Aluja M. & A. Norrbom (Eds.). 1999.** Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior. Crc Press.
- Aluja M. & R.J. Prokopy. 1992.** Host search behavior of *Rhagoletis pomonella* flies: intertree movement patterns in response to wind-borne fruit volatiles under field conditions. *Physiol. Entomol.* 17:1-8
- Aluja M. & R.J. Prokopy. 1993.** Host odor and visual stimuli interaction during intratree host finding behavior of *Rhagoletis pomonella* flies. *J. Chem. Ecol.* 18:1299-311
- Aluja M. & P. Liedo (Eds.). 1993.** Fruit Flies - Biology and management. Library of Congress Cataloging-in-Publicatio Data. International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance (1990: Antigua, Guatemala). Springer-Verlag New York, Inc.
- Aluja M. & R.L. Manga. 2008.** Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: Critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annu. Rev. Entomol.*, 53, 473-502.
- Aluja M. & J. Rull. 2009.** Managing pestiferous fruit flies (Diptera: Tephritidae) through environmental manipulation. En: *Biorational Tree-Fruit Pest Management* (eds. M. Aluja et al.), pags. 171-213. CAB International.
- Aluja M., R.J. Prokopy, J. Buonaccorsi & R.T. Card'e. 1993.** Wind tunnel assays of olfactory responses of female *Rhagoletis pomonella* flies to apple volatiles: effect of wind speed and odour release rate. *Entomol. Exp. Appl.* 68:99-108
- Aluja M., M. López & J. Sivinski. 1998.** Ecological Evidence for Diapause in Four Native and One Exotic Species of Larval-Pupal Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Parasitoids Tropical Environments. *Annals of the Entomological Society of America*, 91(6), 821-833.
- Aluja M., J. Piñero, I. Jácome, F. Diaz-Fleischer, J. Sivinski. 2000.** Behavior of flies in the genus *Anastrepha* (Trypetinae: Toxotrypanini). In Aluja M., Norrbom A.L. (eds.), *Fruit flies (Tephritidae): Phylogeny y Evolution of Behavior*. CRC Press, Corporate Blvd., Boca Raton, pp 375-406
- Aluja M., D. Pérez-Staples, R. Macías-Ordóñez, J. Piñero, B. McPherson y V. Hernández-Ortiz. 2003a.** Nonhost status of *Citrus sinensis* cultivar Valencia y *C. paradisi* cultivar Ruby Red to Mexican *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 96: 1693-1703.

- Aluja M., J. Rull, J. Sivinski, A.L. Norrbom, R.A. Wharton, R. Macías-Ordóñez, F. Díaz-Fleischer & M. López. 2003b.** Fruit flies of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) y associated native parasitoids (Hymenoptera) in the tropical rainforest biosphere reserve of Montes Azules, Chiapas, México. *Environ. Entomol.* 32: 1377-1385.
- Aluja M., F. Díaz-Fleischer & J. Arredondo. 2004.** Nonhost status of commercial *Persea americana* ‘Hass’ to *Anastrepha ludens*, *Anastrepha obliqua*, *Anastrepha serpentina*, and *Anastrepha striata* (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *J. Econ. Entomol.* 97:293– 309
- Aluja M., L. Guillen, J. Rull, H. Höhn, J. Frey, H. Graf & J. Samietz. 2011.** Is the alpine divide becoming more permeable to biological invasions?—insights on the invasion and establishment of the walnut Husk fly, *Ragoletis completa* (Diptera: Tephritidae) in Switzerland. *Bull Entomol Res* 101:451–456.
- Aluja M., M. Ordano, L. Guillen & J. Rull. 2012.** Understanding long term fruit fly (Diptera: Tephritidae) population dynamics: implications for area-wide management. *J Econ Entomol* 105:823–836.
- Amat-García G. 1997.** Los Escarabajos-pasálidos de Colombia: composición, distribución de especies y un caso particular de biodiversidad regional. Tesis Biol. Mg. Sc., Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 159 pp.
- Aruani R., A. Ceresa, J.C. Granados, G. Taret, P. Peruzzotti & G. Ortiz. 1996.** Advances in the national fruit fly control y eradication program in Argentina, 521-530 pp. In B.A. McPherson y G.J. Steck. (eds.), *Fruit fly pests: a world assessment of their biology y management*. Delray Beach, Florida, St. Lucie Press.
- Augier L., G. Gastaminza, M.E. Villagrán, M.F. Villagrán, G. Zaia, E. Willink and B. Stein. 2007.** Fruit flies of economic importance in Tucumán Province. E. Willink, G. Gastaminza, B. Stein, and L. Augier (eds.). *Fruit flies and its quarantine relevance in the citriculture of Northwestern Argentina. Eleven years of research*, p. 143.
- Bachmann G. E., D.F. Segura, F. Devescovi, M.L. Juárez, M.J. Ruiz, M.T Vera & P.C Fernández. 2015.** Male sexual behavior and pheromone emission is enhanced by exposure to guava fruit volatiles in *Anastrepha fraterculus*. *PloS one*, 10(4), e0124250.
- Baev P.V. & L.D. Penev. 1995.** BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. *Pensoft, Sofia, Bulgaria*.
- Barros M.D., M. Novaes & A. Malavasi. 1983.** Estudos do comportamento de oviposição de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) em condições naturais e de laboratorio. *An. Soc. Entomol. Brasil* 12(2): 243-247.

- Bartolucci A.F. 2008.** Tephritidae; Biodiversidad de Artrópodos Argentinos, vol 2, 271-279 pp. En: Claps L, Debandi G, & S Roig-Juñent (Eds). Sociedad Entomológica Argentina ediciones Bs As., Argentina.
- Bateman M.A. 1972.** The ecology of fruit flies. *Ann Rev Entomol* 17:493–518
- Begon M., C.R.H. Townsend, L. John, R.T. Colin & L.H. John. 2006.** Ecology: from individuals to ecosystems (No. Sirsi) i9781405111171.
- Benfatto D., S. Longo & G. Siscaro. 1989.** Four year's comparative analysis on population dynamics trend of *Ceratitis capitata* (Wied.)(Diptera, Tephritidae) on citrus. In Proceedings, Symposium: Fruit Flies of Economic Importance (Vol. 87, pp. 35-40).
- Berlocher S.H. & J.L. Feder. 2002.** Sympatric speciation in phytophagous insects: moving beyond controversy? *Annual review of entomology*, 47(1), 773-815.
- Blanchard E.E. 1959.** El género “*Toxotrypana*” en la República Argentina. *Acta Zoologica Lilloana* (Argentina), 17: 33-44.
- Blanchard E.E. 1961.** Especies argentinas del género *Anastrepha* Schiner (sens. lat.) (Diptera, Trypetidae). *Revista de investigaciones Agrícolas XV* (2): 281-342.
- Blondel, J. 1987.** From biogeography to life history theory: a multithematic approach illustrated by the biogeography of vertebrates. *Journal of Biogeography*, 405-422.
- Bodenheimer F.S. 1951.** Citrus Entomology in the middle East. W. Junk, The Hague, Netherlands. 663 pp.
- Boiteau G., J.R. Bradley, J.W. Van Duyn and R.E. Stiner. 1979.** Bean leaf beetle: micro-spatial patterns and sequential sampling of field populations. *Environ. Entomology*. 8: 1139-1144.
- Borge M.N.R. & T. Basedow. 1997.** A survey on the occurrence and flight periods of fruit fly species (Diptera: Tephritidae) in a fruit growing area in southwest Nicaragua, 1994/95. *Bulletin of entomological research*, 87(04), 405-412.
- Borror D.J., C.A. Triplehorn & Johnson N.F. 1989.** An introduction to the study of insects. *Saunders, Philadelphia*.
- Brown A. D. 1995.** Las selvas de montaña del noroeste de Argentina: problemas ambientales e importancia de su conservación. Pags 9-18 en A. D. Brown y H. R. Grau (eds). *Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña*. LIEY-Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.
- Brown A.D. y L.R. Malizia. 2004.** Las selvas pedemontanas de las Yungas. *Cienc. Hoy*, 14(83), 53-63.

- Brown A.D., H.R. Grau, L.R. Malizia y A. Grau. 2001.** Argentina. En: Kappelle, M. y A. D. Brown (Eds.) Bosques nublados del neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica. 623-659 p.
- Brown A.D., S. Pacheco, T. Lomáscolo & L. Malizia .2005.** Ecorregión Yungas: Situación ambiental en los Bosques andinos Yungueños. Situacion ambiental argentina 2005, 53-72.
- Cabrelli D., Rebottaro S. & Effron, D. 2006.** Caracterización del dosel forestal y del microambiente lumínico en rodales con diferente manejo, utilizando fotografía hemisférica. *Quebracho (Santiago del Estero)*, (13), 17-25.
- Cabrera A.L. 1976.** Regiones fitogeográficas de la República Argentina, Enciclopedia de Agricultura, Jardinería y Floricultura 2: 1-85. Acme, Buenos Aires
- Canesin A. & M.A. Uchôa-Fernandes. 2007.** Análise faunística e flutuação populacional de moscas-das- frutas (Diptera, Tephritidae) em um fragmento de floresta semidecídua em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(1), 185-190.
- Caraballo J. 1981.** Las moscas de frutas del género *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Tephritidae) de Venezuela. Tesis Doctoral, Univ. Central de Venezuela, Maracay. 210 pp. (5).
- Caswell H. 1976.** Community structure: a neutral model analysis. *Ecological monographs*, 46(3), 327-354.
- Celedonio-Hurtado H., M. Aluja & P. Liedo. 1995.** Adult population fluctuation of *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) in tropical orchards habitats of Chiapas, Mexico. *Environmental Entomology*, 24: 861-869.
- Chen P., & H. Ye. 2007.** Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and analysis of factors influencing populations in Baoshanba, Yunnan, China. *Entomological science*, 10(2), 141-147.
- Chiesa Molinari O. 1942.** Entomología agrícola. Identificación y control de insectos y otros.
- Christenson L.D. & R.H. Foote. 1960.** Biology of fruit flies. *Annu. Rev. Entomol.* 5: 171-192.
- Cisneros F.H. 1995.** Aspectos Ecológicos (capítulo 13) en: Control de Plagas Agrícolas. Segunda edición. 320pp. Lima Perú.
- Cladera J.L., M.T. Vera, G. Calcagno, J.C. Vilardi, D.O. McInnis & Field Group. 2002.** Mating competitiveness in field cages of a new genetic sexing strain of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Argentina. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95 (1): 133-138.

- Copeland R.S., R.A. Wharton, Q. Luke & M. de Meyer. 2002.** Indigenous hosts of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Kenya. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 95 (6): 672-694.
- Cortese, P. 2016.** Inteligencia territorial para la vigilancia fitosanitaria. 9th Meeting of the Tephritid Workers of the Western Hemisphere. Buenos Aires, Argentina. p51
- Costa-Lima A. 1934.** Moscas de frutas do genero *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Trypetidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 28 (4): 487-575. (6).
- Costilla, M.A. 1967.** Importancia de la mosca del mediterraneo (*Ceratitis capitata* Wied.) en los citrus de Tucumán y su control. Boletín No. 105 de la Estación Experimental Agrícola de Tucumán, 12 pp.
- Cox, J.S.H. & M.J.B. Vreysen. 2005.** Use of geographic information systems and spatial analysis in area-wide integrated pest management programmes that integrate the sterile insect technique. In *Sterile Insect Technique* (pp. 453-477). Springer Netherlands.
- Cunningham R.T., S. Nakagawa, D.Y. Suda and T. Urago. 1978.** Tephritid fruit fly trapping: liquid food baits in high and low rainfall climates. *J. Econ. Entomol.* 71: 762-763.
- Currie D.J. 1991.** Energy and large-scale patterns of animal-and plant-species richness. *American Naturalist*, 27-49.
- Da Silva N.M., S. Silveira Neto & R.A. Zucchi. 1996.** The natural host plant of *Anastrepha* in the state of Amazonas, Brasil. 353-357pp. En: Jaldo, H.E., M.C. Gramajo y E. Willink. 2001. *Florida Entomologist* 84 (4).
- Da Silva Branco E. S., J. D. Vendramin y F. Denardi. 2000.** Resistência as Moscas-das-frutas em Fruteiras. En: Malavasi, A. y R.A. Zucchi [eds.], *Moscas-Das-Frutas de Importancia Economica no Brasil* 21: 161-167.
- De Meyer M., M.P. Robertson, A.T. Peterson & M.W. Mansell. 2008.** Ecological niches and potential geographical distributions of Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) and Natal fruit fly (*Ceratitis rosa*). *J Biogeo* 35:270–281.
- De Meyer M., M.P. Robertson, M.W. Mansell, S. Ekesi, K. Tsuruta, W. Mwaiko, J.F. Vayssières & A.T. Peterson. 2010.** Ecological niche and potential geographic distribution of the invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera, Tephritidae). *Bull Ent Res* 100:35–48.
- Del Pino A.A. 2000.** Efecto de factores abióticos y edáficos naturales en el ciclo biológico de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Tesis Doctoral, Universidad Politécnica, Valencia, España.

- Delprat M.A., E.C. Stolar, F.C. Manso & J.L. Cladera. 2002.** Genetic stability of sexing strains based on the locus *sw* of *Ceratitis capitata* (Wied.). *Genética (kluwer)* 116 (1): 85-95.
- Didham R.K., J.M. Tylianakis, N.J. Gemmell, T.A. Rand & R.M. Ewers. 2007.** Interactive effects of habitat modification and species invasion on native species decline. *Trends Ecol Evol* 22:489–496.
- Digilio A.P. & P.R. Legname. 1966.** *Los árboles indígenas de la provincia de Tucumán*. Universidad Nacional de Tucumán, Instituto Miguel Lillo.
- Dimitri M.J. 1978.** Zingiberáceas. *En Parodi LR, Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, 1(1), 275-278.
- Dimitri M.J., L.R. Parodi, D.G. Cameron, R.J. Clements, V.H. Heywood & C.R. Bell. 1980.** *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería* (No. 581.15). Royal Horticultural Society.
- Domato J. y H. Aramayo. 1947.** Contribución al estudio de las moscas de las frutas en Tucumán. *Bol. Est. Exp. Agr. Tuc.* 60: 1-27.
- Dormann C.F. McPherson, J.M. Araújo, M.B. Bivand, R. Bolliger, J. Carl, G. Davies, R.G. Hirzel A., W. Jetz, W.D. Kissling, I. Kühn, R. Ohlemüller, P.R. Peres-Neto, B. Reineking, B. Schröder, F.M. Schurr & R. Wilson. 2007.** Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography*, 30(5):609-628.
- Duyck P.F., S. Quilici. 2002.** Survival and development of different life stages of three *Ceratitis* sp. (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Bull Entomol Res* 92 (6), 461-469.
- Duyck P.F., P. David & S. Quilici. 2004.** A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecol Ent* 29:511–520
- Duyck P.F., P. David & S. Quilici. 2006.** Climatic niche partitioning following successive invasions by fruit flies in La Réunion. *Journal of Animal Ecology*, 75(2), 518-526.
- Duyck P.F., P. David, G. Junod, C. Brunel, R. Dupont & S. Quilici. 2006.** Importance of competition mechanism in successive invasions by polyphagous Tephritids in La Reunion. *Ecology* 87:1770–1780.
- Duyck P.F., P. David, S. Quilici. 2007.** Can more K-selected species be better invaders? A case study of fruit flies in La reunion. *Divers Distrib* 13:535–543.

- Eitam A., J. Sivinski, T. Holler and M. Aluja. 2004.** Biogeography of Braconid Parasitoids of the Caribbean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Florida. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 97(5):928 – 939.
- Elliott J.M. 1983.** Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. United Kingdom: Freshwater Biol. Assoc. 156 pp. *Entomology*, 132(9-10), 722-733.
- Epsky D.N., R.H. Espinoza, E.P. Kendra, R. Abernathy, D. Midgarden & R.R. Heath. 2010.** Effective sampling range of a synthetic protein-based attractant for *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 103: 1886-1895.
- Fahrig L. & G. Merriam. 1994.** Conservation of fragmented populations. *Conservation biology*, 8(1), 50-59.
- Feinsinger P. 2001.** Designing field studies for biodiversity conservation. Island Press.
- Fernandez de Araoz D. & A.J. Nasca. 1984.** Especies de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) parasitoides de moscas de los frutos (Diptera: Tephritidae) colectados en la provincia de Tucumán. *CIRPON Rev. Invest.* 2:37-46.
- Fernández de Araoz D. y A.J. Nasca. 1984.** Especies de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) parasitoides de moscas de los frutos (Diptera: Tephritidae) colectados en la provincia de Tucumán. *CIRPON Rev. Inves.* 2: 37-46
- Fimiani P. 1989.** Mediterranean region, In: World crop pests, vol. 3A. Fruits flies, their biology, natural enemies and control (Robinson A.S., Hooper G., eds). Elsevier, Amsterdam. pp. 39-50.
- Fletcher B.S. & R.J. Prokopy. 1991.** Host location and oviposition in tephritid fruit flies. In *Reproductive Behavior of Insects: Individuals and Populations*, ed. WJ Bailey, J Ridsdill-Smith, pp. 139–71. New York: Chapman & Hall.
- Fletcher B.S. 1989.** Ecology; movements of tephritid fruit flies. *World crop pests*, 3, 209-219.
- Foote R.H. 1967.** Family Tephritidae. In *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*. Ed. By P.E. Vanzolini, N Papavero. Dept Zool., Sec Agr., Sao Paulo, Brasil. Fasc. 57: 1-91.
- Foote R. H. 1980.** Fruit fly genera south of the United States. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull. 1600, 77 p.
- Foote R.H., F.L. Blanc & A.L. Norrbom. 1993.** Hybook of the fruit flies (Diptera: Tephritidae) of America north of Mexico. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA, 571 p.

- Forman R.T.T. 1997.** Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University press, Cambridge, United Kingdom, 632 p.
- Fortin M.J. y M.R.T. Dale. 2009.** Spatial Autocorrelation in Ecological Studies: A Legacy of Solutions and Myths. Geographical analyses, DOI: 10.1111/j.1538-4632.2009.00766.x.
- Fuller R.J., D.E. Chamberlain, N.H.K. Burton & S.J. Gough. 2001.** Distributions of birds in lowland agricultural landscapes of England and Wales: How distinctive are birds communities of hedgerows and woodland? Agriculture, Ecosystems and Enviroments, 84: 79-92.
- Garcia F.R.M. & E. Corseuil. 1998.** Influência de fatores climáticos sobre moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) em pomares de pessegueiro em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia 5/6(1): 71-75.
- Giardini M.C., F.H. Milla, J.L. Nieves & S.B. Lanzavecchia. 2016.** Cytogenetic characterization of sexual chromosomes in the short Y *Anastrepha fraterculus* strain. 9th Meeting of the Tephritid Workers of the Western Hemisphere. Buenos Aires, Argentina. p206
- Gómez Clemente F. y S. Planes. 1952.** Algunas notas sobre la ecología de *Ceratitis capitata* en el Levante español sobre naranjos. Bol Pat Veg Ent Agr 19, 37-48.
- González, R. H. 1978.** Introduction and spread of agricultural pests in Latin America: analysis and prospects. FAO Plant Protection Bulletin 26: 41-52.
- Grau A. y A.D. Brown, 1995.** Development threats to biodiversity and opportunities for conservation in the mountain ranges of the upper Bermejo river basin, NW Argentina and SW Bolivia. Ambio 29: 445-450.
- Grau H.R. y R. Aragón. 2000.** Árboles invasores de la Sierra de San Javier, Tucumán, Argentina, 5-20 pp. En: H. R. Grau y R. Aragón (eds.), Ecología de árboles exóticos en las Yungas argentinas. LIEY, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Argentina.
- Grau H.R., M.F. Arturi, A.D. Brown & P.G. Aceñolaza. 1997.** Floristic and strctural patterns along a chronosequence of secondary forest succession in Argentinian subtropical montane forests. Forest Ecology y Management 95: 161-171.
- Grau H.R., N.I. Gasparri, M. Morales, A. Grau, E. Aráoz, J. Carilla, J. Gutiérrez. 2007.** Regeneración ambiental en el noroeste argentino. Ciencia Hoy 17: 42-56.
- Grau H.R., L. Paolini, A. Malizia & J. Carilla. 2010.** Distribución, estructura y dinámica de los bosques de la sierra de San Javier. Pág. 33-48 en Grau, H.R. (ed.). *Ecología de una interfase natural-urbana. La Sierra de San Javier y el Gran San Miguel de Tucumán*. UNT.



- Grilli M.P. & M. Bruno. 2007.** Regional abundance of a planthopper pest: the effect of host patch area and configuration. *Entomologia experimentalis et applicata*, 122(2), 133-143.
- Grimaldi D. & M.S. Engel. 2005.** *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press.
- Guillén D. & R. Sanchez. 2007.** Expansion of the National Fruit Fly Control Programme. In Argentina. pp. 653-660. In: M. J. B. Vreysen, A. S. Robinson and J. Hendrichs (Eds.) *Area-Wide Control of Insect Pests from Research to Field Implementation*. IAEA, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Harris E.J. & C.Y.L. LEE. 1987.** Seasonal and annual distribution of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Honolulu and suburban áreas of Oahu, Hawaii. *Environ. Entomol.* 16:1273-1282.
- Harris E. J., and Olalquiaga. 1991.** Occurrence and distribution patterns of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in desert areas in Chile and Peru. *Environ. Entomol.* 20: 174-178.
- Harris E.J., R.I. Vargas & J.E. Gilmore. 1993.** Seasonality in occurrence and distribution of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in upland and lowland areas on Kauai, Hawaii. *Environmental entomology*, 22(2), 404-410.
- Hassel M.P., T.R.E. Southwood. 1978.** Foraging strategies of insects. *Annu. Rev. Entomol.* 9:75-98
- Hawkins B.A., R. Field, H.V. Cornell, D.J. Currie, J.F. Guegan, D.M. Kaufman, J.T. Kerr, G.G. Mittelbach, T. Oberdorff, E.M O'Brien, E.E. Porter & J.R.G.Turner. 2003.** Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* 84:3105-3117
- Hayward K.J. 1944.** Modelo de jaula que permite la distribución de parásitos de pupas de sus huéspedes. *Rev. Ind. Agr. Tuc.* 34: 23-26.
- Hayward K.J. 1960.** Insectos Tucumanos perjudiciales. *Rev. Ind. Agr. Tucumán*, Argentina, 42: 3- 144.
- Headrick D.H. & R.D. Goeden. 1994.** Reproductive behavior of California fruit flies and the classification and evolution of Tephritidae (Diptera) mating systems. *Stud. Dipterol*, 1, 194-252.
- Headrick D.H. & R.D. Goeden. 1998.** The biology of nonfrugivorous tephritid fruit flies. *Annual review of entomology*, 43(1), 217-241.
- Hedström I. 1992.** Why do guava flies, *Anastrepha striata* (Tephritidae), avoid the upper canopy of host trees? *Trop. Pest Manage.* 38: 136-143.

- Hernández-Ortiz V. y M. Aluja. 1993.** Listado de especies del género neotropical *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) con notas sobre su distribución y plantas hospederas. *Folia Entomol. Mex*, 88, 89-105.
- Hernández-Ortiz V., J.A. Gómez-Anaya, A. Sánchez, B.A. McPheron & M. Aluja. 2004.** Morphometric analysis of Mexican and South American populations of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae) and recognition of a distinct Mexican morphotype. *Bulletin of entomological research*, 94(06), 487-499.
- Hernández-Ortiz, V. 2007.** Diversidad y biogeografía del género *Anastrepha* en México. *Moscas de la Fruta en Latinoamérica (Diptera: Tephritidae): Diversidad, biología y manejo*. S y G Editores, Distrito Federal, México. 53-76.
- Herrera C.M. 1998.** Long-term dynamics of mediterranean frugivorous birds and fleshy fruits: a 12-year study. *Ecological monographs*, 68(4), 511-538.
- Howse P.E. & J.J. Knapp. 1996.** Pheromone of Mediterranean fruit fly: Presumed mode of action and implications for improved trapping techniques. In *Fruit Fly Pest, a world assessment of their biology and management*. McPheron, A; Steck, GJ. Eds. United States, St. Lucie Press. p. 91-99.
- [IAEA] International Atomic Energy Agency. 2003.** Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes. IAEA/FAOTG/FFP, IAEA, Viena, Austria 47p.
- Israely N., B. Yuval, U. Kitron & D. Nestel. 1997.** Population fluctuations of adult Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in a Mediterranean heterogeneous agricultural region. *Environ Entomol* 26(6), 1263-1269.
- Israely N., Y. Ziv & S.D. Oman. 2005.** Spatiotemporal distribution patterns of mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in the central region of Israel. *Annals of the Entomological Society of America*, 98(1), 77-84.
- Jackson, C. G., J. P. Long & L. M. Klungness. 1998.** Depth of pupation in four species of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in sand with and without moisture. *Journal of Economic Entomology*, 91(1), 138-142.
- Jahnke S.M., E.M.D. Ponte, L.R. Redaelli & D.R.G.P. Rego. 2014.** Spatial patterns and associations of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) and its parasitoid *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera: Braconidae) in organic orchards of *Psidium guajava* and *Acca sellowiana*. *Florida Entomologist*, 97(2), 744-752.
- Jaldo H.E., M.C. Gramajo & E. Willink. 2001.** Mass rearing of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae): a preliminary strategy. *Fla. Entomol.* 84(4): 716-718.

- Jenkins D.A., P.E. Kendra, S. Van Bloem, S. Whitmire, R. Mizell & R. Goenaga. 2013.** Forest fragments as barriers to fruit fly dispersal: *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) populations in orchards and adjacent forest fragments in Puerto Rico. *Environmental entomology*, 42(2), 283-292.
- Jiron L.F. & I. Hedström. 1988.** Occurrence of fruit flies of the genera *Anastrepha* and *Ceratitis* (Diptera: Tephritidae), and their host plant availability in Costa Rica. *Florida Entomologist*, 62-73.
- Joly K. & W.L. Myers. 2001.** Patterns of mammalian species richness and habitat associations in Pennsylvania. *Biological Conservation*, 99(2), 253-260.
- Kappelle M. & A.D. Brown. 2001.** Bosques nublados del neotrópico (No. 333.7516 B6). Instituto Nacional de la Biodiversidad.
- Katsoyannos B.I., N.A. Kouloussis & J.R. CAREY. 1998.** Seasonal and annual occurrence of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) on Chios Island, Greece: differences between two neighboring citrus groves. *Ann Entomol Soc Amer* 91(1), 43-51.
- Kendra P. E., N. D. Epsky and R. R. Heath. 2010.** Effective sampling range of food-based attractants for female *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 103: 533-540.
- Kennington J.L. & R.V. Helgason. 1980.** Algorithms for network programming. John Wiley & Sons, Inc.
- Kogan M. y M. Shenk. 2002.** Conceptualización del manejo integrado de plagas en escalas espaciales y niveles de integración más amplios. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica) 65: 34-42.
- Korytkowski A. y P.D. Ojeda. 1968.** Especies del género *Anastrepha* Schiner 1868 en el noroeste peruano. *Rev. Peruana Entomol.* 11(1): 32-70. (24).
- Kounatidis I., N.T. Papadopoulos, P. Mavragani-Tsipidou, Y. Cohen, K. Tertivanidis, M. Nomikou, & D. Nestel. 2008.** Effect of elevation on spatio-temporal patterns of olive fly (*Bactrocera oleae*) populations in northern Greece. *Journal of Applied Entomology*, 132(9-10), 722-733.
- Kovaleski A. 1997.** Processos adaptativos na colonização da maçã (*Malus domestica* L.) por *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) na região de Vacaria, RS. Processos adaptativos na colonização da maçã (*Malus domestica* L.) por *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) na região de Vacaria, RS.
- Kovaleski A, R.L. Sugayama & A. Malavasi. 1995.** Ecologia de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) asociada a macieira no sul do Brasil. *Genética* 18(3): 274.

- Kovaleski A, R.L. Sugayama & A. Malavasi. 1999.** Movement of *Anastrepha fraterculus* from native breeding sites into apple orchards in southern Brazil. *Entomologia Exp. et Appl.* 91: 457-463.
- Krebs C.J. 1985.** Ecología: estudio de la distribución y la abundancia (No. 574.5 K92e). México, MX: Edit. Harla.
- Krebs C.J. 2000.** Ecological methodology. 2 edn. Menlo Park, Benjamin Cummings. 654 pp.
- Kunin W.E. 1997.** Population size and density effects in pollination: pollinator foraging and plant reproductive success in experimental arrays of *Brassica kaber*. *Journal of Ecology*, 225-234.
- Kurota H. and M. Shimida. 2002.** Geographical Variation in the Seasonal Population Dynamics of *Bruchidius dorsalis* (Coleoptera: Bruchidae): Constraints of Temperature and Host Plant Phenology. *Environ. Entomol.* 31(3): 469 – 475.
- Lahille F. 1915.** Nota sobre la ura y otras larvas dañinas de dípteros. Publ. Dir. Gen. Gan. Min. Agric. Nac.16: 14-17.
- Lawton J.H. 1987.** Are there assembly rules for successional communities? En: Perturbación, estructura del hábitat y diversidad de insectos en ecosistemas de bosque Chaqueño y de pastizales serranos. Tesis doctoral Molina, S. I. 1999. Universidad Nacional de Córdoba.
- Legendre P. & E.D. Gallagher. 2001.** Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129(2), 271-280.
- Legendre P., & L.F. Legendre. 2012.** Numerical ecology (Vol. 24). Elsevier.
- Legname P.R. 1982.** Árboles indígenas del noroeste argentino (Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca). *Opera Lilloana*, 34, 1-226.
- Letourneau D.K., J.A. Jedlicka, S.G. Bothwell & C.R. Moreno. 2009.** Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 573-592.
- Light D.M. & E.B. Jang. 1996.** Plant volatiles evoke and modulate tephritid behavior. In *Fruit Fly Pests: A World Assessment of Their Biology and Management*, ed. BA McPherson, GJ Steck, pp. 123–33. Delray Beach, FL: St. Lucie Press
- Liquido N.J., L.A. Shinoda & R.T. Cunningham. 1991.** Host plants of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae): an annotated world review. *Misc. Publ. Entomol. Soc. Am.* 77: 1-52.
- Liquido N.J., P.G. Barr & R.T. Cunningham. 2013.** MEDHOST, an encyclopedic bibliography of the host plants of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*

(Wiedemann), version 1. Fruit fly expert identification system and systematic information database, Diptera dissemination disk, 1.

- Lira E., D. Midgarden & P. Rendon. 2016.** GIS as a tool for the decision making process of area-wide programs using the SIT. 9th Meeting of the Tephritid Workers of the Western Hemisphere. Buenos Aires, Argentina. p53
- Lortie C.J., R.W. Brooker, P. Choler, Z. Kikvidze, R. Michalet, F.I. Pugnaire & R.M. Callaway. 2004.** Rethinking plant community theory. *Oikos*, 107, 433–438.
- Machado A.E., L.A. B. Salles & A.E. Loeck. 1995.** Exigências térmicas de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) e estimativa do número de gerações anuais em Pelotas, RS. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 24(3): 573-578.
- Magurran A.E. 1988.** Why diversity? In *Ecological diversity and its measurement* (pp. 1-5). Springer Netherlands.
- Malavasi A. & J.S. Morgante. 1981.** Adult y larval population fluctuation of *Anastrepha fraterculus* y its relationship to host availability. *Environ. Entomol.* 10: 275-278.
- Malavasi A. & R. A. Zucchi. 2000.** Moscas-das-frutas de Importância Econômica no Brasil. *Conhecimento Básico e Aplicado*. Holos Editora, Riberão Preto, Brasil 327 pp.
- Malavasi A., J.S. Morgante & R.J. Prokopy. 1983.** Distribution and activities of *Anastrepha fraterculus* flies on host y non-host trees. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 76: 286-292.
- Malavasi A., R.A. Zucchi, R. Sugayama. 2000.** Biogeografia, In: Malavasi A., Zucchi R.A. (eds), *Moscas-das-frutas de Importância Econômica no Brasil: Conhecimento Básico e Aplicado*. Holos Editora, Ribeirão Preto, Brasil.
- Manero E.A., S. Muruaga De L'argentier & H.A. Vilte. 1989.** Moscas de los frutos (Diptera, Trypetidae), presentes en durazneros de León y Quebrada de Humahuaca, Provincia Jujuy, Argentina. *CIRPON, Revista de Investigaciones* 7: 7-26.
- Manso F. & A. Basso. 1999.** Notes on the present situation of *Anastrepha fraterculus* in Argentina. The South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus* (Wied.): advances in artificial rearing, taxonomic status y biological studies, 147-162 pp. En: *Proceedings of the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food y Agriculture*, Chile.
- Martínez-Ferrer M.T., C. Navarro, J.M. Campos, C. Marzal, J.M. Fibla, L. Bagues and M.F. García. 2010.** Seasonal and annual trends in field populations of Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, in Mediterranean citrus groves:

comparison of two geographic areas in eastern Spain. Spanish J. Agric. Res. 8(3):757-765.

- Martínez-Morales A., I. Alia-Tejagal y U.L. Hernández-Hernández. 2003.** Fluctuación poblacional de moscas de la fruta, género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae), en una huerta de zapote mamey en Jalpa de Méndez, Tabasco, México. Centro Agrícola Núm. 4:54-59.
- Matson P.A., W.J. Parton, A.G. Power & M.J. Swift. 1997.** Agricultural intensification and ecosystem properties. Science 277:504-509.
- Mauro-Díaz G., J.D. Lencinas & H. del Valle. 2014.** Introducción a la fotografía hemisférica en ciencias forestales. Madera y bosques, 20(1), 109-117.
- McQuate G. and R. Vargas. 2007.** Assessment of attractiveness of plants as roosting sites for the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* and oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis*. J. Insect Sci. 7: 1-13.
- Mello -Garcia F.R., J.V. Campos & E. Corseuil. 2003.** Flutuação populacional de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera, Tephritidae) na Região Oeste de Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira de Entomologia, 47(3), 415-420.
- Michelakis S.E. 1992.** Phenology of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* Wiedemann in Crete. Israel J Entomol 25-26, 177-180.
- Morlans M.C. 2004.** Introducción a la Ecología de Poblaciones. Editorial Científica Universitaria-Universidad Nacional de Catamarca, Argentina, 33.
- Muñoz A.A., & F.G. Marí. 2009.** Factores que influyen en la eficacia del trapeo masivo para el control de la mosca de la fruta" *Ceratitis capitata*"(diptera: tephritidae). *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 35(3), 401-418.
- Mwatawala M.W., M. De Meyer, R.H. Makundi & A.P. Maerere. 2006.** Seasonality and host utilization of the invasive fruit fly, *Bactrocera invadens* (Dipt., Tephritidae) in central Tanzania. Journal of Applied Entomology, 130(9-10), 530-537.
- Nasca A.J. 1970.** Principales problemas fitosanitarios de los cultivos más importantes de la Región Noroeste Argentino. Miscelanea No. 35, Facultad de Agronomía y Zootécnia, Universidad Nacional de Tucumán, 32 pp.
- Nasca A.J. 1973.** Parásitos de "moscas de los frutos" establecidos en algunas zonas de Tucumán. Rev. Agr. N. O. Arg. 10: 31-43.
- Nasca A.J., A.L. Terán, R.V. Fernández y A J. Pasqualini. 1981.** Animales perjudiciales y benéficos a los cítricos en el noroeste argentino. Ediciones CIRPON, San Miguel de Tucumán, Argentina.

- Nasca A.J., J.A. Zamora, L.E. Vergara y H.E. Jaldo. 1996.** Hospederos de moscas de los frutos en el Valle de Antinaco-Los Colorados, provincia de La Rioja, República Argentina. CIRPON Revista de Investigaciones 10: 19-24.
- Nestel, D. 2009.** Fruit flies in space. TEAM Newsletter 7: 2-7.
- Nestel D., J. Carvalho & E. Nemny Lavy. 2004.** The spatial dimension in the ecology of insect pests and its relevance to pest management, pp. 45-63. En: A. R. Horowitz and I. Ishaaya (eds.), Insect Pest Management. Springer Verlag, Berlin.
- Nolasco N. & J. Iannaccone. 2008.** Fluctuación estacional de moscas de la fruta *Anastrepha* spp. y *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824)(Diptera: Tephritidae) en trampas McPhail en Piura y en Ica, Perú. Acta zoológica mexicana, 24(3), 33-44.
- Norrbom A L. 2004.** Host plant database for *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Diptera: Tephritidae: Toxotrypanini). Diptera Data Dissemination Disk 2.
- Norrbom A.L. 2010.** Tephritidae (fruit flies, moscas de frutas). Manual of Central American Diptera, 2, 909-954.
- Norrbom A.L. & K.C. Kim. 1988.** A list of the reported host plants of the species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). USDA-APHIS 81-52, 114 pp.
- Norrbom A.L., L.E. Carroll, F.C. Thompson, I.M. White & A. Freidberg. 1999.** Systematic database of names, 65-251 pp. En: F.C. Thompson [ed.], Fruit Fly Expert Identification System y Systematic Information Database, (1998) Myia 9.
- Nowierski R.M. & A.P. Gutierrez. 1986.** Microhabitat Distribution and Spatial Dispersion Patterns of the Walnut Aphid, *Chromaphis juglandicola* (Homoptera: Aphididae), in California. Environmental entomology, 15(3), 555-561.
- Odum E. 1972.** - Ecología – Nueva editorial Interamericana, S.A. de C.V. Tercera Edición.
- Ogloblin A. 1937.** La protección de los enemigos naturales de la mosca de la fruta (*Anastrepha fraterculus*). Almanaque Min. Agric. 3: 177-179.
- Ordano M., L. Guillén, J. Rull, R. Lasa & M. Aluja. 2013.** Temporal dynamics of diversity in a tropical fruit fly (Tephritidae) ensemble and their implications on pest management and biodiversity conservation. Biodiversity and conservation, 22(6-7), 1557-1575.
- Oroño L.E. 2011.** Ecoetología de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) en la selva subtropical de montaña (Yungas) de la provincia de Tucumán 210pp. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Tucumán.
- Oroño L. 2013.** Diversidad de tefritidos frugívoros en áreas con y sin manejo agrícola en el departamento de Orán, provincia de Salta. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán

- Oroño L.E., S.M. Ovruski, A.L. Norrbom, P. Schliserman, C. Colin, C.B. Martin. 2005.** Two new native host plant records for *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in Argentina. *Fla Entomol* 88:228–232
- Oroño L. E., P. Albornoz-Medina, S. Núñez-Campero, G.A. Van Nieuwenhove, L.P. Bezdjian, C.B. Martin, P. Schliserman & S.M. Ovruski. 2006.** Update of host plant list of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* in Argentina. In *Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance* (pp. 207-225).
- Ortu S., A. Lentini & A. Cocco. 2005.** Strategie di lotta per il contenimento di *Ceratitis capitata* (Wied.) in agrumicoltura. *Informatore Fitopatologico* 28-32. [In Italian].
- Ovruski S.M. 2004a.** “Diptera: Tephritidae, Dacinae”. En: *Catálogo de Insectos Fitófagos de la Argentina y sus Plantas Asociadas*. Eds.: H. Cordo, G. Logarzo, K. Braun & O. Di Iorio, Sociedad Entomológica Argentina ediciones, Bs. As., Argentina, pp 222-225.
- Ovruski S.M. 2004b.** “Diptera: Tephritidae, Trypetinae”. En: *Catálogo de Insectos Fitófagos de la Argentina y sus Plantas Asociadas*. Eds.: H. Cordo, G. Logarzo, K. Braun & O. Di Iorio, Sociedad Entomológica Argentina ediciones, Bs. As., Argentina, 231-234 pp.
- Ovruski S.M. & R.A. Wharton. 1996.** On the identify of *Doryctobracon tucumanus* (Blanchard, 1966) (Hymenoptera, Braconidae: Opiinae). *Proc. Entomol. Soc. Washington* 98 (1): 162-163.
- Ovruski S. M. & P. Schliserman. 2003a.** First records of hymenopterous larval-pupal parasitoids of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in the northwestern province of Catamarca, Argentina. *Proc. Entom. Soc. Wash.* 105: 1056-1059.
- Ovruski S.M. & P. Schliserman. 2012.** Biological Control of Tephritid Fruit Flies in Argentina: Historical Review, Current Status, and Future Trends for Developing a Parasitoid Mass-Release Program. *Insects* 3: 870-888.
- Ovruski S.M., M. Aluja, J. Sivinski & R. A. Wharton. 2000.** Hymenopteran parasitoids on fruit – infesting tephritidae (Diptera) in Latin America y the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Int. Pest Management Rev.* 5: 81-107.
- Ovruski S.M, P. Schliserman y M. Aluja. 2003a.** Native y introduced host plants of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Northwestern Argentina. *J. Econ. Entomol.* 96: 1108-1118.
- Ovruski S.M., P. Schliserman & M. Aluja. 2004.** Indigenous parasitoids (Hymenoptera) attacking *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata* (Diptera:



- Tephritidae) in native y exotic host plants in Northwestern Argentina. *Biol. Control*. 29: 43-57.
- Ovruski, S.M., R.A. Wharton, P. Schliserman & M. Aluja. 2005.** Abundance of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) and its associated native parasitoids (Hymenoptera) in “feral” guavas growing in the endangered northernmost Yungas forests of Argentina with an update on the taxonomic status of opiine parasitoids previously reported in these country. *Environ. Entomol.* 34 (4): 807-818.
- Ovruski S.M., P. Schliserman, G. Van Nieuwenhove, L. Bezdjian, S. Núñez-Campero & P. Albornoz-Medina. 2010.** Occurrence of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) on cultivated, exotic fruit species in the highland valleys of Tucumán in Northwest Argentina. *Florida Entomologist* 93 (2).
- Panzardi M.E. 1993.** Evaluación del estado actual de los suelos considerando cobertura, topografía y manejo en la reserva de Horco Molle. Tesis de grado, Universidad Nacional de Tucumán, 74 pp.
- Paoletti M. G. & D. Pimentel. 2000.** Environmental risks of pesticides versus genetic engineering for agricultural pest control. *J. Agric. Environ. Ethics* 12: 279-303.
- Papadopoulos N.T., J.R. Carey, B.I. Katsoyannos & N.A. Kouloussis. 1996.** Overwintering of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. *Annals of the Entomological Society of America*, 89(4), 526-534.
- Papadopoulos N.T., B.I. Katsoyannos, N.A. Kouloussis, A.P. Economopoulos & J.R. Carrey. 1998.** Effect of adult age, food, and time of day on sexual calling incidence of wild and mass-reared *Ceratitis capitata* males. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89(2), 175-182.
- Papadopoulos N.T., B.I. Katsoyannos, J.R. Carey & N.A. Kouloussis. 2001.** Seasonal and annual occurrence of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Northern Greece. *Ann Entomol Soc Amer* 94 (1), 41-50.
- Papadopoulos N.T., B.I. Katsoyannos & D. Nestle. 2003.** Spatial autocorrelation analysis of a *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) adult population in a mixed deciduous fruit orchard in northern Greece. *Environmental entomology*, 32(2), 319-326.
- Pérez-Chávez, M.S., J. de J. Luna Ruiz, J. Sosa Ramírez, C. Perales Segovia, J.A. Martínez de Anda & A. de J. Meraz Jiménez. 2008.** Digital Database with Trapping Data for Fruit Fly Management in Calvillo, Aguascalientes, Mexico. In II International Symposium on Guava and other Myrtaceae 849 (pp. 301-308).
- Perry J.N. 1995.** Spatial analysis by distance index. *J. Anim. Ecol.* 64: 303-314.
- Perry J.N. 1998.** Measures of spatial pattern for counts. *Ecology*, 79(3), 1008-1017.

- Perry J.N. P.M. & Dixon. 2002.** A new method to measure spatial association for ecological count data. *Ecoscience*, 9(2), 133-141.
- Perry J.N., L. Winder, J.M. Holland & R.D. Alston. 1999.** Red-blue plots for detecting clusters in count data. *Ecology letters*, 2(2), 106-113.
- Perry J.N., A.M. Liebhold, M.S. Rosenberg, J. Dungan, M. Miriti, A. Jakomulska, and S.Citron-Pousty. 2002.** Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data. *Ecography* 25: 578-600.
- Phillips A.D G. & T.D. Wyatt. 1992.** Beyond origami: using behavioural observations as a strategy to improve trap design. *Entomologia experimentalis et applicata*, 62(1), 67-74.
- Pla L. 2004.** Bootstrap confidence intervals for the Shannon biodiversity index: a simulation study. *Journal of agricultural, biological, and environmental statistics*, 9(1), 42-56.
- Prokopy R.J. 1980.** Mating behavior of frugivorous Tephritidae in nature. In *Proc. Symp. Fruit Fly Problems, XVI International Congress Entomol., Kyoto, Japan* (pp. 37-46).
- Prokopy R.J. & E.D. Owens. 1983.** Visual basis of host plant selection by phytophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 28:337-64
- Prokopy R.J., C. Kalle & S.S. Cooley SS. 1985.** Fruit acceptance pattern of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) flies from different geographic regions. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 78:799-803
- Putruele, M.T.G. 1996.** Hosts for *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus* in the Northeastern province of Entre Ríos, Argentina, 343-345 pp. En: B.A. McPherson y G.J. Steck. [eds.], *Fruit fly pests: a world assessment of their biology y management*. Delray Beach, Florida, St. Lucie Press, 586 p.
- Putruele M.T.D. 1998.** Estudios bioecológicos de *Ceratitis capitata* Wiedermann (Díptera: Tephritidae): influencia de la temperatura sobre el estado larvario, dinámica poblacional y validación de un modelo epidemiológico para predecir fenología, 200 pp. Tesis doctoral, Universidad politécnica de Valencia, España.
- Quesada-Allué, L.A., A. Rabossi & P. Wappner. 1994.** Introducción a *Ceratitis* y cría en el laboratorio. *La mosca mediterránea: Guía de laboratorio*.
- Quintanilla-Montoya G., R. Guillén-Encinas y J. Núñez-Robles. 2016.** Utilización de los Sistemas de Información Geográfica en las actividades de monitoreo, control y erradicación de Moscas de la Fruta en el Perú. 9th Meeting of the Tephritid Workers of the Western Hemisphere. Buenos Aires, Argentina. p52.

- Quiroga D., W. Ramirez, P. Fedyszak, E. Garavelli, M.F. Vazquez y C. Ruiz. 2016.** Programa Nacional de control y erradicación de moscas de los frutos de Argentina (PROCEM) Lecciones aprendidas y desafíos a futuro. 9th Meeting of the Tephritid Workers of the Western Hemisphere. Buenos Aires, Argentina. p21.
- R Development Core Team. 2011.** R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria : the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. Available online at <http://www.R-project.org/>.
- Rabinovich J.E. 1980.** Introducción a la ecología de poblaciones animales. (3ª. ed.) CECSA. México. 313 pp.
- Raga A., M.F. De Souza Filho, M.E. Sato & L.C. Cerávolo. 1996.** Dinâmica populacional de moscas-das-frutas em pomares de citros de Presidente Prudente, SP. Arquivos do Instituto Biológico 63(2): 23-38.
- Ramírez Dávila J.F., J.L. González Andujar, R. Ocete, M.A. López Martínez. 2002.** Descripción geoestadística de la distribución espacial de los huevos del mosquito verde *Jacobias calylica* (Bergenin & Zanon) (Homoptera: Cicadellidae) en viñedo: modelización y mapeo. Boletín de Sanidad Vegetal- Plagas, 28 (1): 97-102.
- Ratkovich, M. y A.J. Nasca. 1953.** Infestación de las moscas de la fruta (*Anastrepha spp.* y *Ceratitis capitata*) en los cultivos cítricos de la provincia de Tucumán en el período noviembre 1952-noviembre 1953. Revista IDIA 6: 50-53.
- Reyes C.P., S.M. Jahnke and L.R. Redaelli. 2012.** Caracterização ovariana e definição do número de gerações de mosca-das-frutas sul-americana durante o ciclo das culturas em dois pomares na região de Porto Alegre, RS, Brasil. Arq. Inst. Biol. 79(2): 185- 192.
- Rivnay E. 1950.** The Mediterranean fruit fly in Israel. Bull Entomol Res 41, 321-341.
- Robacker D.C. & P.J. Landolt. 2002.** Importance and use of attractants, pp. 169-205. Invasive arthropods in agriculture: problems and solutions. Science Publishers, Inc., Enfield, NH.
- Root R.B. 1973.** Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological monographs*, 43(1), 95-124.
- Rosillo M.A. 1953.** Resultados preliminares de un estudio bioecológico de los dípteros "Tripetidae" del Noroeste Argentino. Revista de Investigaciones Agrícolas 7: 97-130.
- Rosillo M.A y Portillo M.M. 1971.** Factores que detienen el incremento de la densidad de población de las especies *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) y *Ceratitis capitata* (Wiedemann) Dipt. Acalypt.) Rev. Per. Entomol. 14: 323-333.

- Ruesink W.C. 1980.** Introduction to sampling theory, pp. 61-78. In M. Kogan & D. C. Herzo (eds.), Sampling methods in soybean entomology. Springe-Verlag, New York.
- Rust E.W. 1916.** El gusano de los citrus. Revista Industrial Agrícola de Tucumán 7: 475-477.
- Rust E. W. 1918.** *Anastrepha fraterculus* Wied. (Trypetidae)—A Severe Menace to the Southern United States. Journal of Economic Entomology, 11(6), 457-467.
- Salles L.A.B. 1995.** Bioecologia e controle da mosca-das-frutas sul-americana. Pelotas, EMBRAPA - CPACT, 58 p
- Salles L. L. 1999.** Efeito do envelhecimento e da decomposição do atrativo na captura de adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wied.)(Diptera: Tephritidae). Current Agricultural Science and Technology, 5(2).
- Salles L.A. 2000.** Biología e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus* (Wied.). Moscas-das-Frutas de Importância Econômica no Brasil Conhecimento Prático e Aplicado, 81-86.
- Schliserman P. 2001.** Abundancia estacional de himenópteros parasitoides de *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata* (Díptera: Tephritidae) en áreas de bosque secundario de la Sierra de San Javier, Tucumán. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de La Rioja, La Rioja.
- Schliserman P. 2005.** Dinámica poblacional y estructura de hábitat de *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) en la ladera Oriental de la Sierra de San Javier, Tucumán. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán.
- Schliserman P. y S.M. Ovruski. 2004.** Incidencia de moscas de la fruta de importancia económica sobre *Citrus aurantium* (Rutaceae) en Tucumán, Argentina. Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 72: 52-61.
- Schliserman P., S. Ovruski, C. Colin, A.L. Norrrbom & M. Aluja. 2004.** First report of *Juglans australis* (Juglyaceae) as a natural host plant for *Anastrepha schultzi* (Diptera: Tephritidae) with notes on probable parasitism by *Doryctobracon areolatus*, *D. brasiliensis*, *Opius bellus* (Braconidae) y *Aganaspis pelleranoi* (Figitidae). Fla. Entomol. 87: 597-599.
- Schliserman P., S.M. Ovruski, R. Olga & R. Wharton. 2010.** Diversity and abundance of hymenopterous parasitoids associated with *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in native and exotic host plants in Misiones, Northeastern Argentina. Florida Entomologist, 93(2), 175-182.

- Schliserman P., M. Aluja, J. Rull & S.M. Ovruski. 2014b.** Habitat degradation and introduction of exotic plants favor persistence of invasive species and population growth of native polyphagous fruit fly pests in a Northwestern Argentinean mosaic. *Biological Invasions*. Online version of the article, DOI: 10.1007/s10530-014-0690-5.
- Schliserman P., M. Aluja, J. Rull & S.M. Ovruski. 2016.** Temporal Diversity and Abundance Patterns of Parasitoids of Fruit-Infesting Tephritidae (Diptera) in the Argentinean Yungas: Implications for Biological Control. *Environmental Entomology*, nvw077.
- Sciarretta A. & P. Trematerra. 2011.** Spatio-temporal distribution of *Ceratitis capitata* population in a heterogeneous landscape in Central Italy. *Journal of Applied Entomology*, 135(4), 241-251.
- Segura D.F., M.T. Vera y J.L. Cladera. 2004.** Fluctuación estacional en la infestación de diversos hospedadores por la mosca del mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), en la provincia de Buenos Aires. *Ecología Austral* 14: 3-17.
- Segura D.F., M.T. Vera, C.L. Cagnotti, N. Vaccaro, O. De Coll, S.M. Ovruski y J.L. Cladera. 2006.** Relative abundance of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in diverse host species and localities of Argentina. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99(1): 70-83.
- Selivon D. 2000.** Relações com as hospedeiras, 87-91pp. En: A. Malavasi y R.A. Zucchi (eds.), *Moscas-das-frutas de Importância Econômica no Brasil. Conhecimento Básico e Aplicado*. Holos Editora, Riberão Preto, Brasil.
- SENASA. 2008.** Resumen ejecutivo del Programa Nacional de Control y Erradicación de Moscas de los Frutos (PROCEN). 2° Taller de Trabajo sobre Avances en Investigación y Apoyo Científico al PROCEN-SENASA, Bs. As., Argentina, pp 3-6.
- SENASA. 2016.** <http://www.sinavimo.gov.ar/plaga/ceratitis-capitata>
- Sivinski J., J. Pinero & Aluja M. 2000.** The distributions of parasitoids (Hymenoptera) of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) along an altitudinal gradient in Veracruz, Mexico. *Biological control*, 18(3), 258-269.
- Sivinski J., M. Aluja, J. Piñero & M. Ojeda. 2004.** Novel analysis of spatial and temporal patterns of resource use in a group of tephritid flies of the genus *Anastrepha*. *Annals of the Entomological Society of America*, 97(3), 504-512.
- Sonvico A., F. Manso & L.A. Quesada-Allue. 1996.** Discrimination between the immature stages of *Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus* (Diptera:

- Tephritidae) populations by rym amplified polymorphic DNA polymerase chain reaction. *J. Econ. Entomol.* 89: 1208-1212.
- Southwood T.R.E. 1978.** Ecological methods. En: *Perturbación, estructura del hábitat y diversidad de insectos en ecosistemas de bosque Chaqueño y de pastizales serranos*. Tesis doctoral Molina, S. I. 1999. Universidad Nacional de Córdoba.
- Souza-Filho M.D., A. Raga, J.A. Azevedo-Filho, P.C. Strikis, J.A. Guimarães & R.A. Zucchi. 2009.** Diversity and seasonality of fruit flies (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae and Figitidae) in orchards of guava, loquat and peach. *Brazilian Journal of Biology*, 69(1), 31-40.
- Steck G. 1991.** Biochemical systematics y population genetic structure of *Anastrepha fraterculus* y related species (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 84: 10-28.
- Stone A. 1942.** The fruitflies of the genus *Anastrepha* (No. 439). US Dept. of Agriculture.
- Strong D.R., J.H. Lawton & T.R.E. Southwood. 1986.** Insect on plants. En: *Perturbación, estructura del hábitat y diversidad de insectos en ecosistemas de bosque Chaqueño y de pastizales serranos*. Tesis doctoral Molina, S. I. 1999. Universidad Nacional de Córdoba.
- Sugayama R.L., E.S. Branco, A. Malavasi, A. Kovaleski & I. Nora. 1997.** Oviposition behavior of *Anastrepha fraterculus* in apple y diel pattern of activities in an apple orchard in Brazil. *Entomol. Exp. Appl.* 83: 239-245.
- Sugayama R.L., A. Kovaleski, P. Liedo y A. Malavasi. 1998.** Colonization of a new fruit crop by *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in Brazil: a demographic analysis. *Environ. Entomol.* 27: 642-648.
- Sugayama R.L. & A. Malavasi. 2000.** Ecologia comportamental. 103-108 pp. En: A. Malavasi y R.A. Zucchi (eds.), *Moscas-das-frutas de Importância Econômica no Brasil. Conhecimento Básico e Aplicado*. Holos Editora, Riberão Preto, Brasil.
- Taha H. 1997.** Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy and buildings*, 25(2), 99-103.
- Taufer M., J.C.D. Nascimento, I.B.M.D. Cruz & A.K.D. Oliveira. 2000.** Efeito da temperatura na maturação ovariana e longevidade de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. Jaboticabal, SP. Vol. 29, n. 4 (2000), p. 639-648.
- Taylor, L.R. 1984.** Assessing and interpreting the spatial distributions of insect population. *Annu. Rev. Entomology*, 29:321-357.

- Ter Braak C.J.F. & P. Smilauer. 1998.** CANOCO reference manual and User's guide to Canoco for windows: software for canonical community ordination (version 4.5) Cajo JF ter Braak and Petr Smilauer. Centre for Biometry.
- Thompson F.C. 1998.** Fruit Fly Expert Identification System and Systematic Information Database. North American Dipterists' Society Backhuys Publishers Leiden 1998.
- Torres-Bruchmann E. 1976.** Atlas agroclimático y bioclimático de Tucumán (Primera parte). Publ. Esp. Fac. Agr. Zoot. U.N.T., Argentina 7: 1-27.
- Trumble J.T., E.R. Oatman & V. Voth. 1983.** Temporal variation in the spatial dispersion patterns of aphids (Homoptera: Aphididae) infesting strawberries. *Environmental Entomology*, 12(2), 595-598.
- Tscharntke T. & R. Brandl. 2004.** Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annual Reviews in Entomology*, 49(1), 405-430.
- Turica A. & R.G. Mallo. 1961.** Observaciones sobre la población de las Tephritidae y sus endoparásitos en algunas regiones citrícolas argentinas. *IDIA* 6:145-161.
- Turica A., A.R. Vergani, R.H. Quintanilla, M.C. Zerbino y H.E. Ceruso. 1971.** Las moscas de los frutos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Serie Formación Técnica Agrícola 7: 1 17.
- Turner J.R.G, J.J. Lennon, and J.A. Lawrenson. 1988.** "British bird species distributions and the energy theory." *Nature* 335, 539-541.
- Turner M.G. & R.H. Gardner (Eds.). 1991.** *Quantitative methods in landscape ecology* (p. 536). New York, NY: Springer Verlag.
- Uchôa-Fernandes M. A., I.D. Oliveira, R. Molina & R.A. Zucchi. 2003.** Biodiversity of frugivorous flies (Diptera: Tephritoidea) captured in citrus groves, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Neotropical Entomology*, 32(2), 239-246.
- Uramoto K., J.M.M. Walder and R.A. Zucchi. 2005.** Analise quantitativa e distribuição de populações de espécies de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) no Campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. *Neotrop. Entomol.* 34(1): 33-39.
- Vaccaro N.C. 2000.** Relevamiento de *Anastrepha fraterculus* Wied. en distintos sitios del país para estudios morfológicos, 42 p. In: Memorias del II Taller internacional de moscas de los frutos. PROCEN-SENASA, Buenos Aires, Argentina, 45 pp.
- Van Velzer H. 1991.** Prioridades para la conservación de los Andes Colombianos. Seminario sobre ecosistemas de montaña tropicales. IUBS. Memorias Univ. Cauca.

- Vanoye-Eligio V. 2014.** La variación espacial en plagas agrícolas como componente fundamental en su control y manejo. Instituto Tecnológico De Cd. Victoria TecnoINTELECTO. 11(2):7-14
- Vanoye-Eligio V., L. Barrientos-Lozano, R. Pérez-Castañeda, G. Gaona-García & M. Lara-Villalon. 2015.** Regional-scale spatio-temporal analysis of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) populations in the citrus region of Santa Engracia, Tamaulipas, Mexico. Journal of economic entomology, tov134.
- Vargas J.R., P. Myashita & T. Nishida. 1984.** Life history and demographic parameters of three laboratory-reared tephritids. Ann Entomol Soc Amer 7, 651-656.
- Vattuone M.E., C.N. Palmieri, C.A. Maldonado y P.A. Sotomayor. 1999.** Relevamiento de las moscas de los frutos (Diptera: Tephritidae) en los departamentos Fray Mamerto Esquiú y Valle Viejo, provincia de Catamarca, Argentina. Revista de Ciencia y Técnica 5(7): 1-20.
- Vera M.T., R. Rodríguez, D.F. Segura, J.L. Cladera & R.W. Sutherst. 2002.** Potencial geographical distribution of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), with emphasis on Argentina and Australia. Environ. Entomol. 31:1009-1022.
- Vera M.T., C. Cáceres, V. Wornoayporn, A. Islam, A.S. Robinson, M.H. de la Veja, J. Hendrichs & J.P. Cayol. 2006.** Mating incompatibility among populations of the South American fruit fly *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). An. Entomol. Soc. Am. 99(2): 387-397.
- Vera M.T., S. Abraham, V.A. Oviedo & E. Willink. 2007.** Demographic and quality control parameters of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) maintained under artificial rearing. Florida Entomologist 90(1): 53-57.
- Vera M.T., M.J. Ruiz, A. Oviedo, S. Abraham, M. Mendoza, D.F. Segura & E. Willink. 2013.** Fruit compounds affect male sexual success in the South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*, 137(s1), 2-10.
- Vergani A.R. 1952.** La mosca del mediterraneo. Publicación del Instituto de Sanidad Vegetal (Argentina), Serie B, No. 22, 12 p.
- Villareal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast y A.M. Umaña. 2004.** Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. *Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia.*



- Virgilio M., T. Backeljau, R. Emeleme, J.L. Juakali & M. De Meyer. 2011.** A quantitative comparison of frugivorous tephritids (Diptera: Tephritidae) in tropical forests and rural areas of the Democratic Republic of Congo. *Bulletin of entomological research*, 101(05), 591-597.
- Wallace R.B., R. Lilian, E. Painter, D.L. Rimiz, and J.C. Herrera. 2000.** Seasonality and Wildlife Management in Managed forests of eastern Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 8: 65–81.
- Webster R. & M.A. Oliver. 2007.** *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley & Sons Ltd.
- White I.M. & M.M. Elson-Harris. 1992.** *Fruit flies of economic significance: their identification y bionomics*. CAB international, ACIAR, Redwood Press Ltd., Melksham, U.K.
- Whittaker R.H. 1972.** Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 213-251.
- Wilby A. & M.B. Thomas. 2002.** Are the ecological concepts of assembly and function of biodiversity useful frameworks for understanding natural pest control? *Agricultural and Forest Entomology*, 4(4), 237-243.
- Willink E., G. Gastaminza, L. Augier, B. Stein, M.E. Gatti & N. Larrea. 2007.** Riesgo de introducción de *Anastrepha fraterculus* y *Ceratitis capitata* en limones del Noroeste Argentino. En: E. Willink, G. Gastaminza, L. Augier, B. Stein (eds.), *Moscas de los frutos y su relevancia cuarentenaria en la citricultura del noroeste de Argentina. Once años de investigaciones 1996-2007*. Publicación Interna de la EEAOC, Las Talitas, Tucumán.
- Wilson M.V. & A. Shmida. 1984.** Measuring beta diversity with presence-absence data. *The Journal of Ecology*, 1055-1064.
- Xie Q., B. Hou & R. Zhang. 2008.** Thermal responses of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) late third instars: mortality, puparial morphology, and adult emergence. *Journal of economic entomology*, 101(3), 736-741.
- Zahler P.M. 1990.** Moscas-das-frutas em três pomares do Distrito Federal: levantamento de espécies e flutuação populacional. *Ciência e Cultura* 42 (2): 177-182.
- Zavaleta-Mejía, E. 1999.** Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *Terra*, 17(3), 201-207.
- Zhang W., T.H. Ricketts, C. Kremen, K. Carney, & S.M. Swinton. 2007.** Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological economics*, 64(2), 253-260.

- Zucchi R.A. 1978.** Taxonomia das espécies de *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera, Tephritidae) assinaladas no Brasil. ESALQ.
- Zucchi R.A. 2000a.** Taxonomia, 13-24pp. Moscas-das-frutas de importancia econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado, 327pp. En MalavasiA & RA Zucchi (Eds.). Ribeirão Preto, FAPESP-Holos.
- Zucchi R.A. 2000b.** Especies de *Anastrepha*, sinonimias, plantas hospedeiras e parasitóides, 41-48 pp. En: A. Malavasi y R. A. Zucchi (eds.), Moscas-das-frutas de Importância Econômica no Brasil. Conhecimento Básico e Aplicado. Holos Editora, Ribeirão Preto, Brasil.
- Zuur A.F., E.N. Ieno, N.J. Walker, A.A. Saveliev, & Smith. 2008.** Mixed effect models and extension in Ecology with R. Springer.



