



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
ECOLOGÍA

**Rasgos de nicho ecológico de especies coexistentes del género *Oecanthus*
(Orthoptera: Gryllidae) en Zapotitlán Salinas, Puebla, México.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

BIÓL. ARIANA ROMERO MATA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. ZENÓN CANO SANTANA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. RAÚL CUEVA DEL CASTILLO MENDOZA
FES IZTACALA, UNAM.
COMITÉ TUTOR: DR. EFRAÍN TOVAR SÁNCHEZ
INSTITUTO DE ECOLOGIA, UNAM

CD. MX.

ABRIL, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
ECOLOGÍA

**Rasgos de nicho ecológico de especies coexistentes del género *Oecanthus*
(Orthoptera: Gryllidae) en Zapotitlán Salinas, Puebla, México.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

BIÓL. ARIANA ROMERO MATA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. ZENÓN CANO SANTANA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

COMITÉ TUTOR: DR. RAÚL CUEVA DEL CASTILLO MENDOZA
FES IZTACALA, UNAM.

COMITÉ TUTOR: DR. EFRAÍN TOVAR SÁNCHEZ
INSTITUTO DE ECOLOGÍA, UNAM

MÉXICO, CD. MX.

ABRIL, 2018

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN ACADÉMICA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

OFICIO FCIE/DAIP/291/2018

ASUNTO: Oficio de Jurado

Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
P r e s e n t e

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 22 de enero de 2018 se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS en el campo de conocimiento de Ecología del (la) alumno(a) ROMERO MATA ARIANA con número de cuenta 98227484 con la tesis titulada Rasgos de nicho ecológico de especies coexistentes del género *Oecanthus* (Orthoptera: Gryllidae) en Zapotitlán Salinas, Puebla, México, realizada bajo la dirección del (la) DR. ZENÓN CANO SANTANA:

Presidente: DRA. ROSA GABRIELA CASTAÑO MENESES
Vocal: DRA. LETICIA RÍOS CASANOVA
Secretario: DR. EFRAÍN TOVAR SÁNCHEZ
Suplente: DRA. ALICIA CALLEJAS CHAVERO
Suplente: DR. RAÚL CUEVA DEL CASTILLO MENDOZA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 15 de marzo de 2018



DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA
COORDINADOR DEL PROGRAMA



AGNS/VMVA/ASR/ipp

Agradecimientos institucionales

Agradezco al posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM por permitirme vivir la experiencia de investigar y aprender cada día más de la Biología y de los grillos, que fueron mi sistema de estudio. Además por darme herramientas que me servirán en el futuro.

Agradezco al CONACyT la beca otorgada, sin la cual no hubiera sido posible realizar mis estudios de maestría y mi investigación en la localidad de Zapotitlán Salinas.

También quiero agradecer al Dr. Zenón Cano Santana por haberme impulsado al entrar al Posgrado en Ciencias Biológicas, compartir sus conocimientos y apoyarme en la realización de este proyecto; él, junto con los doctores Raúl Cueva del Castillo Mendoza y Efraín Tovar Sánchez aportaron valiosos comentarios cada tutorial que mejoraron y afinaron mi investigación.

Agradezco a la UNAM tanto por la educación de calidad que me ha brindado, como por todas las experiencias académicas que he tenido. De ella he aprendido el gran valor del trabajo en equipo para lograr un fin común.

Agradecimientos personales

Agradezco a mis padres y hermana por apoyarme durante la realización de la Maestría. A mi tutor, el Dr. Zenón Cano Santana por ser mi guía, amigo y cómplice en la realización de este proyecto. A las doctoras Leticia Ríos, Alicia Callejas y Gabriela Castaño por las observaciones hechas para enriquecer el presente trabajo.

También quiero agradecer al M. en C. Iván Castellanos Vargas por su valioso apoyo técnico que incluyó ayuda en el campo, sugerencias para mejorar los métodos y el trabajo de identificación de los grillos estudiados. Al Biól. Marco Antonio Romero Romero por sus asesorías técnicas que mejoraron este trabajo.

A mis compañeros Alberto Orozco y Fausto Oriol y a mi papá, que me acompañaron a los muestreos. A los integrantes del Laboratorio de Interacciones y procesos ecológicos.

A los guías del Jardín Botánico “Helia Bravo Hollis”, Pedro Miranda y Maurino Reyes, por acompañarme en las noches a la captura de grillos y a ayudarme a conseguir terrenos particulares que me servían como estación de muestreo.

A los señores Gerardo Carrillo y Leobardo Rivera, así como a la Sra. Ignacia, por permitirme coleccionar grillos en sus terrenos.

Agradezco a los integrantes del laboratorio de Ecología de Crustáceos de Ciencias del Mar y Limnología, al Dr. Marco Antonio Martínez, a la M. en C. Magaly Galván y a la Biól. Sandra por dedicarme su tiempo para enseñarme a utilizar algunos programas que fueron utilizados para analizar los resultados de esta tesis. A la Dra. Mónica Queijero Bolaños de la Universidad Autónoma de Querétaro por ayudarme con el modelo lineal generalizado.

Al herbario de la Facultad de Ciencias, especialmente al M. en C. Ramiro Cruz Durán por identificar las plantas colectadas y a la M. en F. P. Ana Isabel Bieler Antolín por fotografiar las cabezas de las especies de grillos colectadas en este estudio.

Por último, quiero agradecer a Angela, Brenda, Christiane, Gaby, Rodrigo y Yeimi, por brindarme su amistad y por impulsarme a terminar la tesis. A Claudia Carolina por sus palabras de aliento. A mis mejores amigos, Abraham Monterrosas y Lizeth Serna, que siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos, y siempre me han apoyado.

ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	3
I. Introducción.....	5
1.1. El nicho ecológico y la competencia.....	5
1.2. Segregación de nicho y coexistencia.....	8
1.3. Amplitud de nicho, traslape de nicho y exclusión competitiva.....	9
1.4. Los grillos y el género <i>Oecanthus</i>	12
1.5. Justificación.....	13
II. Objetivos.....	15
III. Antecedentes.....	17
IV. Metodología.....	20
4.1. Área de estudio.....	20
4.2. Trabajo de campo.....	20
4.2.1. Distribución espacial.....	21
4.2.2. Muestreo de estaciones.....	22
4.2.3. Abundancia, densidad y fenología de los grillos.....	24
4.2.4. Densidad de machos y efecto del tipo de estación.....	25
4.2.5. Plantas hospederas: traslape y amplitud de nicho.....	26
4.2.6. El papel de la temperatura y Humedad ambiental.....	28
4.2.7. Estructura de la comunidad de grillos.....	28
4.3. Historial natural.....	29
V. Resultados.....	31
5.1. Número de especies y distribución espacial de machos cantores y silentes.....	31
5.2. Abundancia, densidad y fenología de grillos.....	31
5.2.1. Abundancia.....	31
5.2.2. Densidad.....	33
5.2.3. Fenología.....	35

5.3. Densidad de machos.....	37
5.4. Plantas hospederas: amplitud de nicho y traslape.....	42
5.5. Papel de la temperatura y humedad ambiental.....	51
5.5.1. Temperatura.....	51
5.5.2. Humedad relativa.....	53
5.5.3. Intervalo bidimensional de temperatura y humedad relativa.....	55
5.6. Estructura de la comunidad de grillos.....	57
5.7. Historia natural.....	60
VI. Discusión.....	66
6.1. Relaciones de nicho.....	66
6.2. Plantas hospederas.....	69
6.3. Microclima y canto.....	73
6.4. Especies registradas y la ausencia de <i>O. rileyi</i>	74
6.5. Fenología y ciclo de vida.....	75
6.6. Variación espacial de coloración.....	76
6.7. Abundancia estacional.....	76
6.8. Densidad de machos y densidad poblacional.....	77
6.9. Bondad del método de detección aural en los estudios de relaciones de nicho.....	79
VII. Conclusiones.....	81
VIII. Literatura citada.....	83
Apéndice I.....	106
Apéndice II.....	108
Apéndice III.....	111

Romero-Mata, A. 2018. Rasgos de nicho ecológico de especies coexistentes del género *Oecanthus* (Orthoptera: Gryllidae) en Zapotitlán Salinas, Puebla, México. Tesis de maestría (Maestría en Ciencias Biológicas). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 114 pp.

Resumen

El nicho es un espacio multidimensional de condiciones y recursos necesarios para que los individuos de una especie sobrevivan, crezcan y se reproduzcan. También describe cómo un organismo usa y explota el ambiente. La teoría de nicho evalúa competencia, amplitud, traslape, segregación, exclusión competitiva y coexistencia. La coexistencia entre grillos arborícolas (*Oecanthus* spp.) es un hecho común, pues se ha reportado en diferentes localidades de la India, sur de Europa, Estados Unidos y México. El presente trabajo tiene como objetivo conocer los atributos del nicho de las especies de grillos arborícolas que coexisten en el municipio Zapotitlán Salinas, Pue. Para ello, se realizaron salidas bimestrales de mayo de 2013 a mayo de 2014, en donde se establecieron 30 estaciones en tres tipos de sitios [10 en zonas muy perturbadas con plantas de *Wigandia urens* (PCW), 10 en zonas muy perturbadas sin plantas de *W. urens* (PSW) y 10 en zonas relativamente conservadas con vegetación xerófila característica de la región (tetechera con bajo nivel de disturbio; TBD)], en las cuales se registró la especie de grillo que cantaba, geoposición, temperatura, humedad relativa y especie de planta. Con los datos obtenidos de temperatura, humedad relativa y plantas hospederas se calculó el traslape y la amplitud de nicho, y también se conoció la distribución espacial de las especies y se obtuvo la densidad de machos. Se registraron tres especies de grillos arborícolas (*O. alexanderi*, *O. fultoni* y *O. leptogrammus*), de las cuales sólo *O. leptogrammus* se encuentra distribuido en los tres tipos de zonas. *Oecanthus fultoni* fue la especie más abundante a lo largo del año, excepto en mayo de 2013. En conjunto, los grillos utilizan 43 especies vegetales, en su mayoría de la familia Asteraceae. *Oecanthus alexanderi* en zonas PCW sólo se encuentra sobre *W. urens*, mientras que en las estaciones PSW tienen una distribución al azar sobre las especies vegetales no dominantes. *O. fultoni* en las estaciones PCW y PSW, por su parte, no se distribuye al azar, en el primer tipo de zona tiene preferencia por *W. urens* y en el segundo se encontró con mayor frecuencia sobre *Croton ciliato-glanduliferus*. *Oecanthus leptogrammus* tampoco se distribuye al azar en los tres tipos de sitios: en PCW se registró con mayor frecuencia que la esperada sobre plantas con baja dominancia, en PSW se encontró preferentemente sobre *Prosopis laevigata*, *Viguiera dentata* y *Schinus molle*, y en las

estaciones TBD se encontró sobre *Morkillia mexicana* y plantas no dominantes. *Oecanthus alexanderi* y *O. fultoni* tienen un traslape medio considerando las dimensiones tipo de estación, fecha y plantas hospederas (0.466), en tanto que *O. fultoni* y *O. leptogrammus* tuvieron el valor de traslape bajo en las dimensiones analizadas (0.12). Las tres especies presentan una amplitud reducida (< 0.6). La temperatura a la que cantan los machos de *O. alexanderi* fue de 20 a 29°C ($24.0 \pm e.e. 0.65^\circ\text{C}$), *O. fultoni* cantó en el intervalo de 12 a 34°C ($22.0 \pm 0.20^\circ\text{C}$) y *O. leptogrammus* registró canto en condiciones de 12 a 29°C ($22.0 \pm 0.21^\circ\text{C}$). La humedad relativa que se registró para el canto de *O. alexanderi* fue del 26 a 77% ($47.0 \pm 4.70\%$), *O. fultoni* de 23 a 79% ($47.0 \pm 0.85\%$) y *O. leptogrammus* del 21 a 87% ($50.0 \pm 1.01\%$). Las especies que presentan un traslape significativo en la temperatura y humedad relativa son *O. fultoni* y *O. leptogrammus* (con 0.94 y 0.83, respectivamente). *Oecanthus fultoni* fue la única especie que presentó la mayor amplitud (0.47) en temperatura, mientras que en la humedad relativa sólo *O. leptogrammus* presenta valores altos (0.60). El horario de máxima actividad acústica de *O. alexanderi* es de 20:00 a 21:00 h y *O. fultoni* va de 19:00 a 20:00 h al igual que *O. leptogrammus*. Se concluye que las especies de grillos arborícolas pueden coexistir en la zona debido a las diferencias en las dimensiones de nicho como el espacio, plantas hospederas, la temperatura para emitir su canto y en los horarios de actividad.

Abstract

The niche is a multidimensional space of conditions and resources necessary for an individual or a species to survive, grow and reproduce. It also describes how an organism uses and exploits the environment. The niche theory evaluates competence, amplitude, overlap, segregation, competitive exclusion and coexistence. The coexistence of tree crickets (*Oecanthus* spp.) is a common fact, since it has been reported in different locations in India, southern Europe, the United States and Mexico. The present work has as objective to know the attributes of the niche of the species of tree crickets that coexist in Zapotitlán Salinas, Pue. To this end, bimonthly samplings were made from May 2013 to May 2014, where 30 stations were established in three types of sites [10 in highly disturbed areas with *Wigandia urens* (PCW) plants, 10 in highly disturbed areas without *W. urens* plants (PSW) and 10 in relatively conserved areas with characteristic xerophilous vegetation of the region (tetechera with low disturbance; TBD)], in which the species of singing cricket, geopositioning, temperature, relative humidity and species of plant. With the obtained data of temperature, relative humidity and host plants the overlap and the niche amplitude were calculated, and the spatial distribution of the species was also known and the density of males was obtained. Three species of arboreal crickets (*O. alexanderi*, *O. fultoni* and *O. leptogrammus*) were recorded, of which only *O. leptogrammus* is distributed in the three types of zones. *Oecanthus fultoni* was the most abundant species throughout the year, except in May 2013. Together the crickets use 43 plant species, mostly from the Asteraceae family. *Oecanthus alexanderi* in PCW areas is only found and prefers *W. urens*, while in PSW stations it has a random distribution over non-dominant plant species. *O. fultoni* in PCW and PSW stations, on the other hand, is not randomly distributed, in the first type of zone it has a preference for *W. urens* and in the second one it was found more frequently on *Croton ciliato-glanduliferus*. *Oecanthus leptogrammus* is not randomly distributed in the three types of sites: in PCW it was recorded more frequently than expected on plants with low dominance, in PSW it was found preferentially on

Prosopis laevigata, *Viguiera dentata* and *Schinus molle*, and TBD stations found *Morkillia mexicana* and non-dominant plants. *Oecanthus alexanderi* and *O. fultoni* have an average overlap considering the size of season, date and host plants (0.466), while *O. fultoni* and *O. leptogrammus* had the value of low overlap in the dimensions analyzed (0.12). All three species have a reduced amplitude (<0.6). The temperature at which the males of *O. alexanderi* sing was from 20 to 29°C ($24.0 \pm \text{s.e. } 0.65^\circ\text{C}$), *O. fultoni* sang in the range of 12 to 34°C ($22.0 \pm 0.20^\circ\text{C}$) and *O. leptogrammus* recorded songs in conditions from 12 to 29°C ($22.0 \pm 0.21^\circ\text{C}$). The relative humidity registered for the song of *O. alexanderi* was from 26 to 77 % ($47.0 \pm \text{s.e. } 4.70\%$), *O. fultoni* from 23 to 79% ($47.0 \pm 0.85\%$) and *O. leptogrammus* from 21 to 87% ($50.0 \pm 1.01\%$). The species that present a significant overlap in temperature and relative humidity are *O. fultoni* and *O. leptogrammus* (with 0.94 and 0.83, respectively). *Oecanthus fultoni* was the only species that presented the greatest amplitude (0.47) in temperature, whereas in relative humidity only *O. leptogrammus* presents high values (0.60). The maximum acoustic activity of *O. alexanderi* is from 8:00 p.m. to 9:00 p.m. and *O. fultoni* from 7:00 p.m. to 8:00 p.m., just like *O. leptogrammus*. It is concluded that the species of tree crickets can coexist in the zone due to the differences in the niche dimensions such as the space, host plants, the temperature to emit their song and in the acoustic activity.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. El nicho ecológico y la competencia

El nicho es un espacio multidimensional de condiciones y recursos necesarios para que un individuo o una especie sobreviva, crezca y se reproduzca (Hutchinson, 1957). También el nicho describe cómo un organismo usa y explota el ambiente (Pianka, 2000; Pianka y Vitt, 2003). Los nichos son multidimensionales debido a las numerosas variables ambientales que deben tener los niveles adecuados para que los organismos sobrevivan, por ejemplo; microhábitat, temperatura, alimento y temporalidad de actividades, así como la estacionalidad de los eventos de ciclo de vida, entre otros (Pianka y Vitt, 2003; Begon *et al.*, 2006). Existen dos tipos de nicho: a) el nicho *realizado*, que es el conjunto de condiciones y recursos que realmente ocupa una especie para persistir en presencia de otras especies antagonistas (como competidores y depredadores); y b) el nicho *fundamental* que describe ese mismo espacio potencial para la especie libre de antagonistas (Begon *et al.*, 2006; Smith y Smith, 2007).

La competencia es considerada como un proceso importante que moldea tanto las diferencias entre las especies como la organización de las comunidades en general (Rathcke, 1976; Pianka y Vitt, 2003), así como los rasgos del nicho ecológico de cada población en su interior (Pianka, 2000). El estudio de la competencia, por ejemplo, ha sido sugerido como un enfoque que ha contribuido a dilucidar la diversificación de los insectos en nuevos hábitats o, en el caso de los insectos fitófagos, en nuevas plantas hospederas (Rathcke, 1976; Tokeshi, 1999).

La competencia es una interacción “-,-”, es decir, en la que dos especies interactuantes se afectan negativamente de manera mutua (Tokeshi, 1999). Existen tres mecanismos de competencia: 1) la competencia *aparente*, que es una interacción indirecta entre especies (presas) mediada por un depredador compartido (DeCesare *et al.*, 2010); 2) la competencia *por interferencia*, que es cuando los individuos interactúan directamente y uno de ellos evita que el otro tenga acceso al recurso

limitado, por lo que en algunos casos se presenta territorialidad, sobrecrecimiento, depredación o competencia química, y cada individuo altera la habilidad del otro para explotar el recurso en algún nivel de abundancia (Amarasekare, 2002; Begon *et al.*, 2006); y 3) la competencia *por explotación*, que ocurre cuando una de las especies consume más eficientemente un recurso y por ello afecta negativamente a las otras (Smith y Smith, 2007).

Un ejemplo de competencia aparente se da entre la planta nativa *Brassica nigra* y planta exótica *Nasella pulchra*, que son consumidas diferencialmente por pequeños roedores en los pastizales de California, dando la impresión de que la segunda especie es competitivamente superior (Orrock *et al.*, 2008). Por otro lado, un ejemplo de competencia por interferencia se da entre la rata canguro desértica (*Dipodomys deserti*) y la rata canguro de Merriam (*D. merriami*) que habitan en el Desierto Mojave, en donde la primera especie es dominante y agrede a *D. merriami* si se acerca a los sitios donde las semillas son abundantes (Bouskila, 1995). Por último, la competencia por explotación ocurre cuando los rotíferos de los géneros *Brachionus* y *Keratella* son rápidamente excluidos por grandes cladóceros, como *Daphnia pulex*, cuando el recurso alimenticio (las algas) es limitado Gilbert (1985). Los mecanismos de competencia mencionados se han estudiado entre células y bacterias (Hatch, 1975), protozoarios y bacterias (Read y Taylor, 2001), parásitos (Mideo, 2009), algas (Begon *et al.*, 2006), plantas (Connell, 1990) y animales (Sarà *et al.*, 2005.). Los recursos por los cuales se puede producir la competencia entre los organismos son los nutrientes (p. ej., los helmintos intestinales, Colwell y Fuentes, 1975); el alimento (p. ej., en peces y chapulines; Zaret y Rand, 1971 y Joern y Klucas, 1993, respectivamente), el espacio (como en crustáceos sésiles; Connell, 1961) y la radiación solar (en las plantas; Hautier *et al.*, 2009), entre otros.

Actualmente, se busca comprender la distribución de las comunidades ecológicas, por lo que se han desarrollado dos estrategias para lograrlo: la primera es el modelado del nicho ecológico basado sobre las condiciones ecológicas en los lugares donde se han registrado las especies, lo que

permite predecir la distribución de éstas (Ricklefs, 2010); y la segunda es el estudio del conservadurismo filogenético de nicho (Crisp *et al.*, 2009; Eliosa *et al.*, 2010).

Los modelos que se usan para estudiar nicho ecológico están basados en la distribución actual de una especie, tomando en cuenta un conjunto de variables climáticas, topográficas y tipo de vegetación o, como en el caso particular de especies acuáticas, las variables físico-químicas del agua, las cuales permiten proyectar la distribución potencial de las especies bajo escenarios distintos, tal como puede ser el del patrón de cambio climático o la pérdida de hábitat por actividades antropogénicas (Thullier *et al.*, 2005; Contreras-Medina *et al.*, 2010; Ibarra-Montoya *et al.*, 2010). En estos modelos, las especies presentan una distribución sobre cada gradiente llamada *posición de nicho*, que representa una medida de la distancia entre las condiciones promedio utilizadas por la especie, y las condiciones promedio de la zona de estudio para ese gradiente (Thullier *et al.*, 2005). Actualmente, la modelación de nicho se ha utilizado mucho con las plantas, método que ha permitido formular decisiones acerca de la conservación, manejo y dispersión de especies invasoras, así como predecir la respuesta de éstas al cambio climático global (Wright *et al.*, 2006). Un ejemplo de modelado de nicho es el que se hizo con la planta *Collinsia sparsiflora* en California, el cual predijo que esta planta tiene más probabilidad de sobrevivir entre los 15 y 25°C en suelos con concentraciones intermedias de fósforo (Wright *et al.*, 2006). También se ha modelado el cambio de distribución del ave *Carduelis citrinella* debido a un cambio en su conducta migratoria en el último siglo (Engler *et al.*, 2014).

El *conservadurismo filogenético de nicho* se refiere a la tendencia de las especies a retener las características ecológicas ancestrales que les permitieron adaptarse a ciertas condiciones ambientales, por lo que sus descendientes conservan una proporción de tales características (Crisp *et al.*, 2009; Eliosa *et al.*, 2010). Éste puede ser ocasionado por varias causas: (1) selección natural estabilizadora, debido a que reduce la aptitud o el crecimiento demográfico en zonas que se ubican fuera del nicho,

por lo que la selección tiende a favorecer el mantenimiento de los rasgos de las especies (Wiens, 2004; Wiens y Graham, 2005); (2) flujo génico, que evita la expansión del nicho; (3) la pleiotropía, que es un fenómeno que consiste en que un solo gen afecta más de una característica y ésta puede reducir la adecuación; y (4) falta de variabilidad en características apropiadas que pueden permitir la dispersión fuera del nicho. Una consecuencia importante de la concepción de nicho es que permite predecir restricciones en los rangos de distribución geográfica de las especies a través del tiempo, creando ciertos patrones biogeográficos de distribución y riqueza de especies (Wiens, 2011).

1.2. Segregación de nicho y coexistencia

La segregación de nicho se presenta cuando las especies no comparten sus principales recursos (Traba *et al.*, 2015). Este mecanismo se puede ver afectado por la variabilidad espacial y temporal del hábitat (Statzner *et al.*, 2001) y por los caracteres de historia de vida (tamaño corporal, dimorfismo sexual, madurez sexual y actividad reproductiva; López *et al.*, 2015). En la segregación de nichos, los trabajos pioneros fueron realizados por Pianka (1974) con tres especies de lagartijas que habitan en el bosque amazónico y en el desierto, las cuales se encuentran separadas por uno o más ejes de nicho, como espacio, tiempo o alimento (Vitt *et al.*, 2000). Este concepto también se ha investigado en depredadores tope marinos, como peces teleósteos, tiburones, delfines y tortugas (Segurado y Figueredo, 2007; Kirszka *et al.*, 2011); en crustáceos marinos (Lastra *et al.*, 2010); en aves (Landmann y Winding, 1993); murciélagos (Arlettaz, 1999; Salsamendi *et al.*, 2012); tetigónidos (Ayal *et al.*, 1999), ardillas del desierto (Bartholomew y Hudson, 1961) y plantas (Silvertown *et al.*, 1999).

En las aves se ha estudiado la segregación de nicho para explicar cómo se evita o reduce la competencia interespecífica, ya sea por la existencia de alguna diferencia en la conducta de forrajeo ligada al dimorfismo sexual o moldeada por presiones selectivas ante los factores ambientales (Selander, 1966; Root, 1967)

Una consecuencia de la segregación de nicho puede ser la coexistencia que se da entre dos o más especies que se encuentran en un hábitat particular (Larson, 1984; Segurado y Figuerido, 2007). Y se presenta cuando la competencia entre las especies es ligera o débil, o por una separación en alguna dimensión del nicho (McKane *et al.*, 2002; Cushing *et al.*, 2004), debido a que los requerimientos que tienen las especies para sobrevivir son diferentes, los cuales pueden ser de índole ambiental, alimentaria, espacial, temporal o de comunicación acústica (Schmidt *et al.*, 2013).

Un ejemplo de diferenciación temporal de nichos para permitir la coexistencia ha sido documentada en dos especies de mántidos simpátridos (*Tenodera sinensis* y *T. angustipennis*) que eclosionan del huevo en diferentes fechas para evitar la competencia (Hurd, 1998). Hechos similares ocurren en poblaciones coexistentes de grillos camello del género *Dolichopoda* (Pasquale *et al.*, 1995), en las mariposas del género *Danaus* (Padilla, 1979), en lagartijas (Pianka, 1974) y en los tetigónidos (Latimer, 1981; Schirmel y Fartmann, 2013). Otro aspecto que puede permitir la coexistencia entre especies es la existencia de distintas adaptaciones morfológicas para explotar distinto tipo de alimento. Por ejemplo, los colémbolos presentan diferencias en sus piezas bucales para alimentarse de diferentes recursos (como hifas, esporas de hongos, bacterias, polen u otros animales), con lo que reducen la presión de competencia (Castaño-Meneses *et al.*, 2004). Asimismo, se ha registrado que en poblaciones coexistentes de hormigas, éstas consumen alimentos de distinto tamaño (Torres, 1984; Sarty *et al.*, 2007) o se distribuyen en diferente tipo de hábitat (Helms y Vinson, 2001).

1.3. Amplitud de nicho, traslape de nicho y exclusión competitiva

La amplitud de nicho se refiere a la extensión del espacio multidimensional de recursos y condiciones en los que una especie sobrevive. Por ejemplo, la amplitud de nicho de los koalas, que tienen una

dieta especializada, es reducida (Collwell y Futuyma, 1971), así como la dieta de los insectos en las islas Galápagos (Peck, 2008). Otros ejemplos de nicho estrecho en términos de microclima lo presentan 12 especies termófilas de insectos (una especie de hormiga, una de tetigónido y 10 de mariposas) que requieren un microclima brindado por cierta vegetación de pradera calcárea, que les permite contrarrestar el frío que prevalece en la Gran Bretaña (Bourna y Thomas, 2002). Además de estos ejemplos de amplitud estrecha, existen animales, como las larvas de mariposas de la familia Papilionidae (Scriber, 1973) y los elefantes marinos (Whitehead *et al.*, 2003) que tienen una mayor amplitud de nicho en cuanto a alimento se refiere. También ha evaluado la amplitud de nicho a partir de las condiciones ambientales (temperatura y radiación solar) requeridas por escarabajos (Vecco *et al.*, 2009; Sánchez-Reyes *et al.*, 2015).

La amplitud de nicho es una variable que puede compararse en diferentes poblaciones que integran una comunidad, tal como se ha hecho en peces que habitan en marismas del sudeste de Brasil, en donde se ha registrado la variación en su nicho alimentario a lo largo de su vida (Machado y Araújo, 2014). Por otro lado, Slack (1990) encontró alta variación en la amplitud basada en el pH en 13 especies de musgos del género *Sphagnum* pues éste varió entre 0.12 (en *S. marnstortii* y *S. vulgianum*) y 0.56 (en *S. angustifolium*).

Cuando dos especies comparten el mismo recurso o coexisten en otras dimensiones ambientales se dice que hay un *traslape de nicho*, y se espera que éstas desarrollen evolutivamente modificaciones o adaptaciones que les permitan coexistir (Price, 1997; Pianka, 2000). En este sentido, si dos especies se traslapan espacialmente en su distribución, entonces su morfología, patrón conductual o caracteres fisiológicos serán diferentes. El traslape de nicho se ha registrado en las hormigas *Lasius flavus* y *L. nearticus* que habitan en árboles en los EE.UU., y que presentan una distribución traslapada en los estados del este, por lo que difieren en longitud de antenas, forma de la cabeza, distancia de los segmentos palpales, en la pubescencia cefálica y en el tamaño de la reina (Price, 1997). Asimismo,

las mariposas termófilas, que ovipositan sobre *Hippocrepis comosa* (Fabaceae) en pastizales del Reino Unido, experimentan un traslape de nicho sobre las plantas en estadio larvario y adulto durante un mes al año, por lo que éstos últimos buscan plantas más altas (Roy y Thomas, 2003). Por último, los piojos *Polyplax serrata* y *Hoplopleura affinis* eligen los mismos huéspedes (mamíferos) del género *Apodemus* en Yunnan, China (Huo *et al.*, 2011).

También se ha registrado traslape en el nicho trófico de anuros consumidores de insectos (Duré *et al.*, 2009) y de peces nativos (Córdova-Tapia *et al.*, 2015). En roedores se reporta el traslape en el microhábitat (Wells *et al.*, 2004), en las nutrias por alimento y por el espacio (Monroy-Vilchis y Mundo, 2009), en las hormigas por alimento y zonas de forrajeo (Hölldobler, 1976) y en las tortugas en su distribución espacial (Segurado y Figueredo, 2007). También se ha registrado traslape en gorriones (Robins, 1971), papamoscas (Veen *et al.*, 2010) y gaviotas (González-Solís *et al.*, 1997).

Una consecuencia de un traslape de nicho es *la exclusión competitiva* que consiste en que la especie más eficiente en el uso de los recursos excluirá a la otra de un hábitat particular (Pianka, 2000; Almeida y Vinicius, 2004). Este mecanismo puede ser afectado por cambios en las condiciones ambientales, por disturbios y por la introducción de especies exóticas, ya que la composición de la comunidad cambia favoreciendo a cierto tipo de especies (Giller, 1984; Loydi y Distel, 2010; Denslow, 2014). La exclusión competitiva se ha registrado entre las hembras del albatros *Thalassarche albatros* que habitan en la cordillera Himalaya, las cuales excluyen a los machos de menor tamaño (Phillips *et al.*, 2004). Asimismo, se sabe que cuando la densidad de árboles en las montañas del oriente de Nevada alcanza un nivel alto, la ardilla *Eutamias umbrinus* excluye a *E. dorsalis* debido a que esta última es menos numerosa y tolerante (Brown, 1971). Otro ejemplo es la exclusión competitiva de formas nativas por especies introducidas, como es el caso del pez blanco (*Coreagus* spp.) en los lagos de Suecia que causó la desaparición de la trucha alpina *Salvelinus alpinus* durante los siglos XIX y XX (Giller, 1984).

1.4. Los grillos y el género *Oecanthus*

Los grillos (Orthoptera: Gryllidae) son insectos de cuerpo aplanado por el dorso que presentan antenas largas y órganos auditivos en la tibia delantera, así como tarsos divididos en tres artejos (McGavin, 2002). De estos insectos se conocen alrededor de 5,000 especies en el mundo (McGavin, 2002). Las hembras tienen un ovipositor con forma de aguja o cilindro y depositan sus huevos sobre el suelo, en los tallos o ramas de las plantas o en refugios subterráneos (Triplehorn y Johnson, 2005). Los machos tienen una glándula metanotal y cantan (grillan) con chirridos o trinos de entre 1,500 Hz y 10 kHz para cortejar a las hembras (Walker y Gurney, 1967; McGavin, 2002). Presentan de cinco a 12 estadios ninfales, y tanto ninfas como adultos viven en los mismos hábitats (Alexander, 2009).

El género *Oecanthus* agrupa a grillos conocidos comúnmente como grillos arborícolas, e incluye 62 especies cosmopolitas (Cigliano *et al.*, 2018). Habitan sobre plantas de todo tipo, incluyendo hemiparásitas y, en su mayoría, vuelan a distancias cortas (Wittaker, 1984; Gillott, 2005; Otte y Cowper, 2009; Collins, 2012; Zefa *et al.*, 2012). Después de que ocurre el apareamiento entre machos y hembras, éstas depositan sus huevos sobre las ramas de los árboles o arbustos (Alexander, 1962a; Brown, 1999; Otte y Cowper, 2009). Se alimentan de áfidos, himenópteros, orugas, huevos de arañas, hongos, materia orgánica, hojas, frutos, partes florales y pueden presentar canibalismo en condiciones de laboratorio (Gillott, 2005; Pérez-Escobedo y Cano-Santana, 2009). En México, *Oecanthus* se ha registrado en Baja California, Chiapas, Ciudad de México (ex Distrito Federal), Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz (Walker, 1962a, 1967; Pérez, 2007). En el estado de Puebla se han registrado cuatro especies, todas en el municipio de Zapotitlán Salinas, que son: *O. alexanderi* Walker 2010, *O. fultoni* Walker 1962, *O. rileyi* Baker 1905 y *O. leptogrammus* Walker 1962 (A. Romero-Mata e I. Castellanos-Vargas, obs. perss.), todas las cuales comparten el rasgo de presentar una coloración anaranjada en la cabeza (Collins, 2012). Las

primeras tres especies pertenecen al grupo “rileyi” (*sensu* Walker y Collins, 2010), que se caracteriza por presentar marcas redondas u ovaladas de color negro sobre los primeros dos segmentos de las antenas (Collins, 2005) y porque su canto consiste en chirridos o pequeños trinos producidos rítmicamente que son casi indistinguibles para el oído humano (Walker y Collins, 2010). *Oecanthus leptogrammus*, por su parte, pertenece al grupo “niveus” (Collins, 2005) y es un grillo que se caracteriza por presentar líneas longitudinales delgadas en el segmento basal de las antenas y coloración anaranjada en sus articulaciones (Walker, 1962a; Collins, 2012). Esta última especie habita en árboles o arbustos frondosos y se distribuye en EE.UU. (Texas), Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia y México (en los estados de Chiapas, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Veracruz, Sinaloa y Tamaulipas; Walker, 1967; Cigliano *et al.*, 2018; este estudio).

1.5. Justificación

El presente trabajo pretende comparar los rasgos del nicho ecológico de los grillos del grupo “rileyi” y *O. leptogrammus* en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla debido a que hay pocos estudios de las relaciones de nicho en insectos de la familia Gryllidae. Adicionalmente, en nuestro país sólo se ha estudiado el canto como rasgo con valor taxonómico (Walker, 1967), la relación de éste con la elección de pareja por parte de las hembras (Ponce-Wainer y Cueva del Castillo, 2008) y como parámetro para estimar densidad (Cano-Santana *et al.*, 2008); así como su distribución (Walker, 1967) y biología (Pérez, 2007; Romero-Mata, 2008; Pérez-Escobedo y Cano-Santana, 2009). Este género tiene una amplia distribución geográfica y tiene importancia económica y ecológica en EE. UU., debido a que las hembras ovipositan una gran cantidad de huevos sobre las ramas de las frambuesas dañando a las plantas, por lo que a éstas se les aplican pesticidas (Demchak, 2002). No hay estudios sobre este aspecto en México. Estos grillos son importantes en los ecosistemas por ser depredadores

de hemípteros (incluyendo homópteros), además de participar en el flujo de energía (Odum *et al.*, 1962; Sholes, 1984; Hanks y Denno, 1993).

El estudio de las relaciones de nicho en este tipo de grillos resulta interesante ya que muchas especies llegan a coexistir, como en la Ciudad de México (*O. niveus* y *O. californicus*) (Pérez, 2007); en la zona central de Ohio, EE.UU. (*O. niveus* y *O. exclamationis*) (Walker, 1962a); en la India (*O. rufuscens*, *O. indicus*, *O. bilineatus* y *O. henryi*) (Metrani y Balarkrishnan, 2005); y en el sur de Europa (*O. dulcisonans* y *O. pellucens*) (Cordero *et al.*, 2009). El estudio de las relaciones de nicho permitirían entender las razones de su coexistencia.

II. OBJETIVOS

El presente trabajo pretende describir los atributos del nicho de las especies de grillos arborícolas que coexisten en Zapotitlán Salinas, Puebla (*Oecanthus alexanderi*, *O.fultoni*, *O. rileyi* y *O. leptogrammus*), tomando como base las actividades de los adultos del sexo masculino.

Los objetivos particulares de este trabajo son:

- 1) Determinar el número de especies que coexisten en la zona urbana y alrededores de Zapotitlán Salinas
- 2) Estimar la abundancia de cada una de las especies estudiadas.
- 3) Describir la distribución espacial local que tienen los grillos del sexo masculino de las especies presentes en el lugar.
- 4) Comparar la fenología de las especies a través del análisis de la actividad de canto de los machos adultos.
- 5) Analizar el ámbito de plantas hospederas que utilizan los machos adultos de cada especie de este género para llevar a cabo sus actividades nocturnas.
- 6) Comparar las relaciones de nicho que se presenta entre los grillos adultos del género *Oecanthus* considerando el tipo de sitio, planta hospedera y la fecha del muestreo.
- 7) Describir las condiciones de temperatura y humedad relativa en las cuales los machos de cada especie del género cantan.
- 8) Evaluar si la estructura de la comunidad de grillos arborícolas (incluyendo datos de hembras adultas y ninfas) es sensible al grado de disturbio y a la composición de especies vegetales.
- 9) Comprender de mejor manera aspectos de la biología de las especies de grillos estudiadas (morfología y ciclo de vida).

La segregación del nicho acústico entre los animales se lleva a cabo porque éstos presentan una variación en horarios, frecuencia y patrón de cantos (Bukhvalova, 2006). Por lo anterior, si las especies de grillos estudiadas tienden a coexistir en tiempo y espacio y sus recursos están limitados, se espera que las especies presenten: (1) diferencias en el horario y condiciones ambientales al realizar las actividades del canto y (2) diferencias en plantas hospederas y sitios usados como hábitat.

III. ANTECEDENTES

Hay pocos estudios de las relaciones de nicho en insectos de la familia Gryllidae. Uno de los primeros trabajos donde se estudia el nicho de grillos es el Alexander (1961) que utiliza el concepto para referirse al hábitat donde se encuentran estos insectos. En otro estudio se reporta la coexistencia de cuatro especies del género *Oecanthus* (*O. bilineatus*, *O. rufescens*, *O. indicus* y *O. henryi*) en la India, todas las cuales tienen requerimientos diferentes en cuanto al microhábitat que usan (Metrani y Balakrishnan, 2005). En la República de Mauricio hay otro posible caso de coexistencia entre dos especies de grillos, uno colono de África (*Taciturna baiderae*) y otro colono de Australasia [*Gialaia* (*Eugialaia*) *strasbergi*] que se encuentran compartiendo nichos similares en el suelo, ya que ambas son especies excavadoras (Hugel, 2014). Otro ejemplo es el que se registró en Zapotitlán Salinas (Puebla), en donde dos especies del género *Oecanthus* (originalmente identificadas como *O. niveus* y *O. exclamationis* que corresponden a *O. fultoni* y *O. alexanderi*, respectivamente) eligen diferentes plantas para emitir sus cantos (Romero-Mata, 2008). Un ejemplo más de coexistencia en especies simpátridas relacionada con el canto se registra en *Gryllus rubens* y *G. texensis*, las cuales presentan patrones de pulsos diferentes, así como una diferencia en la longitud del ovipositor de las hembras, siendo el de *G. rubens* más largo y posiblemente mejor adaptado a suelos arenosos (Izzo y Gray, 2004).

Un concepto importante para estudiar relaciones de nicho en grillos es el llamado *nicho acústico*. La hipótesis de nicho acústico deriva de las observaciones empíricas del sonido producido por especies que vocalizan en el mismo tiempo, en una localidad con un pequeño traslape permitiendo la repartición del espacio acústico, además considera la dimensión sensorial del espacio que rodea al organismo (Seuer y Farina, 2015).

El nicho acústico evalúa el rango de parámetros de señales sonoras (estructura del canto, intensidad, frecuencia y la atenuación de la señal) y ambientales (como la densidad de los machos

que cantan, así como de la composición de las especies de los coros) que transfiere información especie-específica, por lo que la comunicación de especies simpátricas es posible y exitosa (Bukhvalova, 2006; Korsunovskaya, 2009; Balakrishnan *et al.*, 2014). Por lo general, el nicho acústico es usado por los machos de los insectos para atraer a las hembras, marcar territorio, o simplemente comunicarse, este canal también es usado por los mamíferos (terrestres y marinos), crustáceos, anfibios y aves (Krause, 1993; Morisaka *et al.*, 2005; Korsunovskaya, 2009). El estudio de nicho acústico tiene un alto grado de dificultad cuando hay un gran número de especies que se encuentran cantando simultáneamente debido a que es difícil detectar, discriminar y localizar un patrón de canto específico (Korsunovskaya, 2009). A pesar de lo anterior, cada especie ocupa su propio nicho en el espacio acústico, usando el canal de comunicación de cierta manera, lo cual ocurre realizando ensambles acústicos a diferentes alturas para facilitar la comunicación con sus congéneres con poca o nula interferencia (Korsunovskaya, 2009). En el caso de los estudios sobre el nicho acústico de los grillos arborícolas, se ha reportado el traslape en la frecuencia, en las tasas de repetición y en la duración del llamado a las hembras en los grillos *O. henryi* y *O. indicus* en la India (Metrani y Balakrishnan, 2005).

Por otro lado, Schmidt *et al.* (2013) estudiaron la segregación de nicho acústico en los grillos de las subfamilias Nemobilineae, Eneopterinae, Trigonidiinae y Oecanthinae que habitan en la selva de la República de Panamá, ya que cada especie de grillo tiene un canal acústico particular para que la hembra de su misma especie lo pueda identificar y así se puedan aparear. No obstante, Alexander y Meral (1967) encontraron que las poblaciones de *Gryllus veletis* y *G. pennsylvanicus* que habitan en pastizales de Michigan presentan traslape durante el mes de julio, lo que promueve una fuerte competencia al momento de cantar, provocando que una de las dos especies sea desplazada. Bukhvalova (2006) discute que distintos grupos taxonómicos presentan variación en el horario de canto, pues las cicadas lo hacen en la mañana, los grillos en el crepúsculo y las esperanzas en la noche.

Un factor que puede modificar los parámetros del nicho acústico es el disturbio, debido a que los grillos son muy sensibles a él. Por ejemplo, en los grillos que habitan en el suelo y llegan percibir un movimiento repentino cuando están cantando, éstos modifican su estridulación (Alexander, 1961). Otro ejemplo, es el de *Brachyprudes tropicus* que canta por varios minutos sin interrupción, pero cuando hay un disturbio, su trino es corto (Dessuter-Grandcolas, 1998).

IV. METODOLOGÍA

4.1. Área de estudio.

El estudio se realizó en la Barranca Grande y en el pueblo de Zapotitlán Salinas, situados en el municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla, localizado en la parte suroccidental del valle de Tehuacán, en áreas situadas a unas altitudes de entre 1,410 y 1,560 m (18° 20' N, 97° 28' O) (Arias *et al.*, 2001). El clima de la zona es seco con régimen de lluvias en verano (Arias *et al.*, 2001), la precipitación anual es de 400-450 mm y la temperatura promedio anual es de 21°C (Paredes-Flores *et al.*, 2007; Ruiz *et al.*, 2008). El tipo de suelo que se encuentra en la zona es fluvisol calcáreo con textura franco arenosa (Ruiz *et al.*, 2008). La vegetación es característica de clima seco, en donde destacan áreas de matorral xerófilo y hay dominancia de tetechera [agrupaciones de plantas de 3 a 10 m de altura de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg (Cactaceae)] (Osorio *et al.*, 1996; Bravo-Mendoza *et al.*, 2007). La flora de zonas perturbadas está representada por *Wigandia urens* (Ruiz & Pavón) Kunth, *Gymnosperma glutinosum* (Spreng) Less, *Cordia curassavica* (Jacq.) Rem. & Schult., *Datura discolor* Bernh, *Stevia lucida* var. *bipoutinii* Lag, *Melinis* (ex *Rhynchelytrum*) *repens* (Willd.) Zizka *Heliotropium calcicola* Fern, *Dodonaea viscosa* Jacq., *Iresine* sp. P. Browne, *Lippia graveolens* Kunth, *Cnidoscolus tehuacanensis* Breckon, *Croton ciliato-glanduliferus* Ortega, *Alcalypha* sp. L., *Eupatorium* sp. L., *Sanvitalia procumbens* Lam, *Vernonia* sp. Schreb e *Ipomoea wolcotiana* Rose (Romero-Mata, 2008).

4.2. Trabajo de campo

En una primera fase se hicieron visitas diurnas en dos salidas realizadas en enero y marzo de 2013, ya que en el estudio realizado por Romero-Mata (2008) se reportaron altas abundancias para muestrear *O. fultoni* (identificado en ese trabajo como *O. niveus*). Durante el día, se realizó un

vagabundeo para estimar la tasa de emigración e inmigración y conocer la biología de la especie y durante la noche se estimó la densidad de machos. No obstante, con el muestreo diurno sólo fue registrado *O. fultoni*. Por ello, posteriormente se llevaron a cabo visitas nocturnas en estaciones permanentes situadas en sitios muy perturbados con presencia de plantas de *Wigandia urens*, denominados sitios PCW, que estudios previos demuestran que es una especie muy preferida por grillos arborícolas (Cano-Santana, 1987; Romero-Mata, 2008); sitios muy perturbados sin *W. urens* (denominados PSW), y en sitios con bajo disturbio localizados en la tetechera (“tetechera con bajo nivel de disturbio”; TBD). Esto se hizo cada 2 meses en el periodo comprendido entre mayo de 2013 y mayo de 2014. El nivel de disturbio se evaluó cualitativamente de acuerdo a indicios de actividad humana (extracción de cantera, actividad de ganado caprino y construcciones humanas).

Con las visitas a las estaciones permanentes se buscaba conocer la distribución espacial, la variación temporal nocturna de actividades de machos, la fenología y el uso de plantas hospederas, mientras que con el vagabundeo sólo se buscaba conocer la distribución espacial según se detalla a continuación.

4.2.1. Distribución espacial. Para conocer la distribución que presenta cada especie se utilizaron los datos obtenidos mediante dos métodos. Por un lado, se registraron los grillos encontrados en estaciones permanentes (ver 4.2.2), en las cuales adicionalmente se capturaban ninfas, hembras y machos, tanto los que se encontraban desplegando una conducta de canto (a los que se les denominará en lo sucesivo, *machos cantores*) como aquellos machos que no desplegaban esta conducta (a los que se les denominará *machos silentes*). Por otra parte, se realizó un vagabundeo en las noches por las calles del pueblo en cada una de las salidas, para detectar el canto de los machos (sin que fuera necesaria la captura de los ejemplares). Una vez que se detectaba a un macho cantor, se registraban los siguientes datos: geoposición, temperatura y humedad relativa del aire y especie de planta




hospedera sobre la que se encuentra éste. Con los datos obtenidos de geoposición se elaboró un mapa de distribución de los grillos del sexo masculino con el programa Google Earth.

4.2.2. *Muestreo en estaciones.* Se visitaron 30 estaciones: 10 localizadas en sitios PCW, 10 en sitios PSW y 10 sitios TBD (ver Cuadro 4.1). Los sitios PCW fueron ubicados en la Barranca Grande y un sitio en un terreno particular localizado en el interior del pueblo situado en un rango de altitudes de entre 1,414 y 1,482 m. Los sitios PSW, por su parte, fueron terrenos baldíos, particulares y zonas de la Barranca Grande dominadas por *Prosopis laevigata*, *Schinus molle* y *Vachellia* (ex *Acacia*) sp., ubicados en un ámbito de altitudes de entre 1,429 y 1,546 m, en tanto que los sitios TBD se ubicaron en la zona no urbana aledaña al poblado (Paredes-Flores *et al.*, 2007), donde de manera natural *W. urens* no coloniza, y en los terrenos del Jardín Botánico “Helia Bravo Hollis” establecidos entre los 1,622 y 1,650 m s.n.m. Los sitios de vegetación perturbada se caracterizaban por tener una alta fracción de terreno yermo bajo efecto del pisoteo constante y erosión, en tanto que en los sitios TBD el pisoteo es de mucha menor envergadura, pero son sitios sometidos a extracción de ónix y frutos comestibles (Cuadro 4.1). La Barranca Grande es utilizada para forrajeo de ganado caprino, aunque también es receptor del drenaje y de los desechos domésticos del pueblo, además de que hay paso de camiones de volteo que transportan la piedra extraída de la zona. Los sitios de las zonas PCW y PSW fueron permanentes, en tanto que las parcelas TBD cambiaron en cada muestreo ya que la densidad de grillos en este tipo de parcelas era muy baja. De este modo, en cada fecha de muestreo y solamente para este tipo de sitio se seleccionaban 10 parcelas donde se localizara al menos un grillo arborícola cantor, excepto en mayo de 2014, cuando sólo se pudieron establecer seis estaciones.

En cada estación se permaneció 5 min como mínimo para escuchar el canto de algún grillo. Una vez que se detectó el canto, se registró el número de individuos cantores, se capturó al individuo para verificar que la especie coincidiera con el canto emitido, para lo cual se les revisaron los dos primeros segmentos antenales (Fig. 4.1), dado que la coloración de los grillos es muy parecida (Fig.

4.2). El tiempo para capturar al grillo varió, ya que *O. leptogrammus* es sensible a la luz y dejaba de cantar cuando la luz era dirigida a la planta donde éste se encontraba. En caso de que hubiese ejemplares acompañantes (ninfas y hembras) en la estación, éstos se capturaron. De todos los ejemplares colectados se registró la planta donde se encontró y, en el caso de los machos en actividad de canto se registraba la temperatura y la humedad relativa prevalecientes en ese momento, así como la hora, sin considerar el horario de verano.

Cuadro 4.1. Descripción y clasificación de las estaciones muestreadas en Zapotitlán Salinas, Puebla para conocer la fenología y plantas hospederas del género *Oecanthus*.

Foto	Tipo de sitio	Aspecto	Disturbio	Vegetación
	Vegetación perturbada con <i>Wigandia urens</i> (PCW)	Barranca y zonas planas	Alto	Baja cobertura con dominancia de <i>W. urens</i> y <i>Vachellia</i> spp.
	Vegetación perturbada sin <i>Wigandia urens</i> (PSW)	Barranca y terrenos particulares y baldíos	Alto	Baja cobertura y ausencia de <i>W. urens</i> con dominancia de <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Ricinus communis</i>
	Tetechera con bajo nivel de disturbio (TBD)	Lomas y hondonadas	Bajo	Matorral xerófilo con densa cobertura y dominancia de <i>Neobuxbaumia tetetzo</i> , <i>Mimosa luisana</i> y <i>Cnidoscolus tehuacanesis</i>

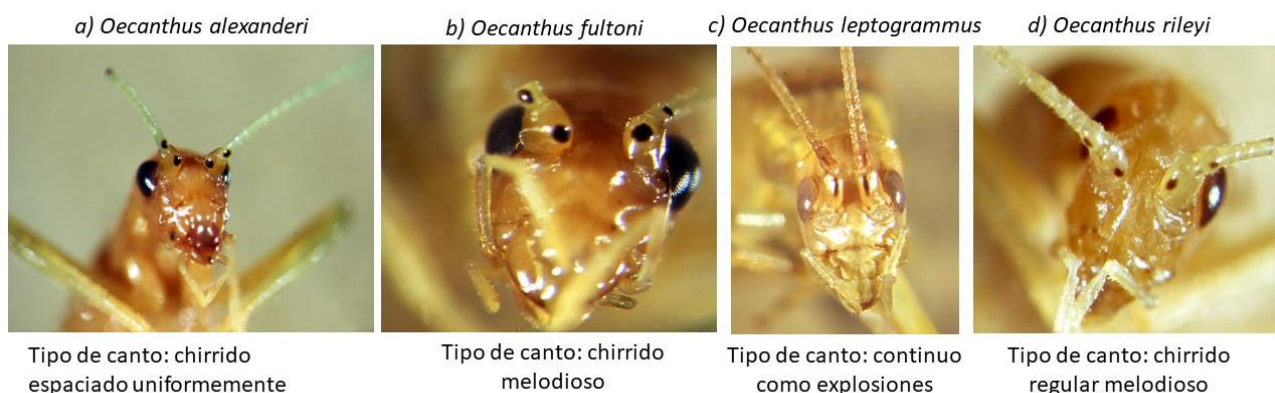


Figura 4.1. Marcas de los primeros dos segmentos antenales de grillos del género *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Puebla. Imágenes de Ana Isabel Bieler Antolín. Los cantos pueden consultarse en la página web: <http://entnemdept.ufl.edu/walker/buzz/index.htm>.

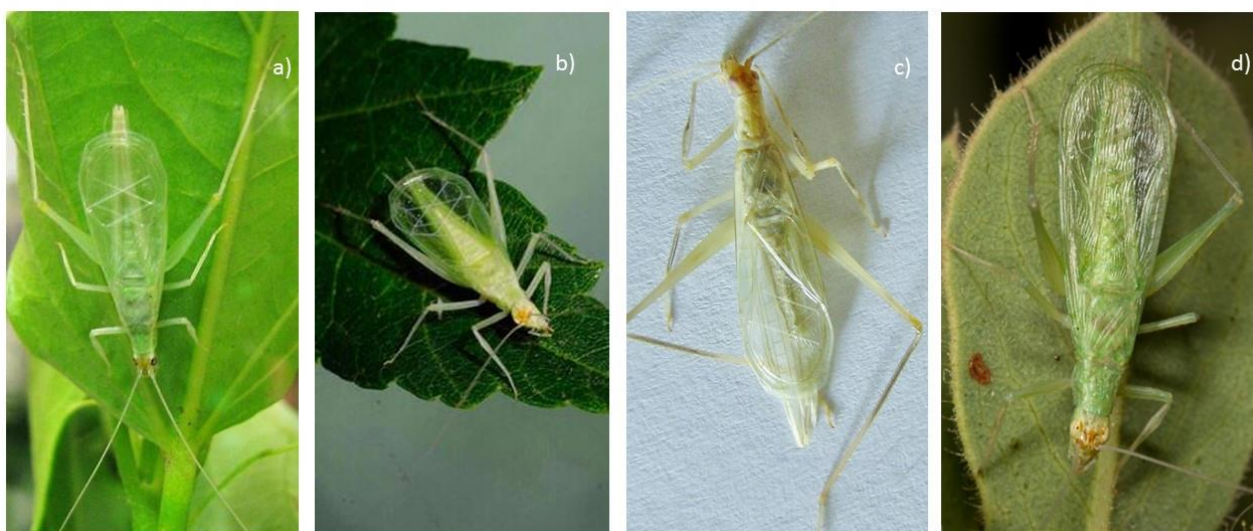


Figura 4.2. Machos del género *Oecanthus*. a) *O. alexanderi* (Foto: Wisconsin Oecanthinancy©), b) *O. fultoni* (Foto: Joseph Berger©), c) *O. leptogrammus* (Walker, 1962a) y *O. rileyi* (Alice Abela©).

4.2.3. *Abundancia, densidad y fenología de los grillos.* Con los datos agrupados de todos los individuos registrados en cada estación (machos, hembras y ninfas), se obtuvo la abundancia, la densidad y la fenología de cada especie de grillo, y se realizaron los siguientes análisis. 1) Un modelo lineal generalizado Poisson con ligamiento log para conocer si había diferencias en las abundancias de los grillos en función de la especie y la fecha de muestreo, el cual fue realizado con el programa

JMP (SAS Institute, 2017). 2) Un Análisis de Varianza (ANdeVA) de tres factores para conocer si el tipo de estación, fecha y especie de grillo tenían un efecto sobre la densidad; en este caso, para conocer las diferencias entre celdas se usó la prueba *post hoc* de Tukey y los datos de densidad fueron transformados como $\log(x+1)$, debido a que los valores son discretos (Zar, 2010). Este análisis se hizo con el programa Statistica ver. 7 (StatSoft, 2004).

4.2.4. *Densidad de machos y efecto del tipo de estación.* Con los datos agrupados de los machos (cantores + silentes) registrados en cada estación, se obtuvo la densidad utilizando el índice modificado de Petraborg (Cano-Santana *et al.*, 2008):

$$D = \frac{\bar{h}}{\pi(r_a)^2}$$

donde: \bar{h} = número promedio de individuos que se encontraron (machos cantores y machos silentes) en las estaciones y r_a = distancia máxima aural a la que se escucha el canto de los grillos. Para la zona TBD $r_a = 5$ m y para las otras dos zonas $r_a = 8$ m. Con estos datos se hizo un ANdeVA de tres factores para conocer si el tipo de estación, fecha y especie de grillo tenían un efecto sobre la densidad de machos; en este caso, también, para conocer las diferencias entre celdas se usó la prueba *post hoc* de Tukey y los datos de densidad fueron transformados como $\log(x+1)$, debido a que éstos son discretos (Zar, 2010). Este análisis se realizó con el programa Statistica 7.

Dado que el muestreo de grillos en las parcelas TBD se basó en la presencia de al menos un ejemplar cantor, se debe considerar que los datos de densidad en esta zona están sobrestimados.

Por otro lado, los registros de machos observados en cada estación fueron analizados con una prueba de χ^2 para determinar si la frecuencia en la que se encuentran los machos (cantores + silentes) de cada especie de grillo es independiente del tipo de sitio, y si había diferencias significativas se realizaban pruebas de residuos estandarizados (Siegel y Castellan, 1970).

4.2.5. *Plantas hospederas: traslape y amplitud de nicho.* Para cada tipo de estación se describió la comunidad vegetal en las estaciones PCW, PSW y TBD. Con el fin de conocer la semejanza entre las especies vegetales utilizadas por cada grillo, se hizo un análisis de similitud de Sørensen en el programa Past 3.0 (Hammer *et al.*, 2001) con los datos de plantas hospederas utilizadas por los adultos de cada especie de grillo en cada tipo de parcela.

Con las frecuencias de los machos y hembras registrados en cada especie de planta, tipo de sitio y fecha se calculó el índice simplificado de Morisita (C_H) para conocer el traslape de nicho. El cálculo del índice simplificado de Morisita se hizo con la siguiente ecuación:

$$C_H = \frac{2 \sum_i^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_i^n P_{ij}^2 + \sum_i^n P_{ik}^2}$$

donde: P_{ij} = proporción de las plantas de la especie i usado por la especie de grillo j , P_{ik} =proporción de las plantas hospederas i usado por la especie k , y n_i = número total de especies hospederas. Los valores obtenidos de este índice oscilan entre 0 (solapamiento nulo) y 1 (solapamiento completo), sin embargo, Langton (1982) propone una escala en donde el traslape puede ser bajo (0-0.29), medio (0.30-0.60) y alto (>0.60). Para evaluar si existe un traslape biológico significativo con los valores >0.60 se hizo una prueba de Kruskal-Wallis con el programa SPSS (Moreno *et al.*, 2009). Así mismo, se estimó la amplitud de nicho con el índice de Levin (B) utilizando la siguiente fórmula (Krebs, 1989):

$$B = \frac{1}{\sum p_j^2}$$

donde p_j = proporción de individuos encontrados en o usando el recurso dado j . Los valores obtenidos fueron estandarizados con la siguiente ecuación (a lo que se le denominará índice estandarizado de Levin; Krebs, 1989):

$$B_A = (B-1)/(n-1)$$

donde B = la amplitud de nicho y n =es el número de posibles recursos. Los datos fueron estandarizados para que estuvieran en un intervalo de 0 a 1, donde 0 indica que la amplitud de nicho es reducida y 1 una gran amplitud de nicho, siendo valores menores de 0.6 los que indican que se consumen pocos recursos y valores mayores 0.6 señalan que se consumen todos los recursos sin ninguna selección (Moreno *et al.*, 2009).

Se hizo un listado de plantas perennes y se calculó la cobertura vegetal de cada una de ellas en cada una de las estaciones muestreadas para determinar la oferta de copa de cada especie, y estimar la preferencia de planta por cada especie de grillos, suponiendo que la cobertura relativa de cada especie perenne se mantuvo constante a lo largo del año (ver Romero-Mata, 2008). Para determinar la cobertura de cada especie de plantas se censaron todas las plantas perennes presentes en cada una de las estaciones PSW, PCW y TBD entre enero y mayo de 2014. Como las estaciones TBD variaban en posición entre fechas de muestreo, se hicieron los censos sobre aquéllas que fueron utilizadas en enero de 2014. En el censo, se registraba la especie de cada planta, el diámetro mayor (d_1) de la copa y el perpendicular a éste (d_2). La cobertura (C) fue calculada con la siguiente ecuación (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974):

$$C = \left(\frac{d_1 + d_2}{4} \right)^2 \pi$$

También se realizó una prueba de χ^2 para conocer si los grillos se distribuyen al azar de acuerdo con la cobertura que ofrecen las diferentes especies de plantas; y, si había diferencias significativas dentro de una casilla entre frecuencias observadas y esperadas, se hacían pruebas de residuos estandarizados (Siegel y Castellan, 1970). Sin embargo, esta prueba no se puede realizar si el valor de la frecuencia esperada es menor que cinco en el 20% de las casillas (Siegel y Castellan, 1970), en cuyo caso se utilizó una prueba binomial (Zar, 2010).

4.2.6. *El papel de la temperatura y la humedad ambiental.* Con los datos obtenidos de temperatura y humedad relativa se construyeron histogramas de frecuencias. Se graficó cada valor obtenido por especie de grillo con el programa SigmaPlot 12.3 (Systat, 2011) para conocer si las especies presentan traslape en la temperatura y humedad relativa para las actividades de canto. Se calculó el índice simplificado de Morisita (C_H) para conocer el traslape de nicho en esta dimensión (ver sección 3.2.5). Según la escala de Langton (1982), si el valor es 1 el traslape es total, y si era menor a 0.29 hay un traslape mínimo, mientras que los valores de éste eran mayores a 0.60 indican un traslape significativo. Si el traslape es mayor a 0.60 se hace una prueba de Kruskal-Wallis. Por último, se obtuvo la amplitud con el índice estandarizado de Levin (ver sección 4.2.5).

Se realizó una prueba de χ^2 para conocer si la distribución de frecuencias de grillos macho en actividad de canto a distintos valores de temperatura y humedad relativa dependía de la especie de grillo. Si había diferencias significativas se realizaba un análisis de residuos estandarizados (Siegel y Castellan, 1970). Por otra parte, para conocer si existía diferencia entre la temperatura y la humedad a la que cantan los machos de las especies del género *Oecanthus* detectadas se realizó un análisis de varianza (ANdeVA) de una vía, y si había diferencia significativa se hizo una prueba *post hoc* de Tukey con el programa Statistica 7. Los datos de humedad fueron transformado como $\text{sen}^{-1}\sqrt{x}$, por tratarse de porcentajes. Aunque los datos transformados de temperatura y de humedad relativa no presentaron una distribución normal, se decidió mantener la aplicación del ANdeVA debido a que esta prueba sigue siendo robusta a pesar de la falta de este atributo en los datos (Martínez *et al.*, 2006; Vallejo *et al.*, 2010).

4.2.7. *Estructura de la comunidad de grillos.* Para saber si las parcelas de distinto tipo eran similares entre sí en el ensamblaje de grillos, se hizo un dendrograma de Bray-Curtis usando el algoritmo de distancia mínima con el programa Primer-e6 (Clarke y Gorley 2006), para saber si las parcelas de

distinto tipo eran similares entre sí en su ensamblaje de grillos. Para ello, se utilizaron los datos de la abundancia de machos de cada especie en todos los tipos de sitio, para *Oecanthus alexanderi* y *O. fultoni* se utilizaron los datos de todo el año de muestreo, mientras que para *O. leptogrammus* sólo se utilizaron los registros de noviembre, debido a que no se muestrearon las mismas estaciones TBD y fue la fecha en donde la abundancia fue más alta; asimismo, para que pudieran ser comparables entre ellas, ya que las parcelas TBD cambiaron de ubicación en cada fecha de muestreo.

Para conocer si la comunidad de grillos difería según el tipo de sitio también se construyó un dendrograma con el programa Past 3 basado en el índice de similitud de Czekanowski tomando los datos de abundancia de adultos y ninfas de cada especie tomados en cada salida. Para conocer cómo la comunidad de grillos responde a las variables ambientales se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) en el programa CANOCO 4.5 con los datos de temperatura, humedad y cobertura vegetal de las plantas. Para conocer si había variables que tuvieran una mayor importancia dentro de la comunidad se hizo un análisis de permutación de Montecarlo en el programa CANOCO con 999 iteraciones (Ter Braak y Šmilauer, 2002).

4.3. Historia natural

A una parte de los ejemplares capturados (1,216 individuos), durante el muestreo se les midió la longitud total, longitud del fémur III y longitud cabeza. A los machos se les midió la longitud de alas y a las hembras el ovipositor. Con los datos de longitud total de los machos, hembras y ninfas se hizo un ANDeVA para conocer si había diferencias entre especies de grillos. Las medidas de longitud total se tomaron de la mandíbula a la parte final del abdomen para ninfas y machos, y las hembras fueron medidas de la mandíbula al ovipositor. Los intervalos de la longitud total fueron establecidos de acuerdo a los trabajos de Pérez (2007) y Romero-Mata (2008).

Durante el muestreo de mayo de 2014 se registró la altura a la que se encontraban estos machos dentro de las plantas hospederas. Para determinar si hay diferencias entre especies en la altura a la cual se ubican los machos para cantar se hizo un ANdeVA de una vía.

Las ninfas, hembras y machos colectados fueron cultivados en botes de plástico transparentes de 7×12 cm. Las ninfas de las tres especies fueron criadas en condiciones de laboratorio con hojas de *W. urens* y croqueta para alimentar perros (Campeón ®, Cuautitlán, Edo. de México) previamente molida. Se usaron hojas secas como sustrato. A las ninfas de *O. alexanderi* y *O. leptogrammus* se les registró el tiempo en que tardaban de pasar de un estadio a otro, debido a que no se tiene registro de su ciclo de vida.

Los adultos cultivados en laboratorio fueron alimentados de la siguiente manera: *Oecanthus alexanderi* se alimentó de hojas de *W. urens* y *Buddleja cordata*; *O. fultoni* solamente de hojas de *W. urens*, y *O. leptogrammus* de hojas de *B. cordata* y *Morkillia mexicana*. La dieta que se les ofreció fue basada en las observaciones que se realizaron en el campo.

V RESULTADOS

5.1. Número de especies y distribución espacial de machos cantores y silentes

Durante el muestreo realizado se registraron tres especies de grillos arborícolas: *Oecanthus alexanderi*, *O. fultoni* y *O. leptogrammus*. No se encontró ningún ejemplar de la especie *O. rileyi*. Los machos (cantores y silentes) de *O. alexanderi* se encontraron distribuidos en las estaciones PCW (perturbadas con *Wigandia urens*) y en las estaciones PSW (perturbadas sin *W. urens*). *Oecanthus fultoni* se encuentra registrado también en esas zonas, pero en muchas más estaciones que en las que se reporta *O. alexanderi* (Fig. 5.1). Por su parte, *O. leptogrammus* se encuentra distribuido en las estaciones PSW y en las estaciones TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio). En algunas estaciones se encuentra coexistiendo con *O. alexanderi* y *O. fultoni*, mientras que en otras esta especie está sola (Fig. 5.1).

5.2. Abundancia, densidad y fenología de grillos

5.2.1. *Abundancia*. Se encontró un efecto significativo de la especie ($\chi^2_1 = 46.90$, $P < 0.001$), la fecha ($\chi^2_1 = 39.525$, $P < 0.001$) y la interacción especie \times fecha ($\chi^2_1 = 10.192$, $P < 0.001$) sobre las abundancias que registraron los grillos (Y ; ninfas + adultos; Fig. 5.2), obteniéndose el siguiente modelo: $(3.09) + 0.09 (\text{fecha}) + 0.25 (\text{especie}) - 0.58 (\text{fecha} \times \text{especie})$ (devianza = 0.058, $P < 0.0001$). *Oecanthus fultoni* registró una abundancia significativamente más alta que las otras dos especies, en tanto que la abundancia de *O. leptogrammus* fue significativamente más alta que la de *O. alexanderi*. Por otro lado, se encontró que, en general, la abundancia de los grillos varió significativamente entre fechas en el siguiente sentido: noviembre > marzo > mayo de 2013 = julio > septiembre = enero = mayo 2014.

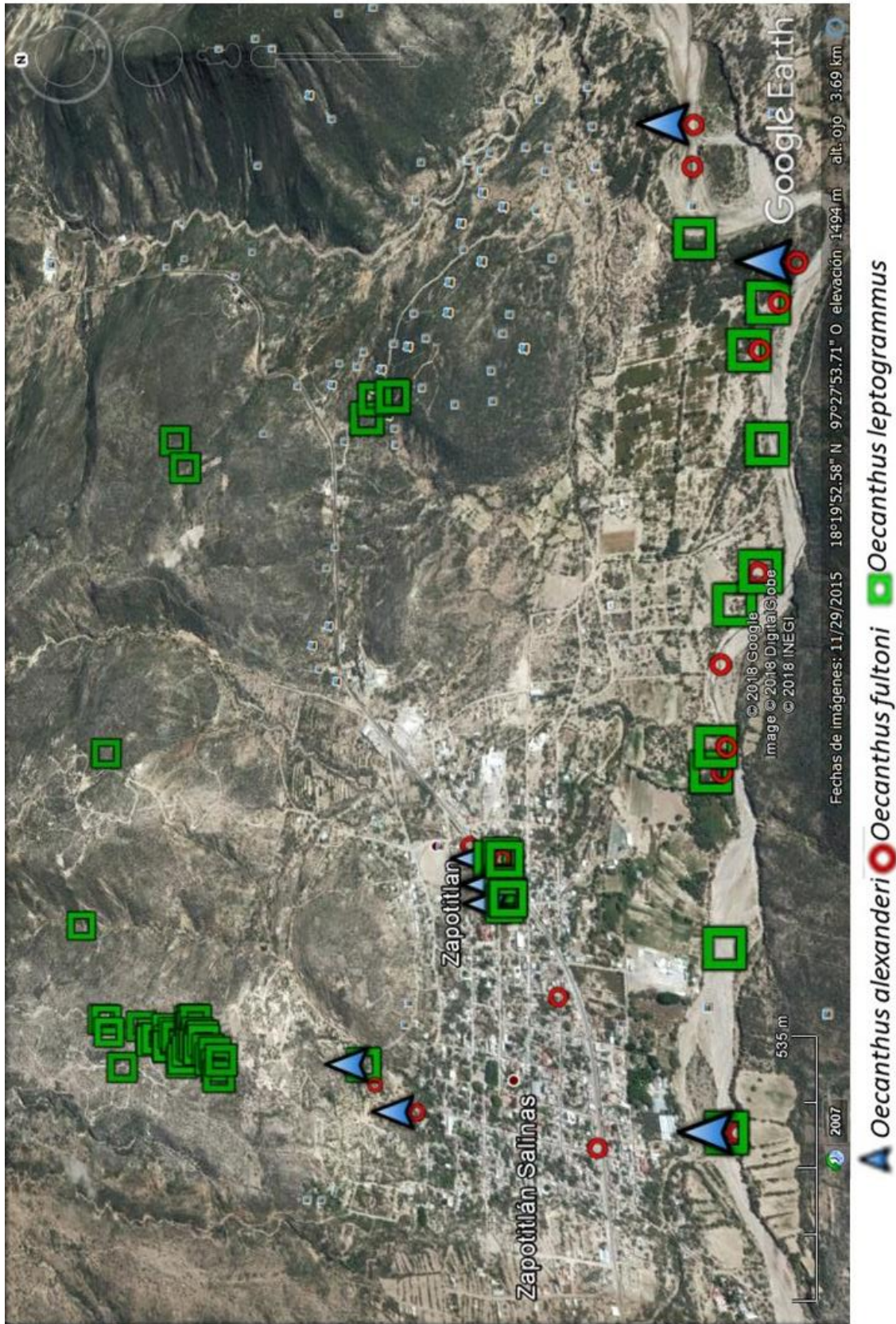


Figura 5.1. Mapa de distribución espacial de grillos del sexo masculino de tres especies del género *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Puebla durante 2013-2014 (Google Inc., 2015).

En el caso de *Oecanthus alexanderi* se encontró que el número de grillos registrados entre septiembre y mayo de 2014 (nueve a 21) fue significativamente mayor que la que se reportó en mayo (dos ejemplares) y julio del 2013 (un ejemplar) (Fig. 5.2.).

En noviembre *O. fultoni* registró una abundancia significativamente más alta (346 ejemplares), seguida de la registrada en el mes de marzo en el que se registró una abundancia intermedia (185 ejemplares). No se encontraron diferencias significativas en las abundancias de esta especie registradas en julio, septiembre, marzo y mayo 2014. La abundancia significativamente más baja se registró en mayo 2013 (20 ejemplares) (Fig. 5.2).

Por otro lado, se encontró que la abundancia de *O. leptogrammus* fue significativamente más alta en noviembre (48 ejemplares) que en enero (29 ejemplares) y en mayo 2014 (21 ejemplares); del mismo modo, la abundancia registrada en septiembre (46 ejemplares) fue significativamente más alta que la obtenida en mayo 2014 (21 ejemplares) que es el mes en el que se obtuvo la menor abundancia. Las abundancias registradas en mayo 2013, julio y marzo no difirieron significativamente entre sí, ni con las abundancias del resto de los meses muestreados (Fig. 5.2).

5.2.2. *Densidad.* La fecha, el sitio, la especie y las interacciones fecha \times tipo de sitio, fecha \times especie y tipo de sitio \times especie tuvieron un efecto significativo en la densidad de grillos (machos silentes, machos cantores, hembras y ninfas) registrada en mayo de 2013 a mayo de 2014 (ver Cuadro 5.1), sin embargo la interacción fecha \times tipo sitio \times especie no presenta efecto sobre este parámetro. En cuanto al tipo de sitio se refiere, los grillos se presentan en mayor número en estaciones PCW (perturbadas con *Wigandia urens*) que en los sitios PSW (perturbados sin *W. urens*) y TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio), siendo *Oecanthus fultoni* la especie que tuvo mayor densidad en comparación de *O. leptogrammus* y *O. alexanderi*.

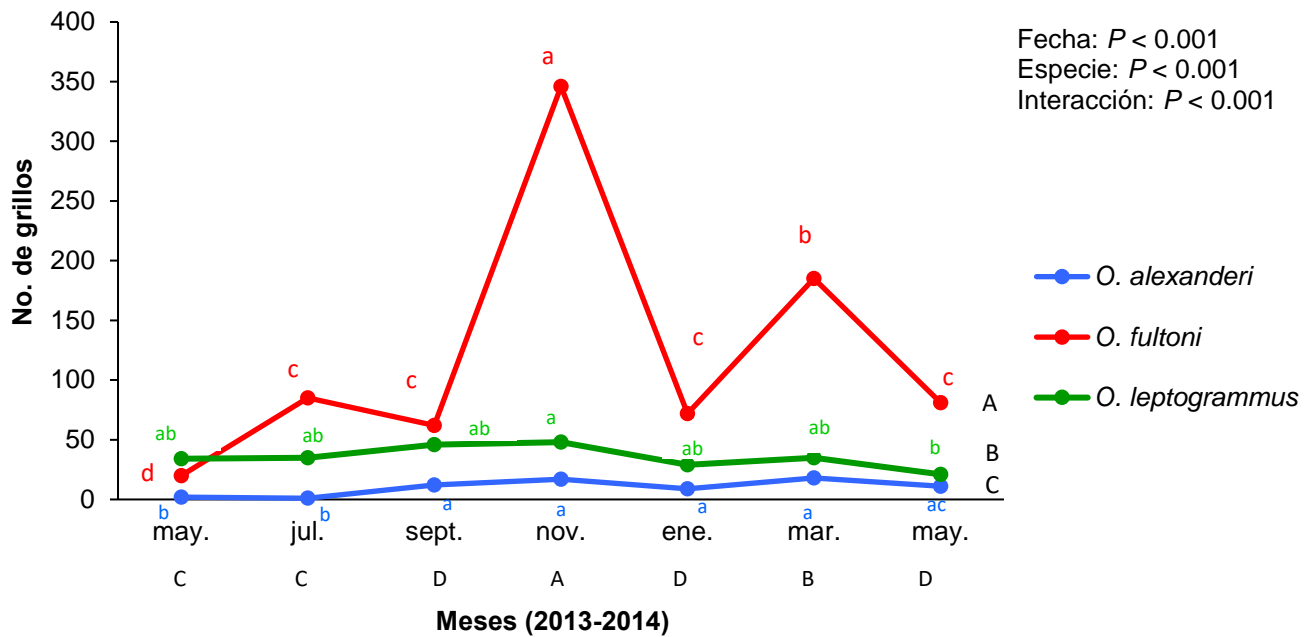


Figura 5.2. Variación temporal del número de ejemplares (ninfas + adultos) de tres especies de grillos *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Puebla. Las letras mayúsculas diferentes denotan diferencias significativas entre especies o entre fechas (con $P < 0.05$), en tanto que las letras minúsculas denotan diferencias significativas entre fechas para cada especie de grillo (prueba de la mínima diferencia significativa).

Cuadro 5.1. Análisis de Varianza de tres factores para evaluar el efecto de la fecha, tipo de estación y especie sobre la densidad de grillos (*Oecanthus*) en Zapotitlán Salina, Puebla.

Efecto	S.C.	g.l.	C.M.	F	P
Fecha	0.851	6	0.142	2.48	< 0.021
Sitio	1.435	2	0.717	12.58	< 0.001
Especie	3.351	2	1.675	29.39	< 0.001
Fecha × Tipo de Sitio	2.542	12	0.211	3.71	< 0.021
Fecha × Especie	1.576	12	0.131	2.30	< 0.05
Tipo Sitio × Especie	9.756	4	2.439	42.79	< 0.001
Fecha × Tipo Sitio × Especie	1.316	24	0.054	0.96	> 0.05
Error	32.316	567	0.057		

La densidad de grillos registrada a lo largo del muestro señaló que en el mes de noviembre *O. fultoni* presentó su mayor densidad (0.36 ind./ha), mientras que los individuos de *O. alexanderi* presentaron su menor densidad en el mes de julio (0.0 ind./ha) (Fig. 5.3a). El resto del año las tres especies de grillos tuvieron las mismas densidades oscilando entre 0.008 a 0.285 ind./ha (Fig. 5.3). Por otro lado, se observó una variación de la densidad dependiendo del sitio y de la especie de grillo. En las estaciones TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio) no se registraron individuos de *O. alexanderi* y *O. fultoni* a lo largo del año, sin embargo en las estaciones PSW (perturbadas sin *Wigandia urens*) *O. fultoni* y *O. leptogrammus* presenta una densidad intermedia que denota diferencia significativa en comparación de los sitios PCW (perturbadas con *W. urens*) y TBD (0.18 y 0.17 ind./ha, respectivamente) (Fig. 5.3b). Por último, hubo dos sitios con densidades altas que muestran diferencias significativas entre sí. Uno es TBD donde se encontraron 0.33 ind./ha de *O. leptogrammus* y el otro es el sitio PCW, donde *O. fultoni* vuelve a registrar la mayor densidad (0.47 ind./ha, Fig. 5.3b).

5.2.3. Fenología. Los machos adultos de *O. alexanderi* se registraron en dos periodos a lo largo del año de muestro: de mayo a septiembre de 2013 y de enero a mayo de 2014; las hembras de esta especie, por su parte, se encontraron de septiembre a noviembre de 2013 y de marzo a mayo de 2014; en tanto que sus ninfas se registraron de julio de 2013 a mayo 2014 (Fig. 5.4a). Tanto los machos como hembras adultas, así como las ninfas de *O. fultoni* estuvieron presentes en todo el período de muestreo (mayo de 2013 a mayo de 2014; Fig. 5.4b). Por otra parte, los machos adultos de *O. leptogrammus* sólo se registraron de enero de 2013 a mayo de 2014, en tanto que las hembras se encontraron de mayo a septiembre de 2013, mientras que sus ninfas se registraron de julio a noviembre de 2013 y en marzo de 2014 (Fig. 5.4c).

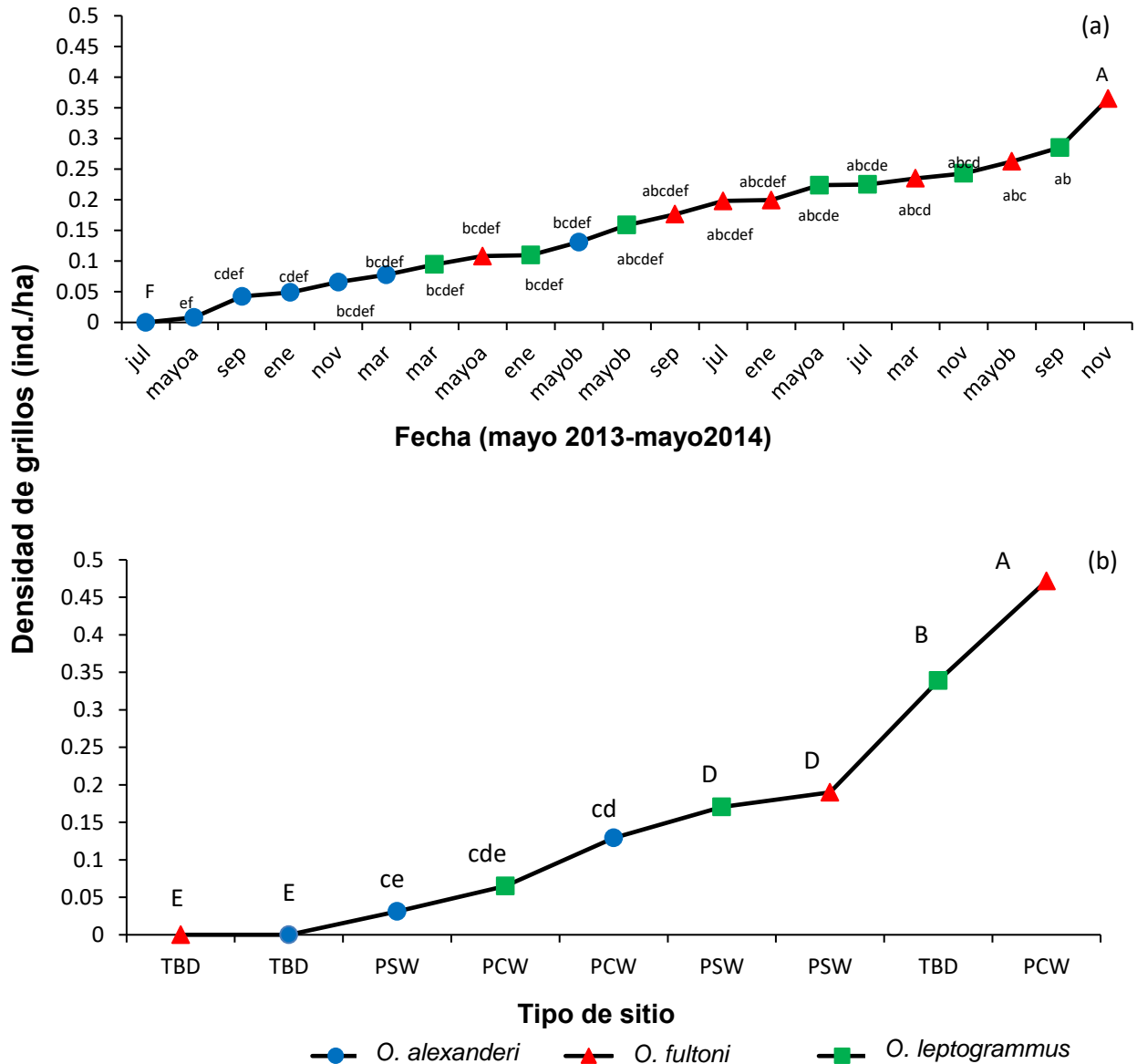


Figura 5.3. Efecto de las interacciones fecha × especie y tipo de sitio×especie sobre la densidad de grillos *Oecanthus* (machos cantores, machos silentes, hembras y ninfas) colectados en mayo 2013 a mayo de 2014 en Zapotitlán Salinas, Puebla. Nota: mayoa se refiere a mayo de 2013 y mayob a mayo de 2014. Las letras minúsculas indican que no hay diferencia significativa entre las densidades de grillos en la interacción fecha × especie (a) ni en la interacción tipo de sitio×especie (b). Por otro lado, las letras mayúsculas indican que si hay diferencia significativa en la densidad de grillos.

5.3. Densidad de machos

El tipo de sitio, la especie y la interacción tipo de sitio \times especie tuvieron un efecto significativo sobre la densidad de machos adultos, cantores y silentes, detectados por el método de detección aural, mientras que la fecha presentó un efecto marginalmente significativo sobre ésta, y no hubo efecto de las interacción sitio \times fecha, especie \times fecha, ni tipo de sitio \times fecha \times especie sobre este parámetro (ver Cuadro 5.2). Cada uno de los sitios presenta diferente densidad, siendo los sitios PCW (perturbados con *Wigandia urens*) los que presentan una mayor densidad de machos promedio (98.97 ± 4.67 ind./ha), mientras que los sitios con menor densidad son los TBD (7.73 ± 2.65 ind./ha),

La densidad de machos (cantores y silentes) muestreada en los tres tipos de sitios (PCW; PSW y TBD) señala que la mayor densidad se registran en sitios PCW (Fig. 5.5), siendo este tipo de sitio y los PSW (perturbados sin *W. urens*) los que sirven de hábitat para las tres especies de grillos (*Oecanthus alexanderi*, *O. fultoni* y *O. leptogrammus*), ya que en los sitios TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio) sólo se registran machos de *O. leptogrammus* (Fig. 5.5).

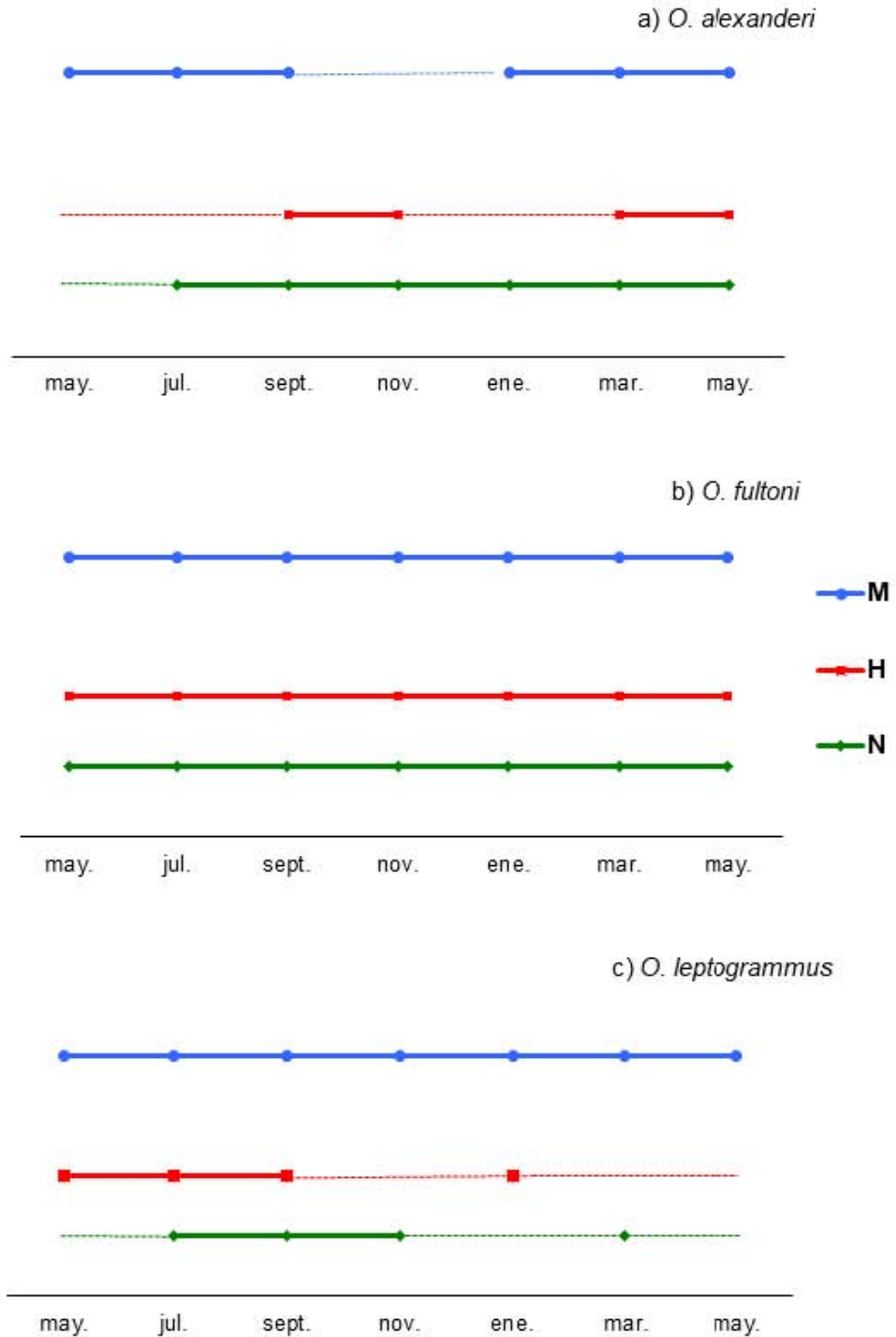


Figura 5.4. Presencia de machos, hembras y ninfas de *Oecanthus alexanderi*, *O. fultoni* y *O. leptogrammus* en Zapotitlán Salinas, Puebla entre mayo de 2013 a mayo de 2014. La línea punteada denota la posible existencia de individuos en esa fecha. La letra M (denota a individuos del sexo masculino silentes y cantores), la letra H representa a las hembras y la letra N corresponde a las ninfas.

Cuadro 5.2. Análisis de Varianza de tres factores para evaluar el efecto de la fecha, tipo de estación y especie sobre la densidad de machos adultos de *Oecanthus alexanderi*, *O. fultoni* y *O. leptogrammus* en Zapotitlán Salina, Puebla.

Efecto	S.C.	g.l.	C.M.	F	P
Tipo sitio	0.48	2	0.24	6.74	< 0.001
Fecha	0.41	6	0.07	1.91	0.076
Especie	3.35	2	1.68	46.88	< 0.001
Tipo sitio × Fecha	0.58	12	0.05	1.36	0.182
Tipo sitio × Especie	5.78	4	1.46	40.40	< 0.001
Fecha × Especie	0.60	12	0.05	1.38	0.171
Tipo Sitio × Fecha × Especie	0.99	24	0.04	1.15	0.280
Error	20.29	567	0.03		

En los sitios PCW *O. fultoni* presentó valores significativamente más altos de densidad de machos que *O. alexanderi* y *O. leptogrammus* (Cuadro 5.2; Fig. 5.5a). *O. fultoni* también registró la mayor densidad en las estaciones PSW y al igual que en los sitios PCW su máximo se observó en el mes de noviembre (PSW: 53.32 ± 20.57 ind./ha) (Figs. 5.5a y 5.5b). Por otro lado *O. alexanderi* no presenta diferencias significativa entre los tipos de sitios (ver Cuadro 5.3), pero su máxima densidad se registró en los sitios PCW en el mes de marzo (4.92 ± 3.9 ind./ha; Fig. 5.5a), esta especie es la que presenta una mayor ausencia en la mayor parte del año tanto en este tipo de estación como en los sitios PSW (Fig. 5.5b). Por último, *O. leptogrammus* presenta la mayor densidad en mayo de 2013 tanto en los sitios PSW y TBD (sitios PSW: 13.53 ± 2.0 ind./ha; y sitios TBD: 13.53 ± 4.92 ind./ha; Figs. 5.4b y c), mientras que su densidad más baja la registró en las estaciones PCW en el mes de mayo 2013 y marzo (1.23 ± 1.0 ind./ha; Fig. 5.5a).

Cuadro 5.3. Densidad de machos adultos (\pm e.e.) de tres especies de grillos *Oecanthus* en sitios perturbados con y sin *Wigandia urens* (PCW y PSW, respectivamente) y sitios de tetechera con bajo disturbio (TBD) en Zapotitlán Salinas, Pue. Datos de mayo de 2013 a mayo de 2014. N=70. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Tukey).

ESPECIE	TIPO DE SITIO		
	PCW	PSW	TBD
<i>Oecanthus alexanderi</i>	0.99 \pm 0.44 ^e	4.00 \pm 0.30 ^e	0 ^e
<i>Oecanthus fultoni</i>	23.00 \pm 4.37 ^a	6.50 \pm 3.43 ^{cd}	0 ^e
<i>Oecanthus leptogrammus</i>	7.56 \pm 0.56 ^{de}	6.50 \pm 1.49 ^{bc}	6.34 \pm 0.73 ^{ab}

La frecuencia a la que se encuentra los machos adultos de cada especie de grillo depende significativamente del tipo de estación ($\chi^2_2 = 199.93$; $P < 0.05$; Fig. 5.6). Aunque la frecuencia a la que se observa *O. alexanderi* en cada tipo de estación no difiere de lo que se espera, la frecuencia a la que se registra *O. fultoni* es significativamente mayor a lo esperado en las estaciones PCW y menor a lo esperado en las estaciones TBD. Por último, *O. leptogrammus* reportó frecuencias observadas significativamente más altas en las estaciones TBD y PSW en comparación con las esperadas en los sitios PCW (Fig. 5.6).

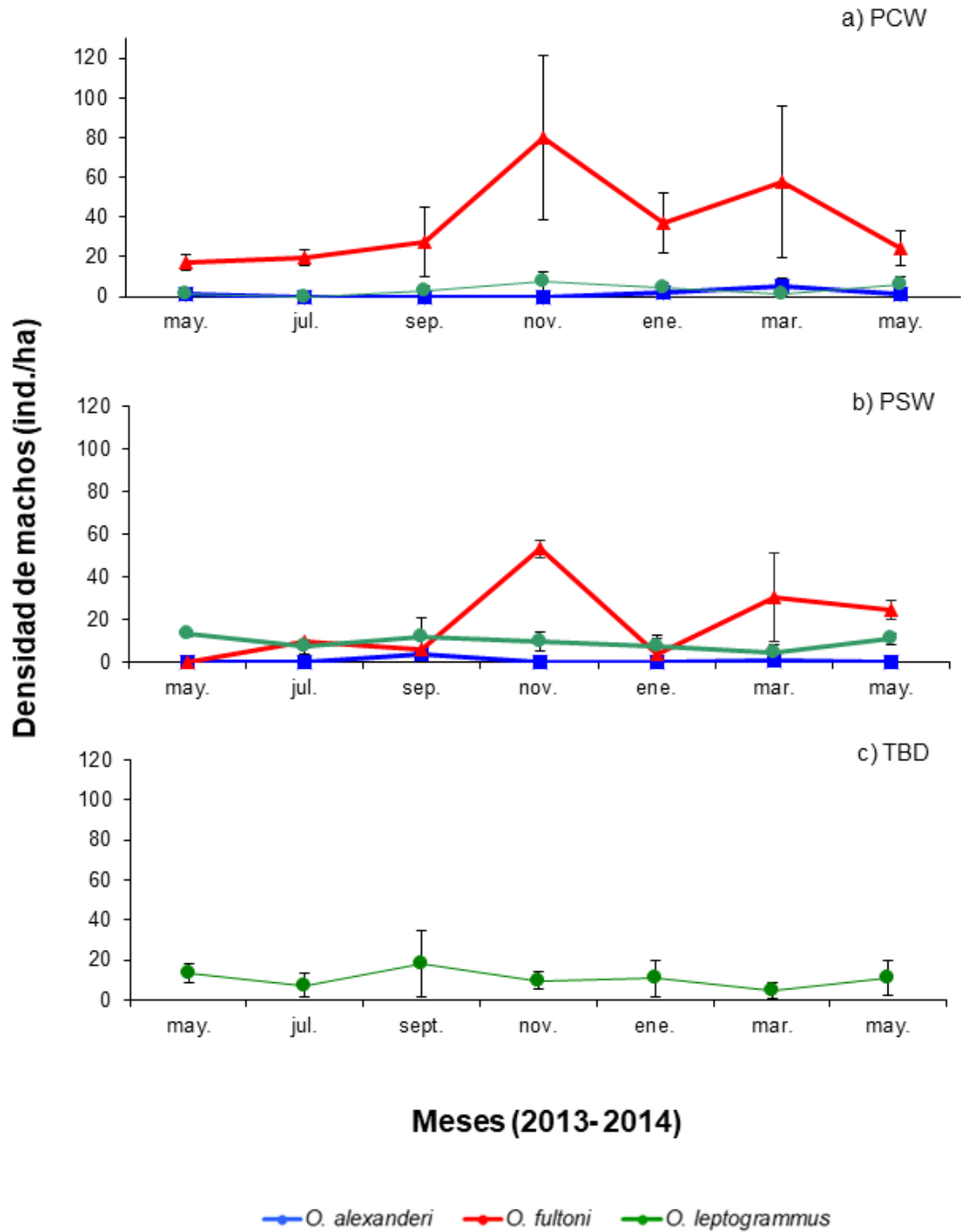


Figura 5.5. Densidad de machos adultos (cantores y silentes) de tres especies del género *Oecanthus* (\pm e.e.) en (a) estaciones perturbadas con *Wigandia urens* (PCW) (b) estaciones perturbadas sin *Wigandia urens* (PSW) y (c) estaciones tetechera con bajo nivel de disturbio (TBD) en Zapotitlán Salinas, Puebla. Las especies muestreadas fueron *O. alexanderi* (línea azul), *O. fultoni* (línea roja) y *O. leptogrammus* (línea verde). $N = 10$.

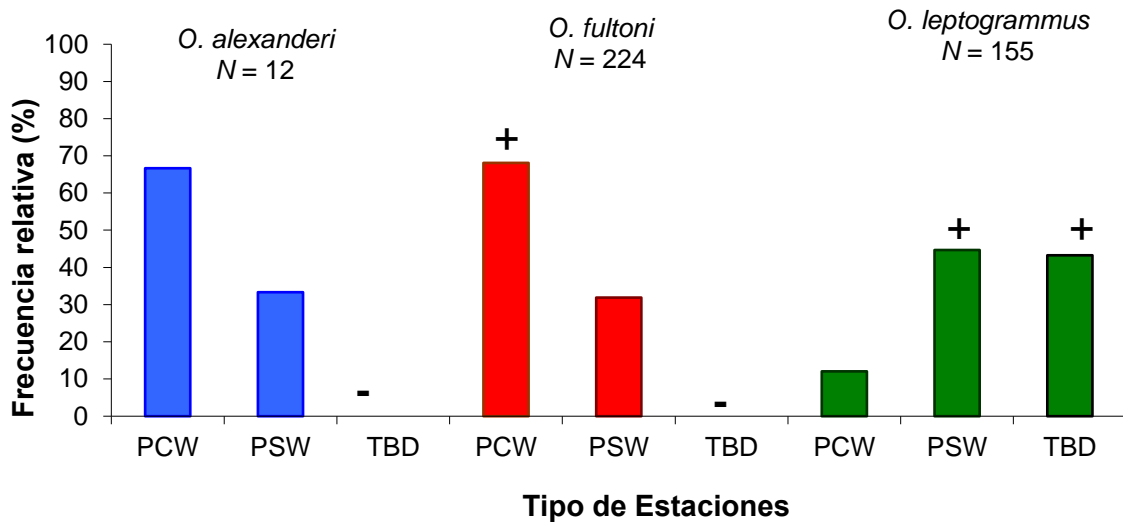


Figura 5.6. Frecuencias relativas observadas de machos adultos (cantores y silentes) de tres especies del género *Oecanthus* en estaciones PCW (perturbadas con *Wigandia urens*), PSW (perturbadas sin *W. urens*) y TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio) en Zapotitlán Salinas, Pue. Los signos + y - denotan que las frecuencias observadas fueron significativamente más altas o más bajas que las esperadas en cada tipo de estación, respectivamente.

5.4. Plantas hospederas: amplitud de nicho y traslape

Se registraron 73 especies de plantas en las parcelas de muestreo, 21 se encuentran en al menos dos tipos de sitios (Apéndice I) y solamente tres se encuentran distribuidas en los tres tipos de sitio (PCW, PSW y TBD): *Croton ciliato-glanduliferus*, *Gymnosperma glutinosum* y *Viguiera dentata* (Fig. 5.7, Apéndice I).

En las estaciones PCW (perturbadas con *Wigandia urens*) se registraron 22 especies vegetales, de las cuales solamente *Prosopis laevigata* (48.63%), *Wigandia urens* (23.25%) y *Vachellia* (ex *Acacia*) *constricta* (17.37%) presentan una cobertura relativa mayor al 5% (Fig. 5.7a; Apéndice I). En las estaciones PSW (perturbadas sin *W. urens*) se registraron 26 especies, de las cuales, cuatro son las más dominantes: *P. laevigata* (31.41%), *Ricinus communis* (27.06%), *Pluchea salicifolia* (12.62%) y *Evolvulus alisinooides* (9.5%) (Fig. 5.7b). Por otra parte, en las estaciones TBD (tetechera con bajo

nivel de disturbio) se registraron 25 especies, de las cuales cinco presentan una cobertura relativa >5%: *Mimosa luisana* (33.44%), *Karwinskia humboldtiana* (11.62%), *Vachellia* (ex *Acacia*) *cochliacantha* (9.94%), *Viguiera dentata* (9.60%) y *Agave stricta* (3.22%) (Fig. 5.7c). La familia mejor representada por su número de especies fue Fabaceae (Apéndice I).

Hubo un traslape bajo de nicho (medido en términos de especies de plantas utilizadas, tipo de sitio y fecha) entre las especies de grillos (*O. alexanderi* y *O. leptogrammus*: 0.120; *O. fultoni* y *O. leptogrammus*: 0.073; *O. alexanderi* y *O. fultoni*: 0.466). Asimismo, se encontró que la amplitud de nicho (medido en términos de esas tres variables) es baja en las tres especies (*O. alexanderi*: 0.103, *O. fultoni*: 0.073, *O. leptogrammus*: 0.458), pues en los tres casos se registran valores menores a 0.6.

Al agrupar los datos de ninfas y adultos y de todas las parcelas (Cuadro 5.4), los grillos se registraron teniendo actividades en 43 especies de plantas. Las tres especies de grillos coexisten en solamente tres especies de plantas (*Croton ciliato-glanduliferus*, *Pluchea salicifolia* y *Wigandia urens*). *Oecanthus alexanderi* y *O. fultoni* se registraron en seis y 12 especies, respectivamente, en tanto que *O. leptogrammus* fue registrado en 37. *Oecanthus alexanderi* coexiste en una especie con *O. fultoni* (*Mirabilis viscosa*) y en otra más con *O. leptogrammus* (*Gymnosperma glutinosum*); mientras que *O. fultoni* y *O. leptogrammus* lo hacen en cuatro especies (*Datura inoxia*, *Larrea tridentata*, *Ricinus communis* y *Viguiera dentata*).

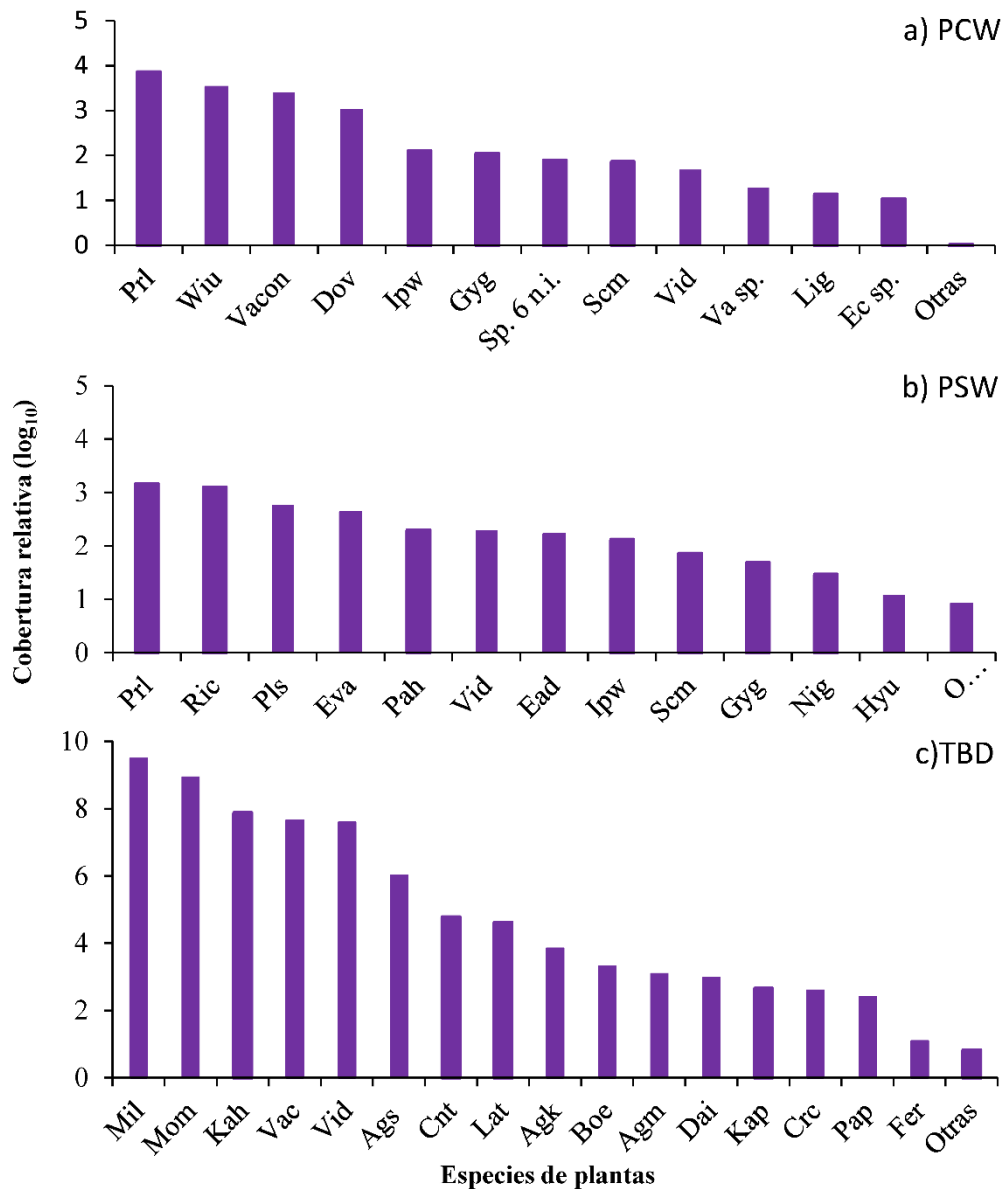


Figura 5.7 Estructura de la comunidad vegetal de las estaciones PCW (a; perturbadas con *W. urens*), PSW (b; perturbadas sin *W. urens*) y TBD (c; tetecheras con bajo disturbio) muestreadas en 2014 en Zapotitlán Salinas, Puebla. Agm (*Agave marmorata*), Agk (*Agave karwinskii*), Ags (*Agave stricta*), Boe (*Bouvardia erecta*), Cnt (*Cnidoscolus tehuacanensis*), Crc (*Croton ciliato-glanduliferus*), Dai (*Datura inoxia*), Dov (*Dodonea viscosa*), Ec. sp. (*Echynopteris* sp.), End (*Enneapogon desvauxii*), Especie 6 n.i. (especie 6 no identificada), Eva (*Evolvulus alsinoides*), Gyg (*Gymnosperma glutinosum*), Fer (*Ferocactus robustus*), Hyh (*Hylocereus hundatus*), Ipw (*Ipomoea wolcottiana*), Kap (*Kallstroemia parviflora*), Kah (*Karwinskia humboldtiana*), Lat (*Larrea tridentata*), Lig (*Lippia graveolens*), Mil (*Mimosa luisana*), Mom (*Morkillia mexicana*), Nig (*Nicotiana glauca*), Otras (resto de especies poco dominantes), Pap (*Parkinsonia praecox*), Pah (*Parthenium hysterophorus*), Pls (*Pluchea salicifolia*), Prl (*Prosopis laevigata*), Ric (*Ricinus communis*), Sch (*Schinus molle*), Va. sp. [*Vachellia* (ex *Acacia*) sp.], Vac [*Vachellia* (ex *Acacia*) *cochliacantha*], Vacon [*Vachellia* (ex *Acacia*) *constricta*], Vid (*Viguiera dentata*), Wiu (*Wigandia urens*)

Cuadro 5.4. Lista de especies usadas por ninfas y adultos de tres especies de *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Puebla. Datos de 2013-2014.

Especie de planta	<i>Oecanthus</i>		
	<i>alexanderi</i>	<i>fultoni</i>	<i>leptogrammus</i>
<i>Bouvardia erecta</i> (D.C.) Standl.			X
<i>Celtis pallida</i> Torrey			X
<i>Cnidoscolus tehuacanensis</i> Breckon			X
<i>Commelina</i> sp.		X	
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult		X	
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i> Ortega	X	X	X
<i>Datura inoxia</i> Mill		X	X
<i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.			X
<i>Evolvulus alsinoides</i> (Linn.) Linn.			X
<i>Galphimia glauca</i> Cav.			X
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray			X
<i>Gomphrena decumbens</i> Jacq.			X
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less	X		X
<i>Jatropha rzedowskii</i> J.Jiménez Ram			X
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.			X
<i>Larrea tridentata</i> (Sessè & Moc Ex DC) Coville		X	X
<i>Lantana</i> sp.			X
<i>Lippia graveolens</i> Kunth			X
<i>Mimosa luisana</i> Brandegee			X
<i>Mirabilis viscosa</i> Cav.	X	X	
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.		X	
<i>Morkillia mexicana</i> (Mociño&Seesé) Rose y Painter			X
<i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber			X
<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz &Pav.) Hawkins			X
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.			X
<i>Passiflora foetida</i> L.	X		
<i>Pluchea salicifolia</i> (Mill.) S. F. Blake	X	X	X
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss			X
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd) M.C. Johnston			X
<i>Ricinus communis</i> L.		X	X

Especie de planta	<i>Oecanthus</i>		
	<i>alexanderi</i>	<i>fultoni</i>	<i>leptogrammus</i>
<i>Salvia aspera</i> M. & G.			X
<i>Sanvitalia fruticosa</i> Helms.			X
<i>Schinus molle</i> L.			X
<i>Vachellia cochliacantha</i> Willd.			X
<i>Vachellia constricta</i> (Benth.) Seigler & Ebinger			X
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.		X	X
<i>Wigandia urens</i> Ruíz & Pavón) Kunth	X	X	X
Especie no identificada 1			X
Especie no identificada 2			X
Especie no identificada 3			X
Especie no identificada 4			X
Especie no identificada 5		X	
Especie no identificada 6			X

Oecanthus leptogrammus se registra en 29 especies no compartidas y *O. fultoni* se registra en cuatro, en tanto que *O. alexanderi* no registra actividad en alguna especie de planta de manera exclusiva (Cuadro 5.4). Por la similitud de plantas en las que viven las ninfas y adultos en los tres tipos de estación, *O. alexanderi* y *O. fultoni* presentan mayor parecido entre sí (0.60), pues *O. leptogrammus* registra una similitud máxima de 0.27 con las otras especies (Fig. 5.8).

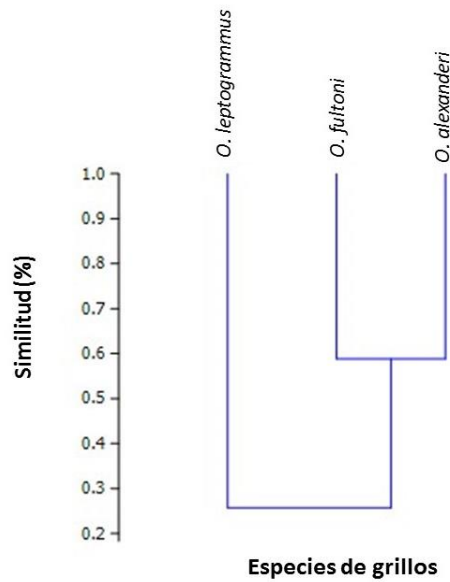


Figura 5.8. Dendrograma del índice de Sørensen de las plantas hospederas ocupadas por tres especies de grillos el género *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Puebla, en 2013-2014.

En los sitios perturbados con *W. urens* (PCW) los grillos se registraron sobre 11 especies de plantas, *O. alexanderi* se encontró sobre una especie vegetal (*W. urens*), *O. fultoni* en cuatro (*W. urens*, *C. ciliato-glanduliferus*, *Mirabilis viscosa* y *Montanoa tomentosa*) y *O. leptogrammus* se encontró asociado a nueve plantas (entre las que se encuentran las cuatro mencionadas anteriormente). Como puede notarse, las tres especies de grillos sólo comparten a *W. urens* en este tipo de sitios (Apéndice II). En estos sitios PCW *O. alexanderi* se encuentra significativamente con mayor frecuencia sobre *W. urens* [$\chi^2_1 = 181.60$, $P < 0.05$; residuo estandarizado (d) = 11.81 Fig. 5.9a]. Asimismo, los grillos de *O. fultoni* no se distribuyen al azar en las plantas según la cobertura que éstas ofrecen ($\chi^2_1 = 2256$, $P < 0.05$), pues en *W. urens* se observan significativamente más ejemplares que los que se espera ($d = 41.61$; $P < 0.058$; Fig. 5.9b). Del mismo modo, *O. leptogrammus* tampoco se distribuye al azar ($\chi^2_2 = 12.64$, $P < 0.05$), pues esta especie tiene una frecuencia observada significativamente menor a la esperada en *P. laevigata* ($d = -3.90$; Fig. 5.9c).

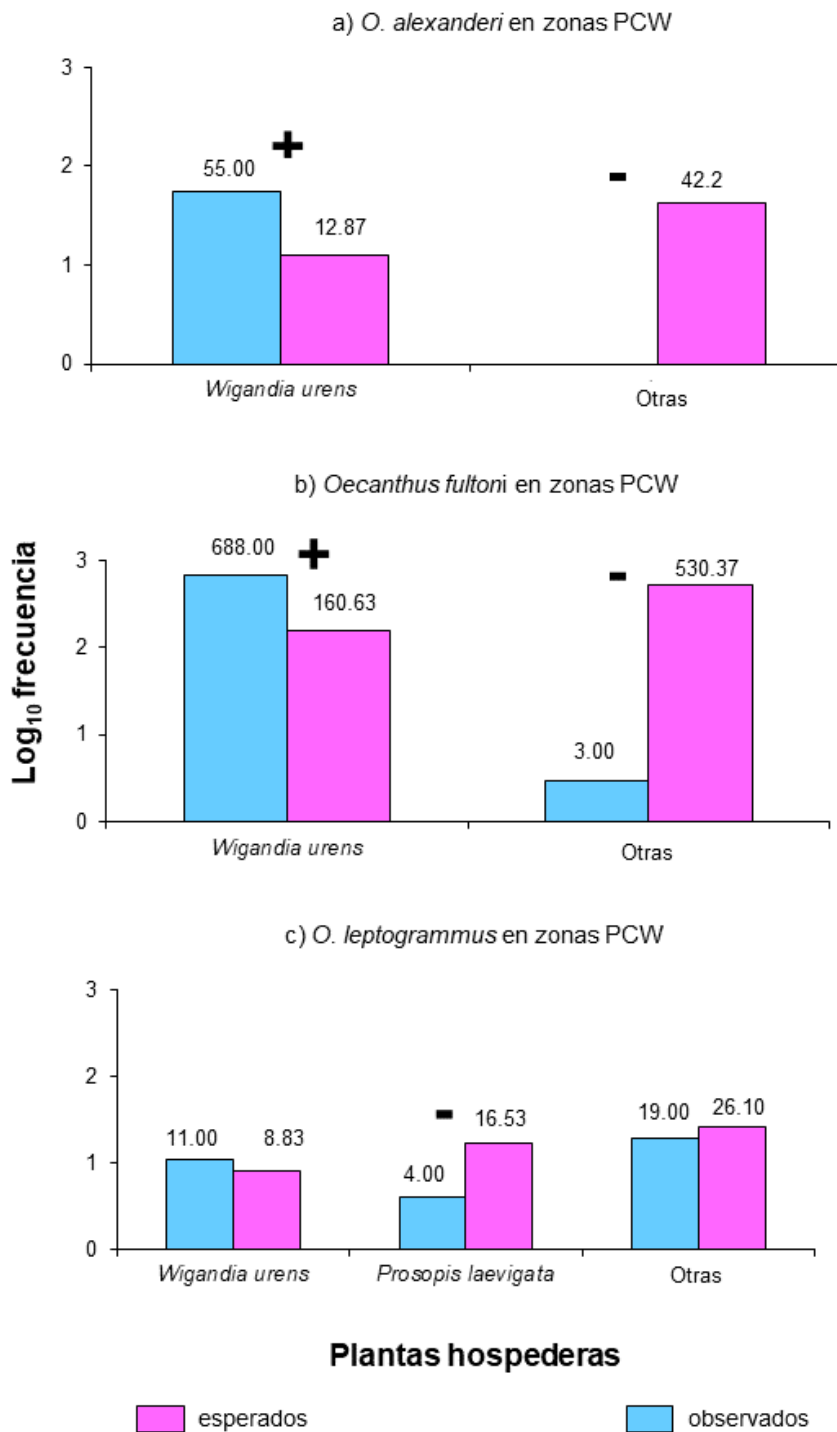


Figura 5.9. Frecuencias observadas (barras azules) y esperadas (barras rosas) de grillos del género *Oecanthus* en sitios perturbados con *Wigandia urens* (PCW) en Zapotitlán Salinas, Pue. Datos agrupados de mayo de 2013 a mayo de 2014. Los signos + y – por encima de las barras denotas si las frecuencias observadas fueron significativamente más altas o más bajas que las esperadas según la cobertura relativa de las plantas, respectivamente (prueba de residuos estandarizados).

En los sitios perturbados sin *Wigandia urens* (PSW) se registraron 18 especies de plantas usadas como hábitat por los grillos arborícolas. *Oecanthus alexanderi* utiliza cuatro especies, mientras que *O. fultoni* usa siete y *O. leptogrammus* utiliza 15 (Apéndice II). *Croton ciliato-glanduliferus* y *Pluchea salicifolia* son compartidas por las tres especies de grillos en tanto que *M. viscosa* es compartida por *O. alexanderi* y *O. fultoni* (Apéndice II). En este tipo de sitios ninguna especie de grillo se distribuye al azar sobre las plantas (*O. alexanderi*: prueba de probabilidad, $P < 0.05$; *O. fultoni*: $\chi^2_{2} = 14348.60$, $P < 0.05$; *O. leptogrammus*: $\chi^2_{5} = 77.6$, $P < 0.05$; Fig. 5.10). *Oecanthus alexanderi* se distribuye con mayor probabilidad sobre *C. ciliato-glanduliferus* (Fig. 5.10a), en tanto que *O. fultoni* registra mayor frecuencia que la esperada sobre *C. ciliato-glanduliferus* y *Pluchea salicifolia* ($d = 17.95$ y 49.44 , respectivamente; Fig. 5.10b), en tanto que *O. leptogrammus* se registra más frecuentemente sobre *Prosopis laevigata*, *Viguiera dentata* y *Schinus molle* ($d = 2.63$, 5.25 y 6.22 , respectivamente, $P < 0.05$ en todos los casos; Fig. 5.10c).

En los sitios de tetechera con bajo disturbio (TBD), por su parte, *O. leptogrammus* se registra sobre 19 especies de plantas y no se distribuyen al azar en éstas de acuerdo con la cobertura relativa que presentan ($\chi^2_{5} = 25.09$, $P < 0.05$; Fig. 5.11), pues registra frecuencias observadas más altas de las esperadas en *Morkillia mexicana* y en las especies no dominantes (= Otras) ($d = 2.33$ y 2.04 , respectivamente; $P < 0.05$), así como con una frecuencia observada menor a la esperada sobre *Mimosa luisana* ($d = -3.81$) (Fig. 5.10 y Apéndice II).

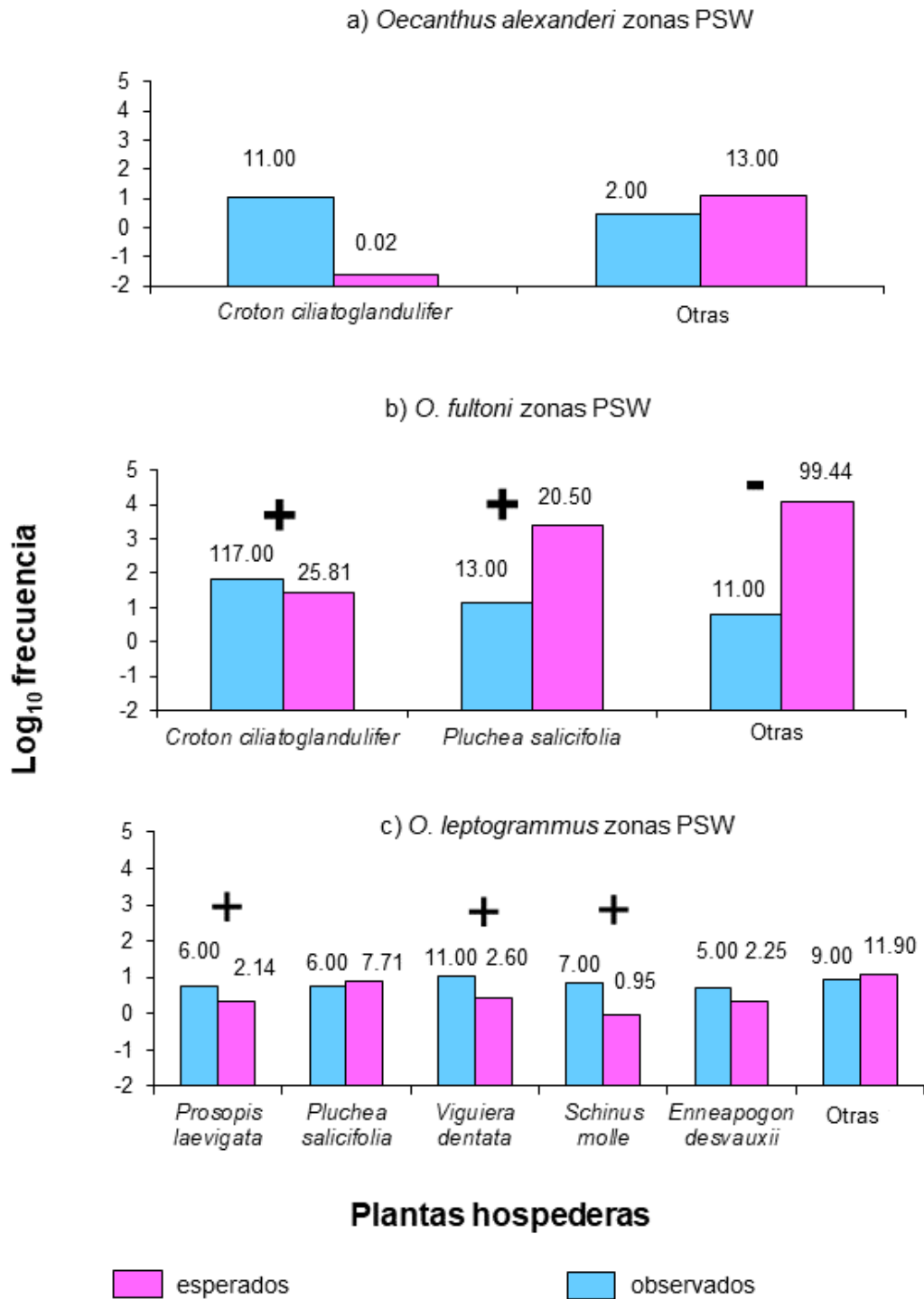


Figura 5.10. Frecuencias observadas (barras azules) y esperadas (barras rosas) de grillos del género *Oecanthus* en sitios perturbados sin *Wigandia urens* (PSW) en Zapotitlán Salinas, Pue. Datos agrupados de mayo 2013 a mayo de 2014. Los signos + y – por encima de las barras denotas si las frecuencias observadas fueron significativamente más altas o más bajas que las esperadas según la cobertura relativa de las plantas, respectivamente (prueba de residuos estandarizados).

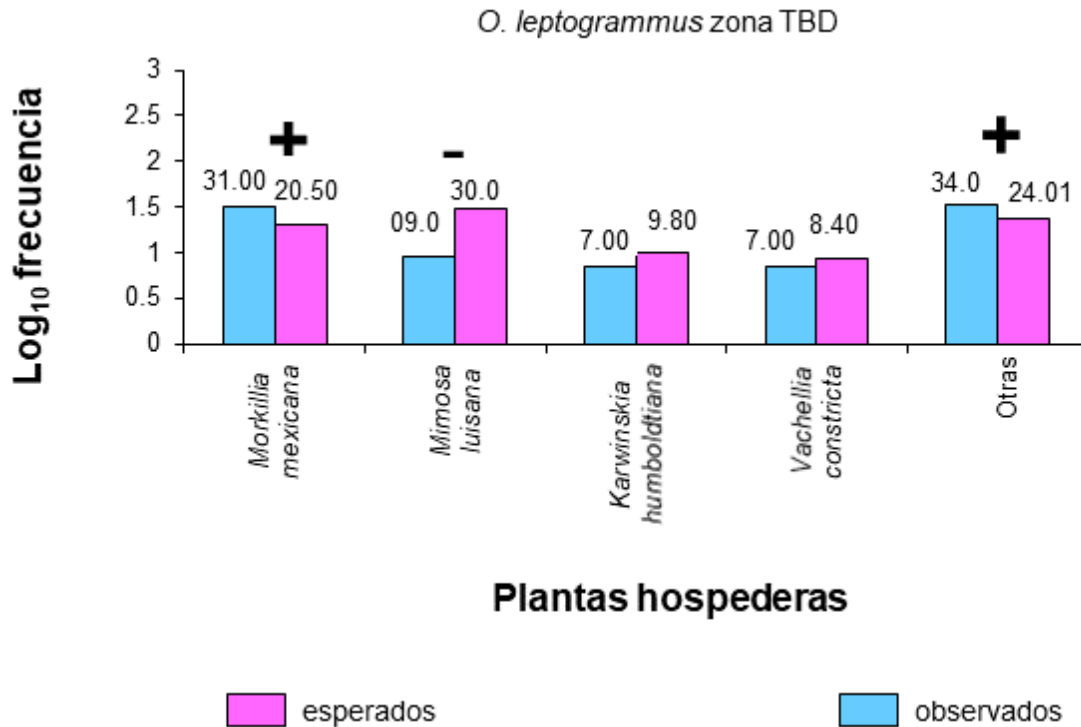


Figura 5.11. Frecuencias observadas (azules) y esperadas (barras rosas) de *O. leptogrammus* en sitios de tetechera con bajo nivel de disturbio (TBD) en Zapotitlán Salinas, Pue. Datos agrupados de mayo 2013 a mayo de 2014. Los signos + y – por encima de las barras denotas si las frecuencias observadas fueron significativamente más altas o más bajas que las esperadas según la cobertura relativa de las plantas, respectivamente (prueba de residuos estandarizados).

5.5. El papel de la temperatura y la humedad ambiental

5.5.1. *Temperatura*. Los machos de *O. alexanderi* emiten su canto desde los 20 a los 28°C, y se registra el mayor el número de machos cantores en el intervalo de 24-26°C (cinco grillos, que representan el 37.5%; Fig. 5.12a). La actividad de *O. fultoni*, por su parte, va de los 12 a los 34°C, sin embargo, entre los 21 y 23°C se encontró el mayor número de machos cantores (116 grillos, que representan el 34.5%; Fig. 5.12b). Por último, los machos de *O. leptogrammus* cantan entre los 12 y 29°C y hay más machos cantores ente los 21 y 23°C (87 grillos, que representa el 38.0%; Fig. 5.12c). La frecuencia de machos cantores de cada especie depende significativamente de la temperatura

($\chi^2=13.26$, $P < 0.05$; Fig. 5.12), pero la prueba de residuos estandarizados no logra discriminar entre casillas.

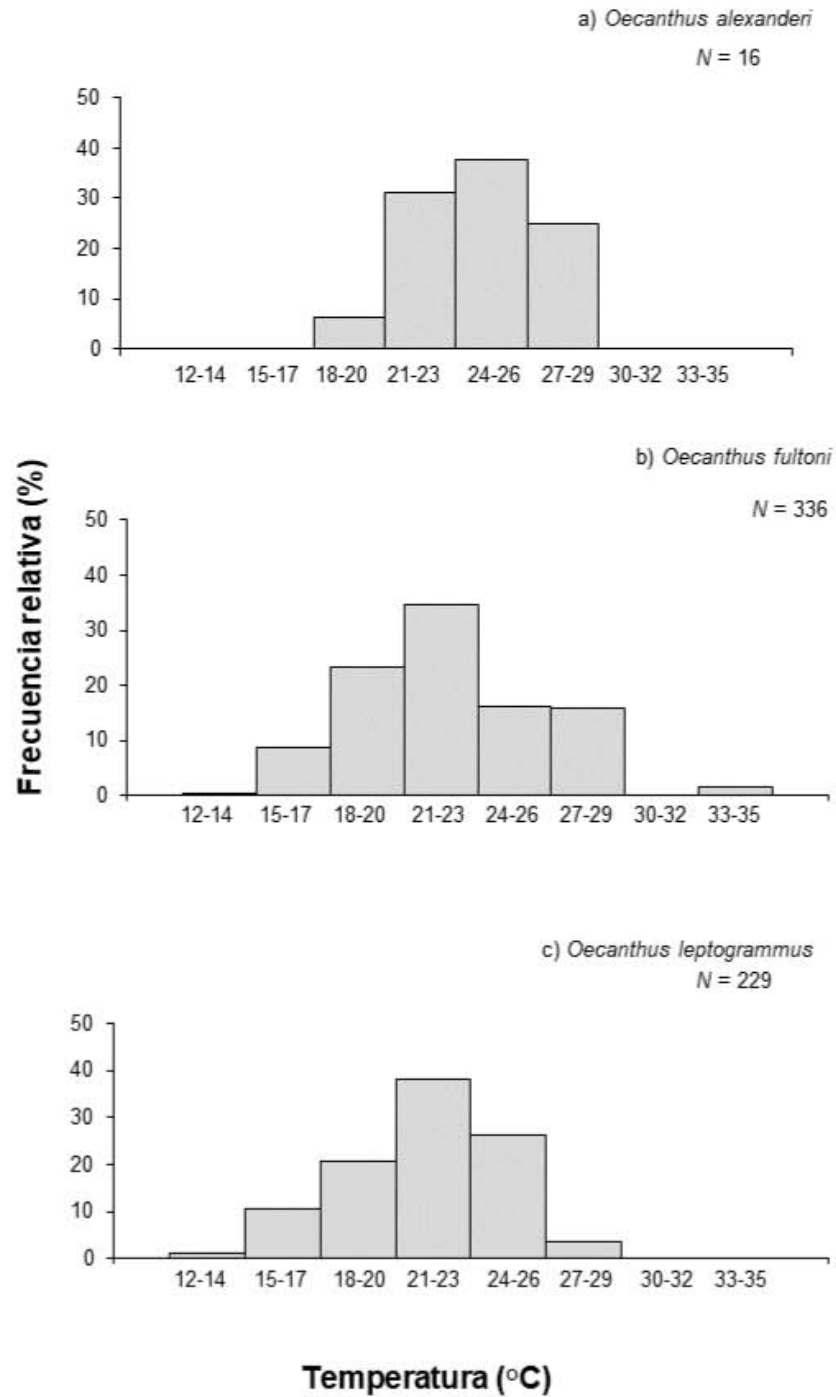


Figura 5. 12. Frecuencia relativa de machos de tres especies de grillos *Oecanthus* que registran conducta de canto a diferentes niveles de temperatura en Zapotitlán Salinas, Pue.

La temperatura promedio a la que cantan los machos difirió significativamente entre especies ($F_{2,598}=6.24$, $P = 0.002$). Mientras que los valores promedio de temperatura a la que cantan los machos no difirió entre *O. fultoni* y *O. leptogrammus* ($22.0 \pm e.e. 0.20^{\circ}\text{C}$ y $22.0 \pm 0.21^{\circ}\text{C}$, respectivamente; Fig. 5.13), estos dos valores fueron significativamente más bajos que los que registra *O. alexanderi* al emitir su canto ($24.00 \pm 0.65^{\circ}\text{C}$) (prueba de Tukey).

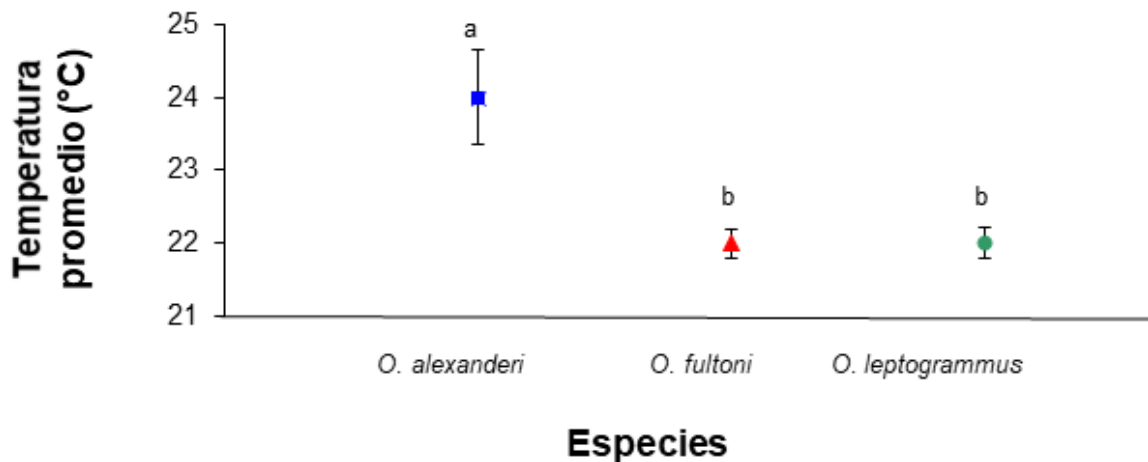


Figura 5.13. Temperatura promedio (\pm e.e.) a la que cantan los machos del género *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Pue. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Tukey).

5.5.2. *Humedad relativa.* *Oecanthus alexanderi* tiene actividad de canto entre 26 y el 77%, aunque no se registró actividad de canto de 56 a 69%, y su mayor actividad se reporta de los 30 a 34% (cinco ejemplares, 31.25%; Fig. 5.14a). *Oecanthus fultoni*, por su parte, tiene actividad de canto entre 23 y 79%, y registra su máximo pico de actividad de canto en el intervalo de 56 a 62% (101 individuos, 31.0%; Fig. 5.14b). Por su lado, los machos de *O. leptogrammus* presentan actividad de canto a una humedad relativa del 21 al 87%, siendo el intervalo de 56 a 62% el que presenta la frecuencia más alta (56 ejemplares, 24.4%; Fig. 5.14c), al igual que *O. fultoni*.

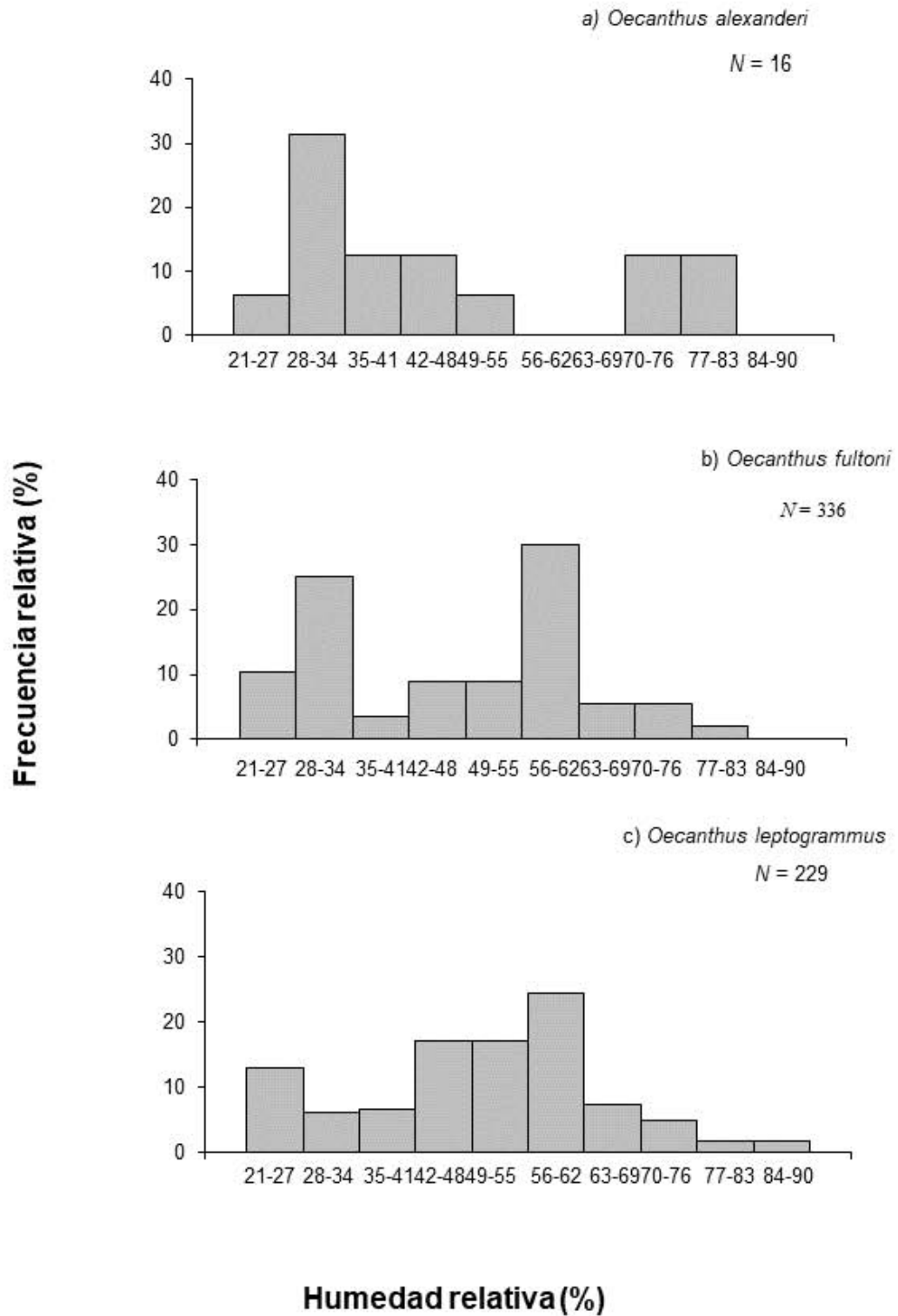


Figura 5.14. Frecuencias de humedad relativa (%) a la que cantan los machos del género *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Puebla.

La frecuencia a la que se registran grillos macho cantando en función de la humedad no dependió de la especie ($\chi^2=1.230$, g.l.=2, $P > 0.05$). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los promedios de la humedad relativa registrados a los que cantan los grillos de diferente especie (*O. alexanderi*: $47.00 \pm 4.70\%$; *O. fultoni*: $47.00 \pm 0.85\%$; *O. leptogrammus*: $50.00 \pm 1.01\%$; $F_{2,578} = 2.10$, $P = 0.12$; Fig. 5.15).

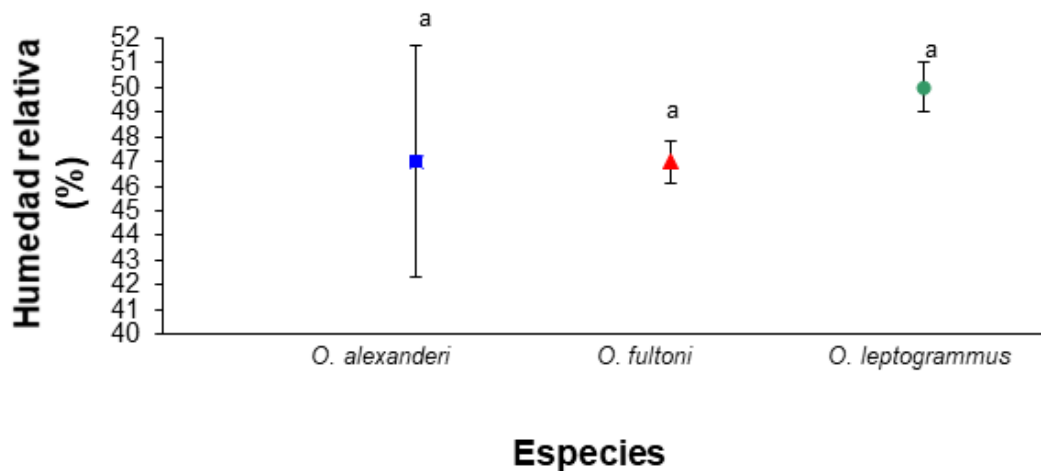


Figura 5.15. Humedad relativa promedio (\pm e.e.) a la que cantan los machos del género *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Pue. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Tukey).

5.5.3. *Intervalo bidimensional de temperatura y humedad.* En general, se registraron traslapes en los intervalos de temperatura y humedad relativa en los que los machos de las tres especies cantan (Fig. 5.16). Los machos adultos de las tres especies presentan traslape de los 18 a los 29°C, pero *O. fultoni* y *O. leptogrammus* se traslapan desde los 12°C (Fig. 5.12). En cuanto a la humedad relativa los machos cantores de las tres especies registradas se traslapan en 26 y 77%, pero *O. alexanderi* no registra canto en la humedad relativa entre el 53 y 59% (Fig. 5.14). Dichos traslapes medidos a través del índice simplificado Morisita fueron altos en relación a la temperatura y a la humedad relativa (i.e., valores > 0.6), excepto en el traslape entre *O. alexanderi* y *O. leptogrammus* que fue de 0.55; sin

embargo únicamente se registraron traslapes significativos en ambas variables entre *O. fultoni* y *O. leptogrammus* (Cuadro 5.5). Por otra parte, los valores de amplitud de nicho variaron entre especies siguiendo el siguiente sentido: *O. fultoni* > *O. leptogrammus* > *O. alexanderi* en términos de temperatura y en este patrón: *O. leptogrammus* > *O. alexanderi* > *O. fultoni*, en términos de humedad relativa (Cuadro 5.6).

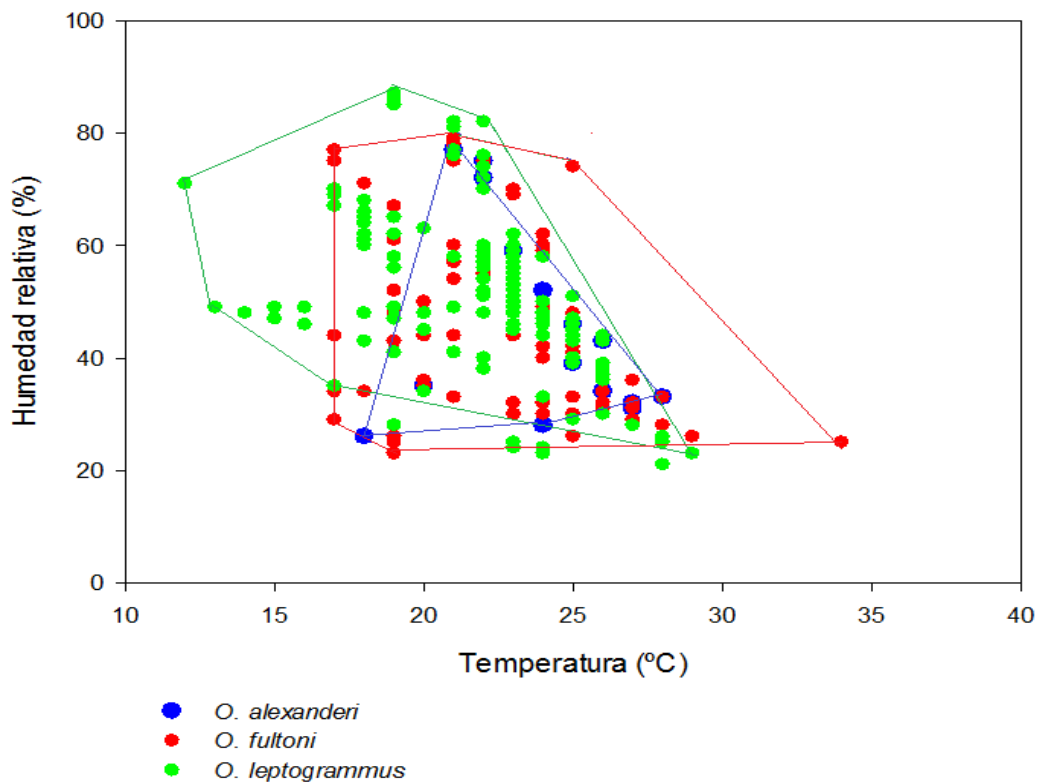


Figura 5.16. Intervalos bidimensionales de temperatura y humedad a la que cantan los machos de tres especies coexistentes de grillos del género *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Pue.

Cuadro 5.5. Valores de traslape de nicho (índice de Morisita simplificado; C_H) entre especies de grillos *Oecanthus* de Zapotitlán Salinas, Puebla, de acuerdo con la temperatura y humedad relativa (HR) a la que cantan sus machos adultos. El * denota un traslape significativo según la prueba de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$). El signo + denota diferencia marginalmente significativa ($P = 0.067$).

Especies de grillos	Temperatura C_H	HR C_H
<i>O. alexanderi</i> vs. <i>O. fultoni</i>	0.83	0.75
<i>O. fultoni</i> vs. <i>O. leptogrammus</i>	0.94*	0.83*
<i>O. alexanderi</i> vs. <i>O. leptogrammus</i>	0.83 ⁺	0.55

Cuadro 5.6. Amplitud de nicho de temperatura y humedad relativa de tres especies de grillos *Oecanthus* calculado con el índice estandarizado de Levin.

	<i>O. alexanderi</i>	<i>O. fultoni</i>	<i>O. leptogrammus</i>
Temperatura (°C)	0.32	0.47	0.39
Humedad relativa (%)	0.54	0.48	0.60

5.6. Estructura de la comunidad de grillos

El dendrograma obtenido mediante el análisis de Bray-Curtis, basado en la abundancia relativa de los adultos del sexo masculino del género *Oecanthus* en las 30 estaciones muestreadas, señala que con un 70% de similitud se forman siete grupos: el primero constituido por estaciones PSW (2, 5, 9 y 10) y PCW (1, 4 y 5); el segundo formado por las estaciones PSW1 y PSW3 y estaciones PCW (5, 7 y 8); el tercero formado por las estaciones PSW7 así como por cuatro estaciones PCW(2, 3, 9 y 10); el cuarto constituido por dos estaciones PSW (4 y 8); el quinto grupo está constituido sólo por la estación PSW6; mientras que el grupo seis está constituido por ocho estaciones TBD (1, 3 y 5 a 10) y el último por dos estaciones TBD (2 y 4) (Fig. 5.17). El dendrograma muestra que las estaciones TBD tienen al menos un 60% de parecido en tanto que las estaciones PCW y PSW se mezclan en varios grupos.

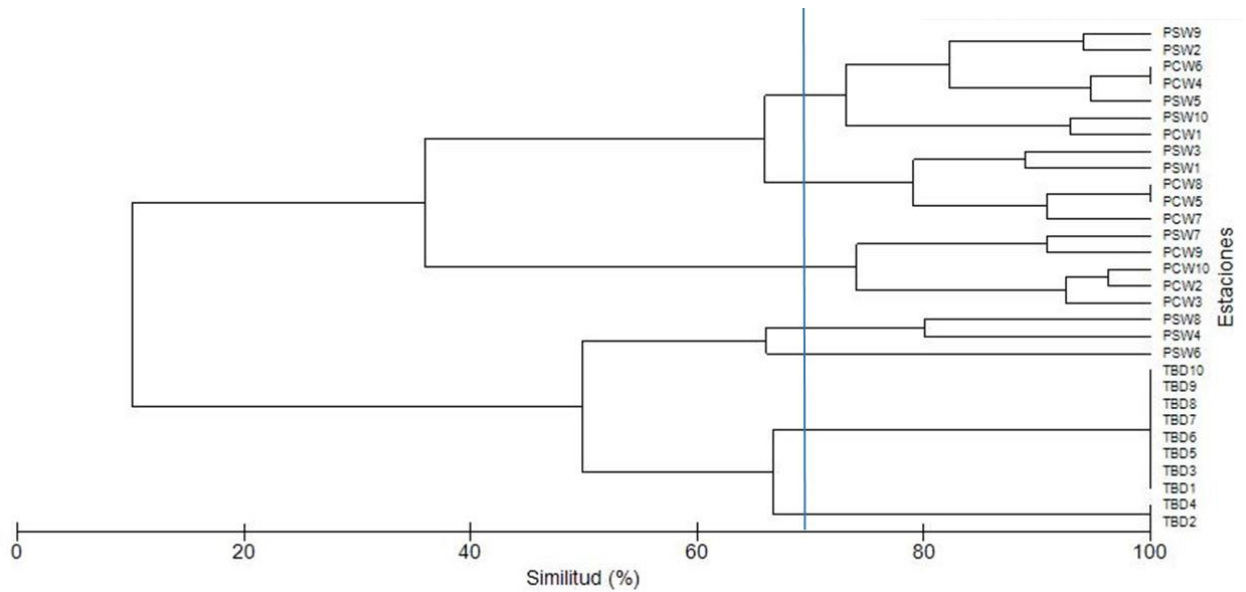


Figura 5.17. Dendrograma de Bray-Curtis de las 30 estaciones que registraron machos adultos de distintas especies de *Oecanthus*. Los datos colectados de *O. alexanderi* y *O. fultoni* corresponden a las estaciones muestreadas entre mayo 2013-mayo 2014 y para *O. leptogrammus* son las estaciones del mes de noviembre de 2013 en Zapotitlán Salinas. PCW: estaciones perturbadas con *Wigandia urens*, PSW: estaciones perturbadas sin *W. urens*, TBD: estaciones de tetechera con bajo nivel de disturbio.

Al realizar la comparación de todos los individuos (ninfas, hembras y machos) de cada especie del género *Oecanthus* en cada tipo de estación se encontró que las estaciones que son similares en un 100% son las estaciones PCW (vegetación perturbada con *Wigandia urens*) y PSW (vegetación perturbada sin *W. urens*), mientras que las estaciones TBD presentan una comunidad disímil en un 68% (Fig. 5.18).

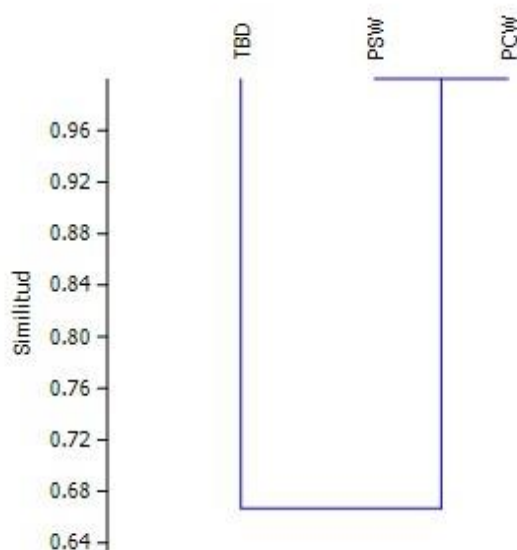


Figura 5.18. Dendrograma del índice de similitud de Czekanowski basado en datos de abundancia de grillos (ninfas y adultos) del género *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Puebla en tres tipos de estación: PCW (perturbada con *Wigandia urens*), PSW (perturbada sin *W. urens*) y TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio).

De acuerdo con el CCA realizado, *O. alexanderi* parece haber sido afectado por la humedad relativa, fue más abundante en la estación PSW3 y su distribución estuvo dada por la cobertura de *Ricinus communis* y *Pluchea salicifolia*; mientras que *O. fultoni* fue más afín a estaciones con *W. urens*, con alta cobertura de *A. cochliacantha* y de especies vegetales no dominantes (“Otras”), así como a las estaciones PCW1, PCW4 y PCW10 (Fig. 5.18). Por último, *O. leptogrammus* fue más abundante en las estaciones PSW (9 y 10) y en estaciones TBD (1, 3, 4, 6, 7 y 10), las cuales parecen estar asociadas con una alta cobertura de plantas como *Vachellia constricta*, *Karwinskia humboltiana* y *Morkillia mexicana*; asimismo, al parecer, la temperatura puede haber afectado tanto a *O. fultoni* como a *O. leptogrammus* (Fig. 5.19).

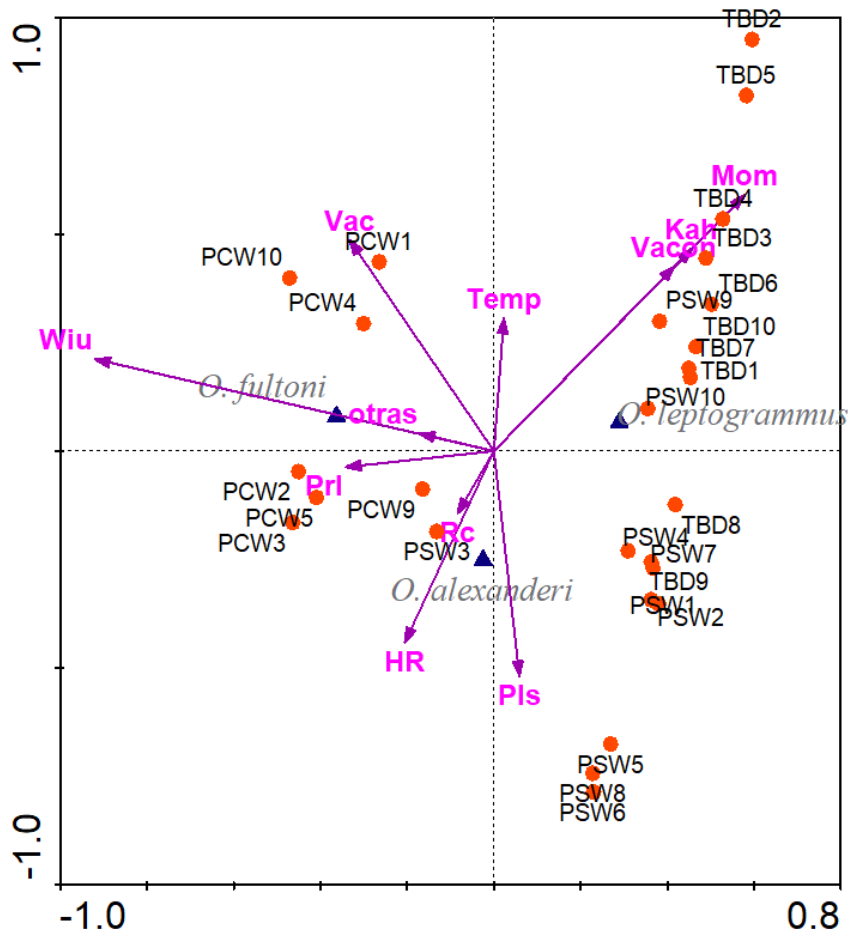


Figura 5.19. Análisis de Correspondencia Canónica de tres especies de grillos del género *Oecanthus* en 10 estaciones PCW (perturbadas con *Wigandia urens*), en 10 PSW (perturbadas sin *W. urens*) y 10 TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio) con plantas que presentaron mayor cobertura: Kah (*Karwinskia humboldtiana*), Mom (*Morkillia mexicana*), Prl (*Prosopis laevigata*), Pls (*Pluchea salicifolia*), Rc (*Ricinus communis*), Vac (*Vachellia cochliacantha*), Vacon (*V. constricta*), Wiu (*Wigandia urens*) y otras, así como la temperatura (Temp) y humedad relativa (HR).

5.7. Historia natural

Oecanthus alexanderi presentó una coloración verde pálido similar a la que presenta *O. fultoni*, siendo el tipo de canto y las marcas de los dos primeros segmentos lo que los diferencia (ver Fig. 4.1). Por su parte *O. leptogrammus* presentó una coloración amarillo pálido en las estaciones TBD (tetechera

con bajo nivel de disturbio) (Fig. 5.20) y en las estaciones PSW (perturbadas con *Wigandia urens*) y PCW (perturbadas sin *W. urens*) su coloración cambia a verde pálido, al igual que *O. alexanderi* y *O. fultoni*. (Figs. 4.2a y b). Durante el muestreo se registró a *O. alexanderi* y a *O. fultoni* exclusivamente en estaciones PCW y PSW, sin embargo en una visita realizada en junio de 2014 a la zona TBD se registró el canto de un ejemplar macho de *O. fultoni*. En cuanto a ninfas se refiere, de la especie *O. alexanderi* se colectaron 13 ejemplares, las cuales corresponden a los estadios III al V, de acuerdo con su longitud total (Cuadro 5.7). En laboratorio se criaron cuatro ninfas colectadas en estadio IV pero murieron en promedio después de 6 días sin haber alcanzado el estadio V, mientras que de *O. leptogrammus* sólo se colectó una ninfa, que por su longitud (Cuadro 5.7), corresponde al estadio V, la cual 4 días después de haber sido colectada murió. Por último, ninfas de *O. fultoni* no fue colectadas, debido a que se conoce el tiempo que tarda en mudar de un estadio a otro hasta alcanzar la edad adulta en estaciones PCW (Romero-Mata, 2008).

Se registró que las ninfas de *O. alexanderi* utilizan a *W. urens* para asentarse. En estado adulto se registran asociadas a *Passiflora foetida* y *D. inoxia* para realizar actividades de cortejo. Los adultos y las ninfas de *O. fultoni*, por su parte, forrajea hojas y flores de *W. urens* y *C. ciliato-glanduliferus*, y solamente fueron registrados en etapa adulta sobre *Pluchea salicifolia*, donde se asientan, cortejan y aparean, aunque el cortejo y apareo también lo realizan sobre *Datura inoxia* y *Montanoa tomentosa* (Apéndice II). Por último, las ninfas de *O. leptogrammus* forrajea las flores de *W. urens* y sus adultos se alimentan de *Morkillia mexicana* y *Pluchea salicifolia*, en tanto que sus actividades de cortejo las realizan sobre 38 especies de plantas (ver Apéndice II).



Figura 5.20. Macho de *Oecanthus leptogrammus* colectado en estación TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio) en Zapotitlán Salinas, Puebla (Foto: A. Romero-Mata). Nótese la coloración amarillo pálido.

Los adultos de las tres especies de *Oecanthus* realizan sus actividades de cortejo generalmente en el envés de las hojas de las plantas. Los machos y hembras *O. alexanderi* y *O. fultoni* se registraron tanto en el haz como en el envés de las hojas y se pueden aparear en ambas caras; en cambio, *O. leptogrammus* empieza el cortejo en el haz y se aparea en el envés. Otro comportamiento observado en *O. fultoni*, que en algunas ocasiones los machos agujeran hojas y, después, emiten su canto.

Las tres especies de grillos se encontraban cantando a diferente rango de alturas sobre la vegetación [*O. alexanderi*: 0.30-2.0 m; *O. fultoni*: 0.20-2.0 m; *O. leptogrammus*: 0.50-1.20 m], pero no hubo diferencia en la altura promedio a la que los machos emiten el canto ($F_{2,37}=2.67$, $P = 0.082$). No obstante, se reportaron machos de *O. alexanderi* (dos) y *O. fultoni* (cinco) cantando en árboles a una altura mayor a los 5 m en plantas de las zonas urbanas del pueblo. Como no se pudo obtener la altura precisa, estos datos no se pudieron tomar en cuenta.

Por otro lado, se encontraron diferencias significativas entre especies en la longitud total del cuerpo de los machos ($F_{2,99}=5.41$, $P < 0.05$) y de las alas ($F_{2,99}=10.79$, $P < 0.05$), siendo *O.*

leptogrammus quien presenta una mayor longitud corporal (16.61 ± 0.22 mm) y alas más largas (12.90 ± 0.17 mm) que *O. fultoni* ($15.80 \pm e.e. 0.15$ mm y 12.03 ± 0.09 mm) (prueba de Tukey: $P < 0.05$, Cuadro 5.7). Este patrón de diferencias en el tamaño corporal también se presentó al comparar la longitud total de las ninfas del estadio III ($F_{2,37}=2.87$, $P < 0.05$; prueba de Tukey: $P < 0.05$; Cuadro 5.7). También se registraron diferencias significativas entre especies en la longitud corporal de las ninfas del estadio IV ($F_{2,37}=3.88$, $P < 0.05$) pero la prueba de Tukey no detectó entre qué promedio se verificaba la diferencia ($P > 0.05$) (Cuadro 5.7).

Por último, los machos de *O. alexanderi* registran actividad de canto a partir de las 18:00 h, siendo más frecuentes en el intervalo de 20:00-21:00 h (Fig. 5.21a). *Oecanthus fultoni*, por su parte, registró cantos a las 15:50 h en enero de 2013 y a las 09:00 h en marzo de 2013, siendo más frecuentes en el intervalo de 19:00-20:00 h al igual que *O. leptogrammus*, sólo que esta última especie comienza a cantar a las 18:40 h (Figs. 5.21b y c).

Cuadro 5.7. Comparación de las medidas de ninfas y adultos y altura ala que cantan los machos (\pm e.e., rango entre paréntesis) de tres especies de grillos *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas, Pue. ND: no hay datos. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Tukey). n denota el tamaño de muestra.

Parámetro	<i>O. alexanderi</i>	<i>O. fultoni</i>	<i>O. leptogrammus</i>
Longitud corporal (mm)			
Ninfa III	7.30 ± 0.12^{ab} (6.89-7.55, $n= 5$)	7.00 ± 0.19^b (5.66-8.19, $n= 15$)	8.53 ± 0.79^a (7.74-9.32, $n= 2$)
Ninfa IV	9.80 ± 0.34 (8.58-10.86, $n= 7$)	9.62 ± 0.14 (8.39-10.95, $n= 32$)	11.32 ± 0 (11.32, $n= 2$)
Ninfa V	12.96 ($n= 1$)	11.71 ± 0.08 (11.00-12.95, $n= 33$)	15.00 ($n= 1$)
Hembras	ND	15.85 ± 0.21 (13.45-20.95, $n= 53$)	11.80 ($n= 1$)
Machos	16.33 ± 2.25^{ab} (14.08-18.58, $n= 2$)	15.80 ± 0.15^b (13.51-18.78, $n= 60$)	16.61 ± 0.22^a (11.80-18.50, $n= 37$)

Parámetro	<i>O. alexanderi</i>	<i>O. fultoni</i>	<i>O. leptogrammus</i>
	Longitud de ovipositor (mm)		
Hembras	ND	3.29 ± 0.05 (2.35-4.10, n= 53)	ND
	Longitud de las alas (mm)		
Machos	12.15 ± 1.58 ^{ab} (10.57-13.73, n= 2)	12.03 ± 0.09 ^b (10.73-14.54, n= 60)	12.90 ± 0.17 ^a (11.06-15.86, n= 37)
	Altura de ubicación (m)		
Machos cantores	0.77 ± 0.23 ^a (0.20-2.00, n= 7)	1.26 ± 0.21 ^a (0.20-2.10, n= 13)	0.92 ± 0.04 ^a (0.50-1.20, n= 20)

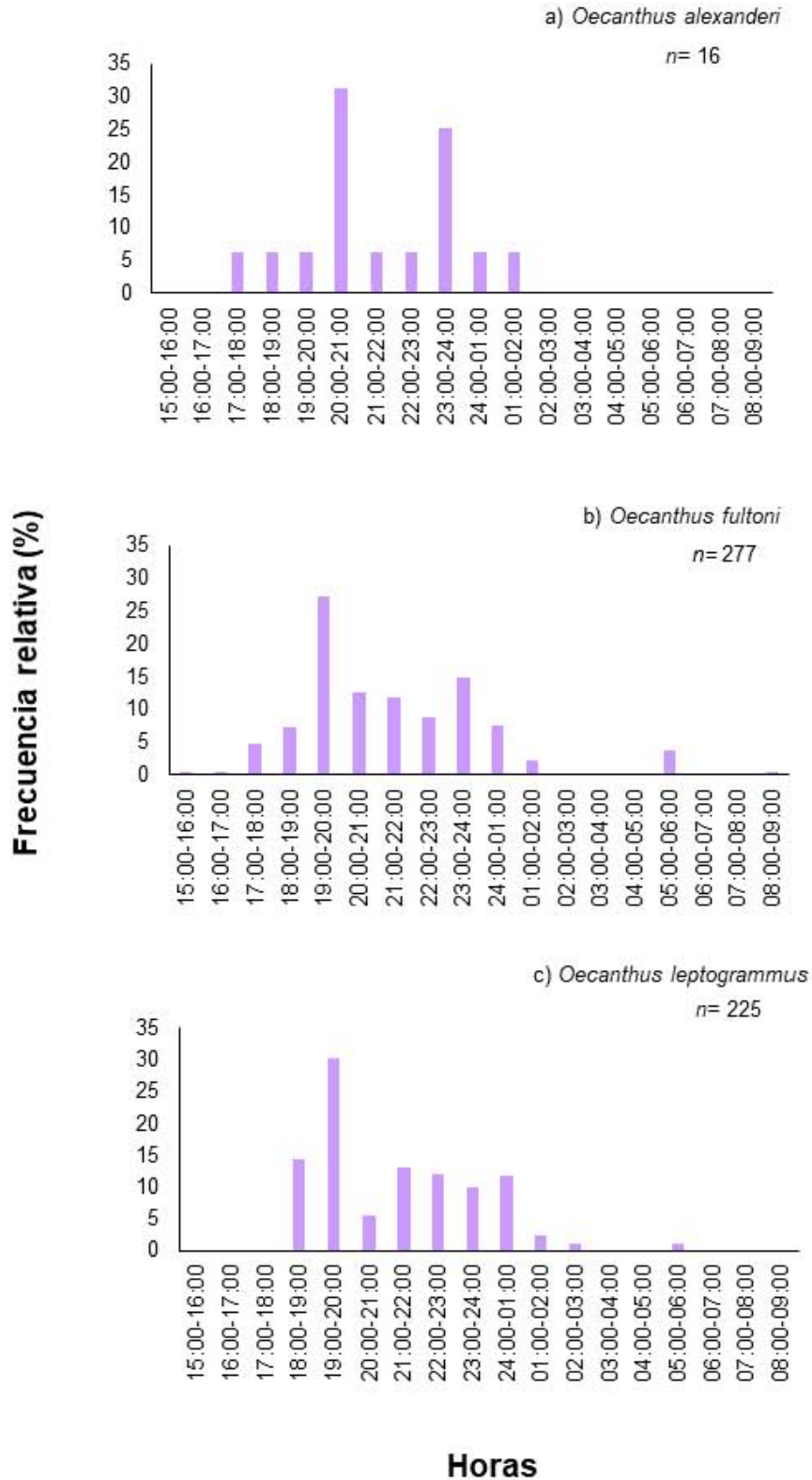


Figura 5.21. Frecuencia a la que se detectaron cantos de los machos de tres especies de *Oecanthus* en Zapotitlán Salinas. El patrón de variación diurna que se muestra no indica necesariamente la frecuencia real, pues los horarios más frecuentes de registro fueron de 19:00 a 21:00 h.

VI. DISCUSIÓN

6.1. Relaciones de nicho

Las tres especies de grillos difieren en los nichos que ocupan, dado que: (a) presentaron un traslape bajo (menor a 0.29) al considerar plantas hospederas, fecha y tipo de estación (sección 5.4); (b) la amplitud de sus nichos en las variables mencionadas (sección 5.4), así como en la humedad relativa y temperatura de actividad de canto de los machos es reducida (Cuadro 5.6), por lo que se pueden considerar especies estenóticas; (c) los machos de *O. alexanderi* registra un traslape no significativo en la humedad y temperatura de canto que las otras dos especies (Cuadro 5.5); y (d) presentan una conducta y morfología diferencial (ver Cuadro 6.1), lo que permite su coexistencia.

En particular, en este estudio se encontró que *O. alexanderi* se asentó con mayor frecuencia sobre *W. urens*, *O. fultoni* se registró más sobre *Croton ciliato-glanduliferus* y *W. urens*, mientras que *O. leptogrammus* se registró con mayor frecuencia en otras especies diferentes, en especial *Morkillia mexicana* (Apéndice II) en estaciones TBD, ya que esta planta sólo se encontró en este tipo de estaciones. *Oecanthus alexanderi* y *O. fultoni* son especialistas, en tanto que *O. leptogrammus* es generalista por estar asociado a 43 de las 73 especies de plantas registradas en los sitios de estudio (ver Cuadro 5.4).

Al parecer, *O. alexanderi* y *O. fultoni* requieren de plantas que tengan pubescencia, así como una forma ovada de las hojas (como *W. urens*, *C. ciliato-glanduliferus* y *Mirabilis viscosa*), hecho que debe ser corroborado en estudios futuros (Cuadro 6.1; ver sección 6.2). Asimismo, estas dos especies sólo se encuentran en los sitios PCW y PSW, lo cual puede estar asociado a que estas especies prefieren hábitats perturbados, tal como ya ha sido sugerido por Fulton (1915) y Collins (2005). La distribución de estas especies contrasta con la de *O. leptogrammus* que prefiere hábitats conservados de vegetación natural.

Cuadro 6.1. Comparación de las dimensiones de nicho de las tres especies de grillos del género *Oecanthus* estudiadas y registradas en mayo 2013 a mayor 2014 en Zapotitlán Salinas, Pue. Celdas resaltadas en distinto tono de grises muestran diferencias entre especies. PCW: estaciones perturbadas con *Wigandia urens*; PSW: estaciones perturbadas sin *Wigandia urens*; TBD: estaciones con tetechera con bajo nivel de disturbio.

Dimensión de nicho	Especie de grillo		
	<i>O. alexanderi</i>	<i>O. fultoni</i>	<i>O. leptogrammus</i>
Tipo de canto	Chirrido regular < 1/s	Chirrido melodioso ~ 3/s	Chirrido continuo ~ 20 s
Temperatura a la que cantan (°C)	24.3(20-28)	22.3 (12-34)	22.0 (12-29)
Humedad relativa a la que cantan (%)	26-77%	23-79%	21-87%
Ciclo de vida	Multivoltino	Multivoltino	Univoltino
Principales plantas hospederas	<i>W. urens</i>	<i>W. urens</i> y <i>C. ciliato-glanduliferus</i>	<i>P. laevigata</i> , <i>V. dentata</i> , <i>S. molle</i> , <i>M. mexicanaria</i> y otras
Especialización hacia plantas hospederas	Especialista	Especialista	Generalista
Tipo de estación usada y preferida	Prefiere PCW, presente en PSW, ausente en TBD	Prefiere PCW, presente en PSW, ausente en TBD	Prefiere TBD, presente en PCW y PSW
Tamaño promedio de los machos (mm)	16.3	15.8	16.6
Horario de mayor actividad acústica (h)	20:00-21:00	19:00-20:00	19:00-20:00

La diferenciación de hábitats detectada sugiere que los grillos arborícolas son afectados por el tipo de vegetación, pues son insectos dependientes del ensamblaje de especies vegetales (Labadessa

et al., 2015). Estudios realizados en 27 sitios de Benito Juárez, Argentina mostraron que sus ortópteros dominantes están asociados a diferentes tipos de plantas (Torrusio *et al.*, 2002). Esta estrecha relación se ha registrado con otros Orthoptera, como el caso de *Acrolophitus variegatus* (Acrididae), que es una especie estrechamente asociada a *Filago nivea* (Joern, 1979a). Asimismo, *O. texensis* se ha registrado solamente sobre plantas del género *Prosopis* en las zonas desérticas del occidente de EE.UU. (Wisdom, 1991; Symes y Collins, 2013); en tanto que Metrani y Balakrishnan (2005) registraron que *O. bilineatus* prefiere árboles, mientras que Pérez (2007) registra una estrecha relación de *O. fultoni* con arbustos y árboles de *Buddleja cordata*, así como con lianas del género *Passiflora*.

Se sugiere que en estudios futuros se analice el papel del gradiente altitudinal en la distribución de los grillos arborícolas, pues se sabe que este factor afecta la distribución de los insectos (ver, p. ej., Hodkinson, 2005; Pokivailov, 2008). En este estudio, las estaciones de cada tipo se encuentran a distintas altitudes (TBD: 1622-1650 m, PSW: 1512-1546 m; PCW: 1414-1482 m), lo cual puede afectar la distribución de los grillos.

Se sugiere que la mayor longitud corporal de *O. leptogrammus* le puede permitir a esta especie coexistir con las otras dos en los sitios PCW y PSW, reduciendo así el traslape por los recursos, ya que posiblemente esta especie de grillo ingiere presas diferentes a los que consumen *O. alexanderi* y *O. fultoni*. Se sugiere examinar los contenidos estomacales o realizar pruebas moleculares (secuenciación) para conocer cuáles especies vegetales y animales son consumidas por las tres especies (ver Sloan, 1975; Goodward y Hildrew, 2002; Mathenson *et al.*, 2008; Lemus, 2018). Esta diferencia no sólo reduce el traslape por recursos alimenticios, sino también por el canal acústico debido a que la tasa de pulso, la longitud y frecuencia del canto cambia con el tamaño corporal (Alexander, 1962b). Las diferencias en la talla corporal está documentada entre especies simpátridas de especies de grillos arborícolas, como lo han registrado Metrani y Balakrishnan (2005), quienes

encuentran que *O. indicus* y *O. rufecens* son más grandes (15.32 ± 1.03 mm y 16.42 ± 1.16 mm, respectivamente) que *O. bilineatus* y *O. henryi* (11.64 ± 0.84 mm y 12.42 ± 0.73 mm) en la localidad que estudiaron.

A diferencia de otras dimensiones de nicho, las tres especies presentan similitud en la hora de canto de los machos adultos (de 15:00 a 06:00 h; ver Fig. 5.21). Estas especies cantan en un horario similar a lo registrado para *O. californicus* y *O. fultoni* en la Ciudad de México que cantan en el intervalo 18:00-03:30 h (Pérez, 2007). Ponce-Wainer y Cueva del Castillo (2008) registran que *O. fultoni* tiene actividad de canto en el intervalo 18:00-06:00 h en datos recabados en 2006 en la misma localidad que la realizada en este estudio.

En este estudio no se encontraron diferencias en la altura de la planta, a la cual cantan los machos (Cuadro 5.7); sin embargo, en algunos ensamblajes de ortópteros se llegan a encontrar diferencias en este aspecto, tal como es el caso de los tetigónidos simpátridos que estudiaron Schirmel y Fartman (2013) en Alemania. La altura de la vegetación a la que se encontraron los grillos cantores, estudiados en el presente (0.77-1.26 m, con algunos datos a una altura > 5 m) se encuentran dentro del rango reportado por machos de este género, que cantan desde los 0.7 y hasta los 10 m de altura sobre la vegetación (Messmer, 1991; Pérez, 2007; Collins *et al.*, 2014).

6.2. Las plantas hospederas

En este estudio se encontró que de las 11 especies de plantas utilizadas como hábitat por las tres especies de grillos *Oecanthus* en las estaciones PCW, *W. urens* es la especie vegetal que presenta significativamente mayor número de registros (Fig. 5.9), quizá por ser un arbusto común y perenne, por considerarse un mosaico de recursos para los herbívoros que de ella se alimentan, debido a que presenta una gran variación morfológica y química, y por los dos tipos de láminas foliares que posee (Cano-Santana y Oyama, 1994; Ponce-Wainer y Cueva del Castillo, 2008).

Por otra parte, *O. fultoni* se asentó con mayor frecuencia sobre *C. ciliato-glanduliferus* en estaciones PSW (Fig. 5.10b). Un estudio previo mostró que este grillo se asienta específicamente sobre *W. urens* y *C. ciliato-glanduliferus* (Romero-Mata 2008). Al parecer, en sitios donde está ausente la primera especie, estos grillos usan la segunda especie, que es un arbusto con hojas con tricomas glandulares y terpenoides (Huerta *et al.*, 2002; Corcuera *et al.*, 2010), al igual que *W. urens* (Cano-Santana y Oyama, 1992).

Oecanthus leptogrammus, por su parte, en las estaciones PSW presenta significativamente mayor número de registros sobre *P. laevigata*, *Viguiera dentata* y *Schinus molle* (Fig. 5.10c), lo que se relaciona con el hecho de que esta especie de grillo se encuentra asociado principalmente con árboles (Collins, 2005). *Prosopis laevigata*, por su parte, se registra como una buena fuente de alimento (Wisdom, 1991), que ofrece recursos todo el año por ser una especie perenne (Pen-Mouratov *et al.*, 2008). Probablemente eligen a *V. dentata* por ser un buen hospedero, como lo demuestra un estudio realizado con las larvas de la palomilla *Estigmene acrea* y la mosca *Procecidochares stonei* (Green *et al.*, 1993; Singer *et al.*, 2004), o bien, porque contiene diterpenos (un tipo de terpenos) (Gao *et al.*, 1985). Los terpenos son compuestos comunes que contienen las plantas de la familia Asteraceae y otras especies vegetales elegidas por estos grillos (Ambrosio *et al.*, 2006), tal como es el caso del pirul, *Schinus molle* (Morales, 2013), una especie que puede ofrecer recursos a *O. varicornis* en el parque El Cimatario, Qro. (García-García *et al.*, 2008), así como a *O. fultoni* y *O. californicus* en la Ciudad de México (Pérez, 2007).

En las estaciones TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio) *O. leptogrammus* se registra sobre 19 de especies, con una preferencia hacia *Morkillia mexicana* y sobre el conjunto de especies no dominantes (Fig. 5.11, Apéndice II). *Morkillia mexicana* es el único árbol en este tipo de estación que tiene foliolos grandes (3 a 5 cm de largo y de 1.5 a 2.5 de ancho), pubescentes y es abundante en todos los sitios en los que se encuentra distribuido (Rzedowski y Rzedowski, 1994). Posiblemente el

tamaño de los foliolos le brindan protección ante sus depredadores, ya que éstos presentan un tamaño mayor al que tienen estos grillos (obs. pers).

Los grillos estudiados estuvieron asociados sobre todo a muchas especies de la familia Asteraceae (Apéndice II), lo que coincide con lo reportado en la literatura, ya que en la Ciudad de México tanto *O. fultoni* como *O. californicus* utilizan tres especies vegetales pertenecientes a esta familia (Pérez, 2007), así como lo hacen otras especies de *Oecanthus* de Europa y Norteamérica (ver Cuadro 6.2); aunque frecuentemente también aparecen registradas plantas de la familia Rosaceae (Sander, 1995; Fedor, 2001; Felix y Van Kleef, 2004). El hecho de que la familia Asteraceae sea utilizada por los grillos del género *Oecanthus* en este estudio puede deberse a posibles relaciones evolutivas (Joern, 1979b), o bien, a que las plantas que pertenecen a esta familia son también muy abundantes en zonas desérticas (Wisdom, 1991).

Los grillos estudiados también se encuentran asociados a pastos (Poaceae) (García-García y Fontana, 2008) y cactus (Cactaceae; p. ej., *Opuntia pilifera*), así como a otras familias; y, en cuanto a formas de crecimiento, se asocian tanto a árboles frutales (p. ej., el guayabo *Psidium* sp.), como a arbustos (p. ej., *Bouvardia erecta*, *Cordia curassavica* y *Montanoa tomentosa*), enredaderas (p. ej., *Passiflora foetida*) y hierbas (p. ej., *Mirabilis viscosa*, *Parthenium hysterophorus*, *Plumbago pulchella* y *Viguiera dentata*) (Walker, 1962a; ver Apéndice I).

Cuadro 6.2. Especies de la familia Asteraceae utilizadas por el género *Oecanthus* en diferentes partes del mundo.

Espece de planta	País	Espece de <i>Oecanthus</i>	Referencia
<i>Achillea</i> sp.	Eslovaquia	<i>O. pellucens</i>	Fedor, 2001
<i>Ambrosia psilostachya</i> D.C.	EU	<i>O. argentinus</i> <i>O. californicus</i>	Chiffaud y Gillon, 1984
<i>Ambrosia</i> sp.	EU	<i>O. quadripunctatus</i>	Shure, 1973
<i>Artemisa vulgaris</i> L.	Alemania Eslovaquia	<i>O. pellucens</i>	Sander, 1995 Fedor, 2001
<i>Brickellia veronicifolia</i> A. Gray	México	<i>O. fultoni</i>	Pérez, 2007
<i>Cichorium intybus</i>	Alemania	<i>O. pellucens</i>	Sander, 1995
<i>Cichorium</i> sp.	Eslovaquia	<i>O. pellucens</i>	Fedor, 2001
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Holanda	<i>O. pellucens</i>	Felix y Van Kleef, 2004
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	EU Holanda	<i>O. celerinictus</i> <i>O. pellucens</i>	Wiegert <i>et al.</i> , 1967 Felix y Van Kleef, 2004
<i>Crepis foetida</i>	Eslovaquia	<i>O. pellucens</i>	Fedor, 2001
<i>Dahlia</i> sp.	Nicaragua	<i>O. belti</i>	Collins <i>et al.</i> , 2014
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers	Eslovaquia	<i>O. pellucens</i>	Fedor, 2001
<i>Eupatorium petiolare</i> André	México	<i>O. californicus</i> <i>O. fultoni</i>	Pérez, 2007
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray	México	<i>O. leptogrammus</i>	Estes estudio
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less	México	<i>O. leptogrammus</i>	Este estudio
<i>Heterotecha subaxillaris</i> (Lam.) Britton & Rusby	EU	<i>O. celerinictus</i>	Wiegert <i>et al.</i> , 1967
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	México	<i>O. fultoni</i> <i>O. leptogrammus</i>	Pérez, 2007 Este estudio
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	México	<i>O. leptogrammus</i>	Este estudio
<i>Pluchea salicifolia</i> (Mill.) S.F. Blake	México	<i>O. alexanderi</i> <i>O. fultoni</i>	Este estudio
<i>Sanvitalia fruticosa</i> Lam.	México	<i>O. leptogrammus</i>	Este estudio
<i>Solidago altissima</i> L.	EU	<i>O. leptogrammus</i> <i>Oecanthus</i> sp. <i>O. fasciatus</i>	Sholes, 1984 Hancock, 1905
<i>Solidago</i> sp.	Canadá EU	<i>O. nigricornis</i> <i>O. quadripunctatus</i>	Ercit <i>et al.</i> , 2014 Fulton, 1926
<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	México	<i>O. fultoni</i>	Pérez, 2007
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	Alemania Holanda	<i>O. pellucens</i>	Sander, 1995 Felix y Van Kleef, 2004
<i>Verbesina virgata</i> Cav.	México	<i>O. californicus</i>	Pérez, 2007

Especie de planta	País	Especie de <i>Oecanthus</i>	Referencia
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	México	<i>O. fultoni</i> <i>O. leptogrammus</i>	Este estudio

6.3. Microclima y canto

En este trabajo se encontró que el traslape de la temperatura y humedad relativa (HR) es alto entre *O. fultoni* y *O. leptogrammus* (Cuadro 5.5). Sus cantos se registraron entre 18-30°C, 12-30 °C y 12-29°C, respectivamente (Fig. 5.12) y el intervalo de humedad relativa donde los machos tuvieron más registros es de 56 a 62% (Fig. 5.14). En este caso, *O. fultoni* es la especie que presenta los valores más altos de amplitud de nicho en términos de temperatura y humedad relativa (Cuadro 5.6). Los resultados referente a la temperatura concuerdan con las investigaciones realizadas por Collins (2005), quienes reportan que *O. fultoni* puede emitir su canto en el amplio rango de temperaturas de 12.5-30.3°C, mientras que *O. alexanderi* requiere temperaturas que van desde 23 a 25°C. Por último, los resultados obtenidos en este estudio para *O. leptogrammus* indican que en Zapotitlán Salinas el rango para emitir el canto es más amplio que lo reportado en la literatura, ya que se ha registrado que este grillo canta entre 21.1 y 27.3°C (Collins *et al.*, 2014; Cigliano, 2018).

La temperatura promedio de canto de *O. alexanderi* (24.0°C) coincide con el registrado para esta especie por Walker y Collins (2010) en San Luis Potosí (México).

Por otra parte, los machos de *O. fultoni* colectados en Zapotitlán Salinas cantaron en el sitio de estudio a un atemperatura promedio de 22°C, que es la temperatura a la cual Ponce-Wainer y Cueva del Castillo (2008) grabaron los canto de esta especie en laboratorio. Collins (2005), en tanto que Wilczynski y Ryan, (1999) registra que los machos de esta especie en EE. UU. cantan a una temperatura promedio de 24.4°C, valor que está por encima del registrado en este trabajo.

Hay pocos datos sobre la influencia de la humedad relativa (HR) sobre el canto de los machos del género *Oecanthus*. *Oecanthus nigricornis* registra canto entre 45 y 80% HR (en Ontario) y *O. quadipunctatus* entre 60 y 95% (Walker, 1962b; Bell, 1979; Brown, 2008). El hecho de que no se tengan registros al respecto, se puede deber a que la humedad no se considera una variable importante en comparación con la temperatura (Walker 1962b, 1963). No obstante, Barrientos-Lozano y Montes-Torres (1997) consideran que la humedad relativa es un factor que debe considerarse para la actividad acústica.

6.4. Especies registradas y la ausencia de *Oecanthus rileyi*

En la región estudiada se corroboró la presencia de tres especies de grillos arborícolas (*O. alexanderi*, *O. fultoni* y *O. leptogrammus*) de las cuatro que se habían identificado en colectas realizadas en la localidad en 2004-2005, cuando también se registró a *O. rileyi* (A. Romero-Mata, no publ.). Esta última especie presenta una coloración verde pálida, en promedio llega a medir de 15-18 mm y su canto es regular melodioso a los 25°C (Collins, 2005). Se ha registrado en bosques de encinos, jardines, chaparrales y viñedos sobre árboles altos, arbustos, rosas silvestres y la planta *Baccharis viminea* (Rentz y Weissman, 1981; Collins, 2005). La ausencia de esta especie puede deberse a su baja abundancia. En el muestreo realizado en 2004-2005 se localizó en hábitats perturbados con *W. urens* y durante el día, colectándose sólo tres ejemplares *in vivo* (A. Romero-Mata, datos no publ.). Diez ejemplares de esta misma especie fue colectada en Ciudad Universitaria, Ciudad de México, en 2013 (A. Romero-Mata, datos no publ.).

Por otra parte, la ausencia de registros en el estudio realizado puede estar asociada también con la estocasticidad ambiental característica de las zonas secas, donde prevalecen altas temperaturas, sequía estacional, tormentas y rachas de viento esporádicas de distinta duración e intensidad y alta evapotranspiración (Wisdom, 1991; Whitford, 2002). Otro factor adicional puede ser la variación

demográfica interanual debida a factores densoindependientes (Krebs, 1978). Se sabe, por ejemplo, que el pirgomórfido *Sphenarium purpurascens* en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Cd. Mx., ha variado en su densidad máxima anual de 7.3 a 22.8 ind./ha entre 1991 y 2009 (Cano-Santana, 1994; Villeda, 2010; Ayala-López de Lara, 2014).

Por último, la hora del muestreo podría influir en que no se haya registrado esta especie, ya que en el presente estudio se muestreó de noche con el método de detección aural, pero en 2004-2005 se muestreó en el día. Se recomienda en estudios futuros hacer una búsqueda diurna de grillos para verificar la existencia y la actividad de *O. rileyi* en la región.

6.5. Fenología y ciclo de vida

La ausencia de adultos y ninfas en todos los muestreos no indica que los individuos no estén presentes, sino a la limitación que tiene el método de detección aural (Brown, 2008; Cano-Santana *et al.*, 2008). Otra razón por la cual individuos de distinta etapa no son detectados pueden estar relacionado con el rápido desarrollo de los grillos (140 días; Pérez, 2007). En este estudio fue difícil observar y coleccionar ninfas de los primeros estadios, ya que posiblemente éstas se encuentren sobre las plantas a una altura menor de 1 m, tal como ocurre en el caso de *O. longicauda* (Makino, 1932).

Los datos obtenidos en este estudio indican que *O. alexanderi* y *O. fultoni* presentan un ciclo de vida multivoltino (Ishihara y Shimada, 1999) o, de acuerdo con la clasificación de Alexander (1968), un ciclo de vida de tipo I, donde la reproducción es continua sin diapausa porque los adultos y ninfas se encontraron durante todo el año (Figs. 5.4a, b). Por otro lado, *O. leptogrammus* parece tener un ciclo de vida tipo III de una generación cada año (univoltino) con diapausa en los juveniles durante el invierno (*sensu* Alexander, 1968; Fig. 5.4c). Sin embargo, se sugiere tomar estos resultados con cautela, dadas las limitaciones del método ya discutidas. El multivoltinismo de *O. fultoni* coincide con lo reportado por Romero-Mata (2008), pero difiere con lo reportado por Pérez (2007), donde

registró que *O. fultoni* (identificado erróneamente como *O. niveus*) es univoltino, al igual que los grillos que habitan en zonas templadas de Japón y Estados Unidos (Masaki y Walker, 1987). Esta diferencia se debe a la variación geográfica que afecta la calidad de los hábitats y la estacionalidad (Alexander, 1968; Masaki, 1987).

6.6. Variación espacial de coloración

Las diferencias entre sitios en tipo de vegetación y altitud puede ser la base que ayude a explicar las diferencias en la coloración que presentan los grillos *Oecanthus leptogrammus*, que en las estaciones PCW y PSW son de color verde pálido, mientras que en las estaciones TBD son café pálido (Fig. 5.20). Hodkinson (2005) registra que algunas especies de chapulines presentan un cambio de coloración cuando se encuentran a elevadas altitudes. El cambio de vegetación afecta a los grillos de *O. leptogrammus*, ya que pueden recurrir al fenómeno de cripsis con la vegetación para protegerse de los depredadores y para pasar desapercibidos a sus presas (ver Joern, 1982; Chambers *et al.*, 1996). Se sugiere estudiar en detalle este aspecto en estudios futuros.

6.7. Abundancia estacional

La abundancia relativa de cada especie de *Oecanthus* fue diferente, aunque las tres especies presentan su máxima abundancia en noviembre (Fig. 5.2). La ubicación del pico de abundancia relativa en ese mes ya había sido registrado para *O. fultoni* en 2004-2005 en esa misma localidad (Romero-Mata, 2008). Esto contrasta con el pico de abundancia de en la Ciudad de México, que ocurre en marzo (Pérez, 2007). En noviembre posiblemente la calidad, cantidad y distribución del alimento es alta (ver Gullan y Cranston, 2005), pero estos factores no fueron tomados en cuenta en este trabajo. La variación estacional en la abundancia es común en grillos arborícolas. *Oecanthus californicus* y *O.*

fultoni en la Ciudad de México tienen su máxima abundancia en octubre y marzo, respectivamente (Pérez, 2007).

6.8. Densidad de machos y densidad poblacional

En este trabajo se observó que hay un efecto del tipo de sitio sobre la densidad de grillos adultos de cada especie. Esta diferencia puede deberse a la cantidad, calidad y distribución del alimento, la disponibilidad de plantas hospederas y el valor nutricional de éstas (Gullan y Cranston, 2005; Rominger *et al.*, 2009). Cada tipo de estación ofrece ciertas especies vegetales que son atractivas para la comunidad de los grillos, sobre todo por el caso del papel que juega *W. urens* (Fig. 5.19) que es una especie común y preferida por los grillos, así como el efecto del patrón de disturbios que tiene cada zona. Aunque también las diferencias en densidad se deban a la estructura del paisaje (tamaño y forma del parche y grado de aislamiento) y del microhábitat (estructura de la vegetación y microclima), tal como ocurre con otros ortópteros (Poniatowski y Fartmann, 2010).

Se ha visto que los ortópteros herbívoros son afectados profundamente por los rasgos de las comunidades vegetales en las que se asientan, las cuales ofrecen ambientes con una incidencia particular de metabolitos secundarios y nutrientes (Joern, 1979b; Kalacheva, 2005).

La fecha en la cual *O. alexanderi* presenta su máxima densidad coincide con la reportada para *O. fultoni* en la Ciudad de México, sin embargo en esta localidad la densidad de machos es mucho mayor (139.4 ind./ha; Cuadro 5.3). Noviembre es el pico de densidad para los machos de *O. fultoni* y *O. leptogrammus* (en estaciones PCW), lo que coincide con el estudio realizado en Zapotitlán Salinas en el 2005, donde se registró a *O. fultoni*, aunque con un mayor valor (139.4 ind/ha, Romero-Mata, 2008). Las diferencias en densidad en ambos estudios puede deberse a que en este trabajo se muestrearon zonas donde había evidente actividad humana. Se sabe, por ejemplo, que las poblaciones

de langostas desérticas son afectadas por factores ambientales y actividades humanas, como la agricultura (Kara-Toumi *et al.*, 2010).

Los datos de densidad registrados son muy bajos en comparación con los obtenidos en Eslovaquia y Estados Unidos (5,000-14,500 y 26,000 ind./ha, respectivamente; ver Cuadro 6.3). Esto posiblemente se debe al tipo de vegetación al que se encuentran asociados, ya que en los sitios estudiados la cubierta vegetal es mayor que en Zapotitlán Salinas. Por ejemplo en Ciudad de México Pérez (2007) registró grillos en plantas de diversas formas de crecimiento, que incluyen árboles de hoja ancha y malezas enmarañadas en áreas con disturbios.

Cuadro 6.3. Estudios realizados sobre densidad de grillos del género *Oecanthus*. El * denota densidad de machos. Datos ordenados de manera decreciente en los valores de densidad máxima.

Especie	Densidad máxima (No./ha)	Densidad promedio anual (No./ha \pme.e.)	Localidad	Referencia
<i>O. alexanderi</i>	4.92*	0.73 (0.02)	Zapotitlán Salinas, México	Este estudio
<i>O. leptogrammus</i>	13.53*	0.73 (0.40)	Zapotitlán Salinas, México	Este estudio
<i>Oecanthus</i> sp.	27.9		Nueva Jersey, Estados Unidos	Shure, 1973
<i>O. fultoni</i>	53.32*	3.07 (0.05)	Zapotitlán Salinas, México	Este estudio
<i>O. fultoni</i>	139.4*		Zapotitlán Salinas, México	Romero-Mata, 2008
<i>O. californicus</i>	150*		Ciudad de México	Pérez, 2007
<i>O. fultoni</i>	262*		Ciudad de México	Romero-Mata, datos no pub.
<i>Oecanthus</i> sp.	4,800		Georgia, Estados Unidos	Wiegert <i>et al.</i> , 1967
<i>Oecanthus</i> sp.	4,900		Carolina del Sur, Estados Unidos	Wiegert <i>et al.</i> , 1967
<i>O. pellucens</i>	14,500		Suroeste de Eslovaquia	Fedor, 2001
<i>O. fultoni</i>		26,000	Hog Island, Estados Unidos	Johnson, 1996

6.9. Bondad del método de detección aural en los estudios de relaciones de nicho

El método de detección aural es adecuado para conocer la densidad y distribución espacial y temporal de los grillos porque es barato y no daña a los insectos (Petraborg *et al.*, 1953; Mankin *et al.*, 2011). Se ha sugerido que este método presenta desventajas al estimar de manera inadecuada la densidad debido a que las señales acústicas y el radio de audibilidad pueden ser afectados por varios factores ambientales, como el viento, la temperatura, la humedad y los sonidos de otros animales; asimismo, afecta la hora del día, la densidad de follaje de árboles y factores antropogénicos (como distribución de edificios y ruidos asociados a actividades humanas); también afecta la distancia del oyente al animal, la posición del oyente entre la vegetación y la familiaridad del oyente con el sonido (Fluitt *et al.*, 2015; obs. pers.). Un ejemplo es que en condiciones naturales se puede detectar que el 5% de machos no producen sonido, pero en ambientes con ruido de vialidades registran que el 61% de los machos estuvieron silentes (Costello y Symes, 2014).

Los factores ambientales que posiblemente intervinieron en la precisión de detectar el canto de los machos fueron la temperatura ambiental y el viento que pudieron afectar la estimación de la densidad de los grillos machos. Los grillos *Oecanthus* pueden cambiar la naturaleza de su canto a diferentes temperaturas, pues este factor afecta la tasa de pulso (número de veces que los grillos cierran sus alas), la tasa del chirrido (el número de veces que el grillo produce una serie corta de pulsos y se mide chirrido por minuto) y la frecuencia (Walker, 1962b; Desutter-Grandcolas y Robillard, 2003), siendo el primer rasgo el más importante, ya que sirve para diferenciar entre especies, lo que hace aún más difícil discriminar el canto de dos o más especies (Walker, 1962a). El viento, por su parte, determina si los machos *Oecanthus* cantan o no (Walker, 1962b; Sander, 1995; Fedor, 2001). Por ejemplo, al muestrear poblaciones de *Oecanthus pellucens* es mejor hacerlo en días sin viento y cálidos para que sea más fácil detectar el canto, sobre todo si la densidad de machos es

baja (Fedor, 2001). Otro factor que reduce la precisión del método es el uso de gorro, tapones o cascos por parte del oyente durante el invierno, pues se reduce el radio de audibilidad (Fluitt *et al.*, 2015).

En el presente estudio, la audibilidad fue afectada por los ruidos emitidos por vehículos y por otras actividades antropogénicas, como los sonidos de la música emitida durante las fiestas y el ruido de las máquinas usadas para cortar el ónix y de los vehículos que pasan por la carretera. Se observó que las poblaciones de *Oecanthus* que se encuentran cercanas a la carretera (< 200 m) son afectadas de tal manera que no cantan debido posiblemente a que la frecuencia de los ruidos se puede traslapar con la de su canto, ya que se trata de una actividad energéticamente costosa (Costello y Symes, 2014).

Otra desventaja de este método es que se obtiene mayor información sobre el sexo masculino y se omite información sobre las hembras, ninfas y machos no silentes (ver Sander, 1995). Se recomienda en estudios futuros revisar visualmente las parcelas dentro del radio de detección aural en busca de organismos, aunque no se escuche el canto de los machos. También se sugiere utilizar métodos complementarios, tales como trampas pitfall (ver Veazey *et al.*, 1976; Crawford, 1991; Melbourne *et al.*, 1997), uso de métodos con área (ver Gardiner y Hill, 2006) y el barrido de la vegetación (ver Fedor, 2001). Una consecuencia de haber utilizado el método de detección aural como método de ubicación de ninfas y hembras en este estudio es que se tuvieron pocos datos de este tipo de ejemplares. Esto limitó sobre todo la detectabilidad de ninfas de *O. alexanderi* y *O. leptogrammus* (ver Figs. 5.4a y c), aunque sí se tuvo éxito con las de *O. fultoni* (ver Fig. 5.4b). Por lo anterior, el hecho de que hembras y ninfas no se hayan capturado en todos los muestreos del año, no indica necesariamente que este tipo de individuos no estén presentes (ver Sander, 1995; Cano-Santana *et al.*, 2008). En el presente estudio las hembras y ninfas sólo se percibían si se encontraban cerca de un macho cantor, los cuales, en cuanto eran iluminados con las lámparas se movían rápidamente de lugar (obs. pers.). Esta conducta es reportada en *O. pellucens*, cuyos ejemplares, cuando perciben peligro, corren, brincan o se dejan caer de la vegetación (Messmer, 1991).

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y la discusión de los mismos, se puede concluir lo siguiente:

1. En la región de estudio se registraron tres especies de grillos *Oecanthus* en el periodo comprendido entre mayo 2013 y mayo 2014: *O. alexanderi*, *O. fultoni* y *O. leptogrammus*. Los machos adultos de las tres especies comienzan su actividad de canto a partir de las 18:00 h hasta la madrugada (06:00 h).
2. Cada especie de grillo tiene una distribución diferencial de acuerdo al tipo de sitio y especie de planta en la que lleva a cabo sus actividades.
3. Las tres especies de grillos difieren en alguna dimensión del nicho multidimensional que ocupan, por lo que hay bajo traslape entre las especies estudiadas. Asimismo, hay baja amplitud de nicho en *O. alexanderi* y *O. fultoni* por las especies vegetales que usa, la fecha de actividad y el tipo de sitio que usa.
4. El nicho de *O. leptogrammus*, a pesar de que registra mayor amplitud, se distingue del de las otras dos especies de grillos: (1) por las plantas hospederas que utiliza con mayor frecuencia, (2) porque lleva a cabo sus actividades exclusiva y preferentemente en las estaciones de tetechecra con bajo nivel de disturbio, y (3) por tener el tamaño corporal más grande.
5. El nicho de *O. alexanderi* se distingue porque sus machos cantan preferentemente de 20 a 21:00 h y a una temperatura media de canto más alta, en comparación de las otras dos especies.
6. El nicho de *O. fultoni* se distingue por mantener alta densidad en sitios perturbados con *Wigandia urens* (PCW) y su preferencia por vivir en plantas de *Croton ciliato-glanduliferus* y *W. urens*, así como por tener una menor talla corporal que aquéllos.
7. El pico de abundancia se registró en noviembre para las tres especies de grillos, y *O. fultoni* fue la especie más abundante a lo largo de todo el año.

8. Se sugiere que *O. alexanderi* y *O. fultoni* presentan un ciclo de vida multivoltino, mientras que *O. leptogrammus* tiene un ciclo de vida univoltino con diapausa en los juveniles durante el invierno.
9. De las 73 especies de plantas registradas en la localidad los grillos utilizan 43, siendo en su mayoría Astereaceae, y coexisten en *Croton ciliato-glanduliferus*, *Pluchea salicifolia* y *Wigandia urens*.
10. *Wigandia urens* y *Morkilla mexicana* son las especies vegetales cuya presencia tiene la mayor influencia sobre la comunidad de los grillos.

Es muy importante hacer estudios de nicho ecológico porque aportan información sobre los requerimientos ambientales de las especies, lo que ayuda a conocer cómo éstas están interactuando dentro de la comunidad. Este conocimiento permite predecir las posibles consecuencias que podría tener la comunidad si alguna de estas especies faltara, ya sea porque fuese extraída del hábitat o porque fue eliminada como consecuencia de presiones antropogénicas.

El estudio de este tema también es interesante si se tratan de insectos, debido a los roles importantes que juegan en los ecosistemas terrestres. La información adquirida puede ayudar a tomar decisiones sobre la conservación de las áreas, y para predecir las consecuencias de la fragmentación de un hábitat por asentamientos y actividades humanas.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alexander, G. y J. R. Hilliard. 1969. Altitudinal and seasonal distribution of Orthoptera in the Rocky Mountains of Northern Colorado. *Ecological Monographs*, 39: 385-432.
- Alexander, R. D. 1961. Agresiveness, territoriality and sexual behavior in field crickets (Orthoptera: Gryllidae). *Behaviour*, 17: 130-223.
- Alexander, R. D. 1962a. Evolutionary change in cricket acoustical communication. *Evolution*, 16(4): 443-467.
- Alexander, R. D. 1962b. The role of behavioral study in cricket classification. *Systematic Zoology*, 11: 53-72.
- Alexander, R.D. y G. H. Meral. 1967. Seasonal and daily chirping cycles in the Northern spring and fall field crickets, *Gryllus veletis* y *G. pennsylvanicus*. *Ohio Journal Sciences*, 67: 200-209.
- Alexander, R. D. 1968. Life cycle origins, speciation, and related phenomena in crickets. *The Quarterly Review of Biology*, 43: 1-41.
- Alexander, R. D. 2009. Crickets. Pp. 232-235. En: Resh, H. y R.T. Cardé (eds.). *Encyclopedia of Insects*. Academic Press. Londres.
- Almeida, A. y M. Vinicius. 2004. Two bodies cannot occupy the same place at the same time, or the importance of space in the ecological niche. *Bulletin of Ecological Society of America*, 85: 25-26.
- Amarasekare, P. 2002. Interference competition and species coexistence. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 269: 2541-2550.
- Ambrosio, S. R., C. R. Tirapelli, F. De Dacosta y A. M. de Oliveira. 2006. Kaurane and pimarane-type diterpenes from the *Viguiera* species inhibit vascular smooth muscle contractility. *Life Sciences*, 79: 925-933.

- Arias, T. A., M. T. Valverde y J. R. Santiago. 2001. *Las Plantas de la Región de Zapotitlán Salinas, Puebla*. Instituto Nacional de Ecología. Ciudad de México. 72 p.
- Arlettaz, R. 1999. Habitat selection as a major resource partitioning mechanism between the two sympatric sibling bat species *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Journal of Animal Ecology*, 68: 460-471.
- Ayal, Y., M. Broza y M. P. Pener. 1999. Geographical, distribution and habitat segregation of bushcrickets (Orthoptera: Tettigoniidae) in Israel. *Israel Journal of Zoology*, 45: 49-64.
- Ayala-López de Lara, M. 2014. La comunidad vegetal y abundancia de dos artrópodos en el área A8 de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel tras cuatro años de acciones de restauración. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 66 p.
- Balakrishnan, R., J. Bahuleyan, D. Nandi y M. Jain. 2014. Modelling the effects of chorus species composition and caller density on acoustic masking interference in multispecies choruses of crickets and katydids. *Ecological Informatics*, 21: 50-58.
- Barrientos-Lozano, L. y M. Montes-Torres. 1997. Geographic distribution and singing activity of *Pterophylla beltrani* and *P. robertsi* (Orthoptera: Tettigonidae), under field conditions. *Journal Orthoptera Research*, 6: 49-56.
- Bartholomew, A. G. y J. W. Hudson. 1961. Ardillas terrestres del desierto. Pp. 147-154. En: Wilson, E. O. (comp.). *Ecología, Evolución y Biología de Poblaciones*. Ediciones Omega. Barcelona.
- Begon, M., C. R. Townsend y J. L. Harper. 2006. *Ecology: from Individuals to Ecosystems*. Blackwell. Malden, Massachusetts. 738 p.
- Bell, P. D. 1979. Rearing the black horned tree cricket. *Oecanthus nigricornis* (Orthoptera: Gryllidae). *The Canadian Entomologist*, 111: 709-712.

- Bourna, A. D. N, y J. A. Thomas. 2002. The challenge of conserving grassland insects at the margins of their range in Europe. *Biological Conservation*, 104: 285-292.
- Bouskila, A. 1995. Interactions between predation risk and competition: a field study of kangaroo rats and snakes. *Ecology*, 76: 165-178.
- Bravo-Mendoza, M., A. Espinosa-Cantú, I. Castellanos-Vargas y Z. Cano Santana. 2007. Tamaño de *Neuboxbamia tetetzo* y longitud de sus espinas en un gradiente de luz bajo *Mimosa luisana*, un arbusto nodriza. *Acta Botanica Mexicana*, 79: 69-80.
- Brown, J. H. 1971. Mechanism of competitive exclusion between two species of chipmunks. *Ecology*, 52: 305-311.
- Brown, W. D. 1999. Mate choice in tree crickets and their kin. *Annual Review of Entomology*, 44: 371-396.
- Brown, W. D. 2008. Size-biased mating in both sexes of black-horned tree cricket, *Oecanthus nigricornis* Walker (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae). *Journal Insect of Behavior*, 21: 130-142.
- Bukhvalova, M. 2006. Partitioning of acoustic transmission channels in grasshopper community. Pp: 199-206. En: S. Drosopoulos y M. F. Claridge (eds.). *Insects Sound and Communication. Physiology, Behavior, Ecology and Evolution*. CRC Taylor & Francis. Nueva York.
- Cano-Santana, Z. 1987. Ecología de la relación entre *Wigandia urens* y sus herbívoros en el Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 157 p.
- Cano-Santana, Z. 1994. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis doctoral. Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 198 p.

- Cano-Santana, Z. y K. Oyama. 1992. Variation in leaf trichomes and nutrients of *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) and its implications for herbivory. *Oecologia*, 92: 405-409.
- Cano-Santana, Z. y K. Oyama. 1994. *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae): un mosaico de recursos para sus insectos herbívoros. *Acta Botanica Mexicana*, 28: 29-39.
- Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata y H. M. Pérez-Escobedo. 2008. Modified Petraborg index applied to the sampling of male crickets by aural detection. *Journal Orthoptera Research*, 17: 111-112.
- Castaño-Meneses, G, J. G. Palacios-Vargas y L. Q. Cutz-Pool. 2004. Feeding habitats of Collembolla and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, 75: 135-142.
- Chambers, P, G. Sword, J. E. Angel, S. Behemer y E. A. Bernays. 1996. Foraging by generalist grasshoppers: two different strategies. *Animal Behaviour*, 52: 155-165.
- Chiffaud, J. y Y. Gillon. 1984. Relations entre niche tropique et habitat chez un peuplement de grillons, en mosaïque forêt-savane (Lamto, Côte-d'Ivoire). *Acta Œcologica*, 5: 53-62.
- Cigliano, M. M., H. Braun, D. C. Eades y D. Otte. 2018. Orthoptera Species File. En línea, versión 5.0. En: orthoptera.speciesfile.org/Common/basic/Taxa.aspx?TaxonNameID=1128131 Fecha de consulta: 11/marzo/2018.
- Clarke, K. R. y R. N. Gorley. 2006. Primer V6: User Manual/Tutorial. Primer-e, Plymouth, 192 p.
- Collins, N. 2005. Subfamily Oecanthinae. En: <http://entnemdept.ufl.edu/walker/buzz/s576a.htm>. Fecha de consulta: 4/agosto/2012.
- Collins, N. 2012. Oecanthinae-Tree crickets-. En línea: <http://www.oecanthinae.com/138401.html>. Fecha de consulta: 13/mayo/2013.
- Collins, N., E. Van den Berghe y L. Carson. 2014. Two new species of *Neoxabea*, three new species of *Oecanthus*, and documentation of two other species in Nicaragua (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae). *Transactions American Entomological Society*, 140: 163-184.

- Colwell, R. K. y D. J. Futuyma. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, 52: 567-576.
- Colwell, R. K y E. R. Fuentes. 1975. Experimental studies of the niche. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 6: 281-310.
- Connell, H. J. 1961. The influence of interspecific competition and others factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology*, 42: 710-723.
- Connell, H. J. 1990. Apparent versus “real” competition in plants. Pp.9-23. En: J. B. Grace y D. Tilman (eds.). *Perspectives on Plant Competition*. Academic Press Inc. San Diego, California.
- Contreras-Medina, R., I. Luna-Vega y C. A. Ríos-Muñoz. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: modelos ecológicos de nicho, efectos de cambio de uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural*, 83: 421-433.
- Corcuera, P., P. L. Valverde, E. Jiménez-Salinas, F. Vite, G. López-Ortega y M. A. Pérez-Hernández. 2010. Distribution of *Peucezia viridans* (Aranae: Oxypidae) on *Croton ciliatoglandulifer*. *Environmental Entomology*, 39: 320-327.
- Cordero, J. P., V. Llorente, P. Cordero y J. Ortego. 2009. Recognizing taxonomic units in the field- The case of the crickets *Oecanthus dulcisonans* Gorochoy 1993, and *O. pellucens* (Scopoli, 1763) (Orthoptera: Gryllidae): implications for their distribution and conservation in Southern Europa. *Zootaxa*, 2284: 63-68.
- Córdova-Tapia, F., M. Contreras y L. Zambrano. 2015. Trophic niche overlap between native and non-native fishes. *Hydrobiologia*, 746: 291-301.
- Costello, R. A. y L. B. Symes. 2014. Effects of anthropogenic noise on male signaling behaviour and female phonotaxis in female *Oecanthus* tree crickets. *Animal Behaviour*, 95: 15-22.

- Crisp, M. D., M. T. K. Arroyo, L. G. Cook, M. A. Gandolfo, G. J. Jordan, M. S. McGlone, P. H. Weston, M. Westoby, P. Wilf y H. P. Linder. 2009. Phylogentic biome conservatism on a global scale. *Nature*, 458: 754-756.
- Crawford, C. S. 1991. The community ecology of macroarthropod detritivores. Pp. 89-112. En: G. A. Polis (ed.). *The Ecology of Desert Communities*. University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- Cushing, J. M., S. Leverage, N. Chitinis y S. M. Herson. 2004. Some discrete competition models and the competitive exclusion principle. *Journal of Difference Equations and Applications*, 10: 1139-1151.
- DeCesare, N. J., M. Hebblewhite, H. S. Robinson y M. Musiani. 2010. Endangered, apparently: the role of apparent competition in endangered species conservation. *Animal Conservation*, 13: 353-362.
- Demchack, K. 2002. *Comercial Berry Production & Pest Managment Guide 2002-04*. Penn State's College or Agricultural Sciences. University Park. Pensilvania. 142 p.
- Denslow, J. S. 2014. Plant community assembly. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 95: 334-336.
- Desutter-Grandcolas, L. 1998. First analysis of a disturbance stridulation in crickets, *Brachytrupes tropicus* (Orthoptera: Gryllidae). *Journal of Insect Behavior*, 11: 149-158.
- Desutter-Grandcolas, L. y T. Robillard. 2003. Phylogeny and the evolution of calling songs in *Gryllus* (Insecta, Orthoptera, Gryllidae). *The Norwegian Academy of Science and Letters*, 32: 173-183.
- Duré, I. M., A. I. Kehr y E. F. Schaefer. 2009. Niche overlap and resource partitioning among five sympatric bufonids (Anura, Bufonidae) from Northeastern Argentina. *Phyllomedusa*, 8: 27-39.

- Eliosa, H. R., A. Nieto y M. C. Navarro. 2010. Conservadurismo filogenético del nicho ecológico. Un enfoque integral de la evolución. *Ciencias*, 98: 64-69.
- Engler, J. O., D. Rödder, D. Stiels y M. I. Förschler. 2014. Suitable, reachable but not colonised: seasonal niche duality in an endemic mountainous song bird. *Journal of Ornithology*, 155: 657-669.
- Ercit, K., A. Martinez-Novoa y D. T. Gwynne. 2014. Egg load decreases mobility and increases predation risk in female black horned tree crickets (*Oecanthus nigricornis*). *Plos One*, 9: 2-6. e110298. doi:10.1371/journal.pone.0110298.
- Fedor, P. J. 2001. Seasonal, dynamics of the tree cricket *Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763) (Ensifera: Gryllidae) in south-western Slovakia. *Articulata*, 16: 21-26.
- Felix, R. y H. Van Kleef. 2004. Boomkrekels *Oecanthus pellucens* bij lobith het land binnen (Orthoptera: Gryllidae). *Nederlandse Faunistische Mededelingen*, 21: 1-6.
- Fluitt, K. F., T. J. Mermagen, S. Letowski y T. Letowski. 2015. Auditory perception in an open space: detection and recognition. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground. Maryland. 56 p.
- Fulton, B. B. 1915. The tree crickets of New York: life history and bionomics. *New York Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin*, 42: 1-47.
- Fulton, B. B. 1926. Geographical variation in the nigricornis group of *Oecanthus* (Orthoptera). *Iowa State College Journal of Science*, 1: 43-62.
- Gao, F., M. Misky, D. A. Gage y T. Marby. 1985. Terpenoid constituents of *Viguiera dentata*. *Journal of Natural Products*, 48: 316-318.
- García-García, P. L. y P. Fontana. 2008. *Guía para el Reconocimiento y Estudio de los Chapulines del Parque Nacional "El Cimatario", Qro.* Gobierno del Estado de Querétaro. Querétaro, Qro. 115 p.

- García-García, P. L., P. Fontana, L. Marini, A. Equihua-Martínez, J. Sánchez-Escudero, J. Valdez-Carrasco y Z. Cano-Santana. 2008. Habitat association of Orthoptera in El Cimatario, National Park, Querétaro, México. *Journal Orthoptera Research*, 17: 83-87.
- Gardiner, T. y J. Hill. 2006. A comparison of three sampling techniques used to estimate the population density and assemblage diversity of orthoptera. *Journal of Orthoptera Research*, 15: 45-51.
- Gilbert, J. J. 1985. Competition between rotifers and *Daphnia*. *Ecology*, 66: 1943-1950.
- Giller, P. S. 1984. *Community Structure and the Niche*. Chapman and Hall. Londres. 176 p.
- Gillott, C. 2005. *Entomology*. Springer. Dordrecht. 831 p.
- González-Solis, J., D. Oro, L. Jover, X. Ruiz y V. Pedrocchi. 1997. The trophic niche width and overlap of two sympatric gulls in the southwestern mediterranean. *Oecologia*, 112: 75-80.
- Goodward, G. y A. G. Hildrew. 2002. Body-size determinants of niche overlap and intraguild predation within a complex food web. *Journal of Animal Ecology*, 71: 1063-1074.
- Google Inc. 2015. Google Earth para ordenadores. Consultado en 2015.
- Green, J. F., D. H. Headrick y R. D. Goeden. 1993. Life history and description of immature stages of *Procecidochares stonei* Blanc & Foote on *Viguiera* spp. in southern California (Diptera: Tephritidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 69: 18-32.
- Gullan, J. P. y P. S. Cranston. 2005. *The insects an outline of Entomolgy*. Blackwell Publishing. Malen, Massachusetts. 505 p.
- Hammer, O., D. A. T. Harper y P. L. Ryan. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología electronica*, 4: 1-9.
- Hancock, J. L. 1905. The habits of the striped meadow cricket (*Oecanthus fasciatus* Fitch). *The American Naturalist*, 39: 1-11.

- Hanks, L. M. y R. F. Denno. 1993. Natural enemies and plant water relations influence the distribution of an armored scale insect. *Ecology*, 74: 1081-1091.
- Hatch, T. P. 1975. Competition between *Chlamydia psittaci* and L cells for host isoleucine pools: a limiting factor in chlamydial multiplication. *Infection and Immunity*, 12: 211-220.
- Hautier, Y., P. A. Niklaus y A. Hector. 2009. Competition for light causes plant biodiversity loss after eutrophication. *Science*, 324: 636-638.
- Helms, K. R. y S. B. Vinson. 2001. Coexistence of native ants with the red imported fire ant *Solenopsis invicta*. *The Southwestern Naturalist*, 46: 396-400.
- Hölldobler, B. 1976. Recruitment behavior, home range orientation and territoriality in harvester ants, *Pogonomyrmex*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1: 3-44.
- Hodkinson, I. D. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients; species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80: 489-513.
- Huerta, A., J. F. López-Olguin, A. Aragón, F. Budia, P. Del Estal, P. Medina y E. Viñuela. 2002. Efecto de un pulverizado y un extracto acuoso de *Croton ciliatoglanduliferus* Ort. (Euphorbiaceae) incorporado a la dieta de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 28: 405-414.
- Hugel, S. 2014. Burrowing crickets endemic to summits in Mauritius (Orthoptera: Gryllidae): occupation of similar niches by species possibly derived from Australasian and African colonists. *Zootaxa*, 3852: 382-390.
- Huo, Z., X. Guo, Y. Zhan, D. Wu, Z. Yang, W. Dong, L. Huang, T. Guang, Y. Jing, Q. Wang, X. Sun y S. Lin. 2011. Host selection and niche differentiation in sucking lice (Insecta: Anoplura) among small mammals in Southwestern China. *Parasitology Research*, 108: 1243-1251.
- Hurd, L.E. 1998. Consequences of divergent egg phenology to predation and coexistence in two sympatric congeneric mantids (Orthoptera: Mantidae). *Oecologia*, 76: 549-552.

- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22: 415-427.
- Ibarra-Montoya, J. L., G. Rangel-Peraza, F. A. González-Farías, J. Anda, M. E. Zamudio-Reséndiz, E. Martínez-Meyer y H. Macías-Cuéllar. 2010. Modelo de nicho ecológico para predecir la distribución potencial de fitoplacton en la presa hidroeléctrica Aguamilpa, Nayarit, México. *Ambiente & Agua*, 5: 60-75.
- Ishihara, M. y M. Shimada. 1999. Geographical variation in photoperiodic response for diapause induction between univoltine and multivoltine populations of *Kythorinus sharpianus* (Coleoptera: Bruchidae). *Population Ecology*, 28: 195-200.
- Izzo, S. A. y D. A. Gray. 2004. Cricket song in sympatry: species specificity of song without reproductive character displacement in *Gryllus rubens*. *Annual Entomological Society of America*, 97: 831-837.
- SAS Institute Inc. 2017. JMP Versión 2. Cary, NC 1987-2007.
- Joern, A. 1979a. Resource utilization and community structure in assemblages of arid grassland grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Transactions of the American Entomological Society*, 105: 253-300.
- Joern, A. 1979b. Feeding patterns in grasshoppers (Orthoptera: Acrididae): factors influencing diet specialization. *Oecologia*, 38: 352-347.
- Joern, A. 1982. Vegetation structure and microhabitat selection in grasshoppers (Orthoptera, Acrididae). *The Southwestern Association of Naturalists*, 27: 197-209.
- Joern, A. y G. Klucas. 1993. Intra-and interspecific competition in adults of two abundant grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) from a sandhills grassland. *Environmental Entomology*, 22: 352-361.

- Johnson, 1996. Spiders associated with early succesional stages on a Virginia barrier island. *The Journal of Arachnology*, 24: 135-140.
- Kalacheva, O. A. 2005. Ecofauna of orthoptera in the deserts and semideserts of southern Rusia. *Biology Bulletin*, 32: 604-608.
- Kara-Toumi, F. Z., B. Doumandji-Mitiche, A. Guendouz-Benrima y O. Merah. 2010. Seasonal dimorphism of the desert locust in agricultural areas in the Sahara. *African Entomology*, 18: 313-321.
- Kirszka, J., B. Simon-Bouhet, L. Martínez, C. Pusineri, P. Richard y V. Ridoux. 2011. Ecological niche segregation within a community of sympatric dolphins around a tropical island. *Marine Ecology Progress Series*, 433: 273-288.
- Korsunovskaya, O. S. 2009. Acoustic signals in katydids (Orthoptera, Tettigonidae). Communication 2. *Entomological Review*, 89: 16-20.
- Krause, B. L. 1993. The niche hypothesis: a virtual symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats. *The Soundscape Newsletter*, 6: 6-10.
- Krebs, J. C. 1978. *Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper & Row, Nueva York. 678 p.
- Krebs, J. C. 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins, Nueva York, 654 p.
- Labadessa, R., L. Forte y P. Mairota. 2015. Exploring life forms for linking orthopteran assemblage and grassland plant community. *Hacquetia*, 14: 33-42.
- Landmann, A. y N. Winding. 1993. Niche segregation in high-altitude Himalayan chats (Aves, Turdidae): Does morphology match, ecology? *Oecologia*, 95: 506-519.
- Langton, R. W. 1982. Diet overlap between Atlantic cod *Gadus mohrua*, silver hake, *Merluccius bilinearis*, and fifteen other northwest Atlantic finfish. *Fishery Bulletin*, 80:745-759.

- Larson, D. W. 1984. Habitat overlap/niche segregation in two *Umbilicharia lichens*: a possible mechanism. *Oecologia*, 62: 118-125.
- Lastra, M., T. A. Schlacher y C. Olabarria. 2010. Niche segregation in sandy beach animals: an analysis with surface-active peracarid crustaceans on the Atlantic coast of Spain. *Marine Biology*, 157: 613-625.
- Latimer, W. 1981. Acoustic competition in bush crickets. *Ecological Entomology*, 6: 35-45.
- Lemus, I. 2018. Caracterización de la dieta de *Taeniopoda auricornis* (Orthoptera: Romaelidae) a través de su ontogenia en un ambiente fragmentado. Tesis de maestría. Instituto de Ecología, A.C. México. 82 pp.
- López, G., S. Naretto, A. C. Mateos, M. Chiaraviglio y G. Cardozo. 2015. Influence of life history traits on trophic niche segregation between two similar sympatric Tupinambis lizards. *South American Journal of Herpetology*, 10: 132-142.
- Loydi, A. y R. A. Distel. 2010. Diversidad florística bajo diferentes intensidades de pastoreo por grandes herbívoros en pastizales serranos del Sistema de Ventania, Buenos Aires. *Ecología Austral*, 20: 281-291.
- Machado, L. A. y F. G. Araújo. 2014. Shifts of the feeding niche along the size dimension of three juvenile fish species in a tidal mudflat in southeastern Brazil. *Marine Biology*, 161: 543-550.
- Makino, S. 1932. An unequal pair of idiochromosomes in the tree cricket, *Oecanthus longicauda* Mats. *Journal of Faculty of Science, Hokkaido Imperial University Serie*, 2: 2-34
- Mankin, R. W., D. W. Hagstrum, M. T. Smith, A. L. Roda, y M. T. K. Kairo. 2011. Perspective and promise: a century of insect acoustic detection and monitoring. *American Entomologist*, 57: 30-44.
- Martínez, M. A., A. Sánchez-Villegas y J. Faulin. 2006. *Bioestadística Amigable*. Omega. Madrid. 919 p.

- Masaki, S. 1987. Seasonal and latitudinal adaptations in the life cycles of crickets. Pp. 72-100. En: Dingle, H. (ed.). *Evolution of Insect Migration and Diapause*. Springer-Berlag. Nueva York.
- Masaki, S. y T. J. Walker. 1987. Cricket life cycles. *Evolutionary Biology*, 21: 349-423.
- Mathenson, C. D., G.C. Muller, A. Junnila, K. Vernon, A. Haussman, M.A. Miller, C. Greenblatt y Y. Schlein. 2008. A PCR method for detection of plants meals from the guts of insects. *Organisms, Diversity and Evolution*, 7: 294-303
- McGavin, G. 2002. *Entomología Esencial*. Ariel Ciencia. Barcelona. 352 p.
- McKane, B. R., L. C. Johnson, G. R. Shaver, K. J. Nadelhoffer, E. B. Rasteter, B. Fry, A. E. Giblin, K. Kielland, B. L. Kwiatkoski, J. A. Laundre y G. Murray. 2002. Resource-based niches provide a basis for plant species diversity and dominance in arctic tundra. *Nature*, 415: 68-71.
- Melbourne, B. A., P. J. Gullan e Y. Ning-Su. 1997. Interpreting data from pitfall-trap surveys: crickets and slugs in exotic and native grassland of the Australian capital territory. *Memoirs of the Museum of Victoria*, 56: 361-367.
- Messmer, K. 1991. Beobachtungen zur ausbreitungsstrategie beim weinhähnchen (*Oecanthus pellucens* Scopoli 1763). *Articulata*, 6: 155-161.
- Metrani, S. y R. Balarkrishnan. 2005. The utility of song and morphological characters in delineating species boundaries among sympatric tree crickets of the genus *Oecanthus* (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae): a numerical taxonomic approach. *Journal of Orthoptera Research*, 14: 1-16.
- Mideo, N. 2009. Parasite adaptations to within-host competition. *Trends in Parasitology*, 25: 261-268.
- Monroy-Vilchis, O. y V. Mundo. 2009. Nicho trófico de la nutria Neotropical (*Lontra longicaudis*) en un ambiente modificado, Temascaltepec, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80: 801-806.

- Morales, J. I. 2013. Estudio de las emisiones de terpenos por la especie nativa *Schinus molle* L. (Pimiento), sus variaciones temporales y su contribución al mejoramiento del inventario de emisiones de la región metropolitana. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 77p.
- Moreno, X. G., L. A. Abitia, A. Favila, F. J. Gutiérrez y D. S. Palacios. 2009. Ecología trófica del pez *Arothron meleagris* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae) en el arrecife de Los Frailes, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*, 57: 113-123.
- Morisaka, T., M. Shinohara, F. Nakahara y T. Akamatsu. 2005. Effects of ambient noise on the whistles of Indo-Pacific bottlenose dolphin population. *American Society of Mammalogist*, 86: 541-546.
- Muller-Dombois, H. y O. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods in Vegetation Ecology*. Wiley. Nueva York. 547 p.
- Odum, P. E., C. E. Connell y L. B. Davenport. 1962. Population energy flow of three primary consumer components of old field ecosystem. *Ecology*, 43: 88-96.
- Orrock, J. L., M. S. Witter y O. G. Reichman. 2008. Apparent competition with an exotic plant reduces native plant establishment. *Ecology*, 89: 1168-1174.
- Osorio, O., A. Valiente-Banuet, P. Dávila y R. Medina. 1996. Tipos de vegetación y diversidad en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 59: 35-58.
- Otte, D. y G. Cowper. 2009. Crickets. Pp. 206-211. En: Gillespie, R. G. y D.A. Clague (eds.). *Encyclopedia of Insects*. University of California Press. Londres.
- Padilla, J. 1979. Algunos aspectos ecológicos de tres especies del género *Danaus* (Lepidoptera: Danaidae) que forman una asociación mimética en Jacatepec, Oaxaca. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 62 p.

- Paredes-Flores, M., R. Lira y P. D. Dávila. 2007. Estudio etnobotánico de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Acta Botanica Mexicana*, 79: 13-61.
- Pasquale, L., D. Cesaron, C. Di Russo y V. Sbordoni. 1995. Trophic niche, age structure and seasonality in *Dolichopoda* cave crickets. *Ecography*, 18: 217-224.
- Peck, S. B. 2008. Galápagos islands insects: colonization, structure and evolution. Pp. 1561-1572. En: Capinera, J. L. (ed.). *Encyclopedia of Entomology*. Springer Science. Gainesville, Florida.
- Pen-Mouratov, S., S. Rodríguez-Zaragoza e Y. Steinberger. 2008. The effect of *Cercidium praecox* and *Prosopis laevigata* on vertical distribution of soil free-living nematode communities in the Tehuacán desert, México. *Ecological Restoration*, 23: 973-982
- Pérez, G. y A. Santos. 2015. Co-ocurrencia y patrón de un ensamble de felinos en una selva, Oaxaca, México. *Memorias del V Congreso Mexicano de Ecología*. 19 al 24 de abril. San Luis Potosí, S.L.P.
- Pérez, H. M. 2007. Variación espacial y temporal de la estructura poblacional de dos especies del género *Oecanthus* (Orthoptera: Gryllidae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 71 p.
- Pérez-Escobedo, H. M. y Z. Cano-Santana. 2009. Historia natural de los grillos arborícolas *Oecanthus niveus* y *O. californicus*. Pp. 347-355. En: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Petraborg, W. H., E. G. Wilein y V. E. Gunvalson. 1953. Roadside drumming counts a spring census method for ruffed grouse. 1953. *Journal of Wildlife Management*, 17: 292-295.

- Phillips, R. A., J. R. D. Silk, B. Phalan, P. Catry y J. P. Croxall. 2004. Seasonal sexual segregation in two *Thalassarche albatross* species: competitive exclusion, reproductive role specialization or foraging niche divergence? *Proceedings of the Royal Society of London*, 271: 1283-1291.
- Pianka, E. R. 1974. Niche overlap and diffuse competition. *Proceedings of the National Academic of Sciences of United State of America*, 71: 2141-2145.
- Pianka, E. R. 2000. *Evolutionary Ecology*. Addison Wesley Longman. San Francisco, California.
- Pianka, E. R. y L. J. Vitt. 2003. *Lizards. Windows to the Evolution of Diversity*. University of Carolina Press. Londres. 345 p.
- Pokivailov, A. A. 2008. Composition and dynamics of communities of orthopteran insects (Orthoptera) in Southwestern Tajikistan. II Hillside communities. *Contemporary Problems of Ecology*, 1: 536-542.
- Ponce-Wainer, X. y R. Cueva del Castillo. 2008. Female mate choice and not detected predation risk in relation to the calling song of *Oecanthus niveus* (Gryllidae: Oecanthinae). *Annals of the Entomological Society of America*, 101: 260-265.
- Poniatowski, D. y T. Fartmann. 2010. What determines the distribution of a flightless bush-cricket (*Metrioptera brachytera*) in a fragment landscape? *Journal of Insect Conservation*, 14: 637-645.
- Price, W. P. 1997. *Insect Ecology*. John Wiley and Sons. Nueva York. 599 p.
- Rathcke, J. B. 1976. Competition and coexistence with a guild of herbivorous insects. *Ecology*, 57: 76-87.
- Read, A. F. y L. H. Taylor. 2001. The ecology of genetically diverse infections. *Science*, 292: 1099-1101.

- Rentz, D. C. F. y D. B. Weissman. 1981. Faunal affinities, systematics and bionomics of the Orthoptera of the California Channel Islands. *Entomology Volumen 94*. University of California Press. Los Angeles, California. 241 p.
- Ricklefs, R. E. 2010. Evolutionary diversification, coevolution between populations and their antagonist, and the filling of niche space. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 26: 1265-1272.
- Robins, D. J. 1971. Differential niche utilization in a grassland prairie. *Ecology*, 52: 1065-1070.
- Romero-Mata, A. 2008. Estructura poblacional y preferencias de oviposición de *Oecanthus niveus* (Orthoptera: Gryllidae) en Zapotitlán Salinas, Pue. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 63 p.
- Rominger, A., T. E. X. Miller y S. L. Collins. 2009. Relative contributions of neutral and niche-based processes to the structure of a desert grassland grasshopper community. *Oecologia*, 161: 791-800.
- Root, B. R. 1967. The niche exploitation pattern the Blue-Grey Gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37: 317-350.
- Roy, D. B. y J. A. Thomas. 2003. Seasonal variation in the niche, habitat availability and population fluctuations of a bivoltine thermophilous insect near its range margin. *Oecologia*, 134: 439-444.
- Ruiz, T. G., S. R. Zaragoza y R. F. Cerrato. 2008. Fertility islands around *Prosopis laevigata* and *Pachycereus hollianus* in the drylands of Zapotitlán Salinas, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 72: 1202-1212.
- Rzedowski, J. y G. C. Rzedowski. Zygothylaceae. 1994. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, 30: 1-22.

- Salsamendi, E., I. Garin, I. Arostegui, U. Goiti y J. Aihartza. 2012. What mechanism of niche segregation allows the coexistence of sympatric sibling rhinolophid bats? *Frontiers in Zoology*, 9: 30.
- Sánchez-Reyes, U. J., S. Niño-Maldonado, L. Barrientos-Lozano, R. W. Jones y F. M. Sandoval-Becerra. 2015. Análisis de nicho ecológico de Chryptocephalinae (Coleoptera: Chrysomelidae) en la sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana*, 2: 526-532.
- Sander, U. 1995. Neue erkenntnisse über verbreitung und bestandssituation des weinhähnchens *Oecanthus pellucens* (Scopoli, 1763) (Gryllidae, Oecanthinae) im nördlichen Rheinland-Pfalz und in Nordrhein-Westfalen. *Articulata*, 10: 73-88.
- Sarà, M., A. Milazzo, W. Falletta y E. Bellia. 2005. Exploitation competition between hole-nesters (*Muscardinus avellanarius*, Mammalia and *Parus caeruleus*, Aves) in Mediterranean woodlands. *Journal of Zoology, London*, 265: 347-357.
- Sarty, M., K. L. Abbot y P. J. Lester. 2007. Community level impacts of an invader and food mediated coexistence. *Insects Sociaux*, 54: 166-173.
- Schirmel, J. y T. Fartmann. 2013. Coexistence of two related bush-cricket species (Orthoptera: *Tettigonia caudata* y *T. viridissima*) in agricultural landscape. *Biologia*, 68: 510-516.
- Schmidt, A., H. Romer y K. Riede. 2013. Spectral niche segregation and community organization in a tropical cricket assemblage. *Behavioral Ecology*, 24: 470-480.
- Scriber, J. M. 1973. Latitudinal gradients in larval feeding specialization of the world Papilionidae (Lepidoptera). *Psyche*, 80: 355-373.
- Segurado, P. y D. Figueredo. 2007. Coexistence of two freshwater turtle species along a Mediterranean stream: The role of spatial and temporal heterogeneity. *Acta Oecologica*, 32: 134-145.

- Selander, R. 1966. Sexual dimorphism and differential niche utilization in birds. *The Condor*, 68: 113-151.
- Seur, J. y A. Farina. 2015. Ecoacoustics: the ecological investigation and interpretation of environmental sound. *Biosemiotics*, 8: 493-502.
- Sholes, D. O. 1984. Responses of arthropods to the development of goldenrod inflorescences (*Solidago*: Asteraceae). *The American Midland Naturalist*, 112: 1-14.
- Shure, D. J. 1973. Tracer analysis of trophic relationships in an old-field ecosystem. *Ecological Monographs*, 43: 1-19.
- Siegel, S. y N. J. Castellan. 1970. *Estadística no Paramétrica Aplicada a las Ciencias de la Conducta*. Trillas. Ciudad de México.
- Silvertown, J. M., E. Dodd, D. J. G. Gowing y J. O. Mountford. 1999. Hydrologically defined niche reveal a basis for species richness in plant communities. *Nature*, 400: 61-63.
- Singer, M. S., D. Rodrigues, J. O. Stireman III e Y. Carrière. 2004. Roles of food quality and enemy-free space in host use by a generalist insect herbivore. *Ecology*, 85: 2747:2753.
- Slack, N. G. 1990. Bryophytes and ecological niche theory. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 104: 187-213.
- Sloan, D. 1975. The adequacy of body size as niche differences. *The American Naturalist*, 109: 769-784.
- Smith, T. y R. Smith. 2007. *Ecología*. Pearson Addison Wesley. Ciudad de México. 682 p.
- StatSoft, Inc. 2004. Statistica (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com]
- Statzner, B., A. G. Hildrew y V. H. Resh. 2001. Species traits and environmental constraints: entomological research and the history of ecological theory. *Annual Review of Entomology*, 46: 291-316.
- Systat Software Inc. 2011. SigmaPlot 12.3.

- Symes, L. B. y N. Collins, 2013. *Oecanthus texensis*: A new species of tree cricket from western United States. *Journal Orthoptera Research*, 22: 97-91.
- Ter Braak, C. J. F. y P. Šmilauer. 2002. Canoco reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination. Version 4.5. Microcomputer Power, Ithaca, Nueva York.
- Thullier, W., S. Lavorel, M. B. Araújo, M. T. Sykes y C. Prentice. 2005. Climatic change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 23: 8245-8250.
- Tokeshi, M. 1999. *Especies Coexistence: Ecological and Evolutionary Perspectives*. Blackwell Science. Malden, Massachusetts. 468 p.
- Torres, A. J. 1984. Niches and coexistence of ant communities in Puerto Rico: repeated patterns. *Biotropica*, 16: 284-295.
- Torusio, S., M. M. Cigliano y M. Laura de Wysiecki. 2002. Grasshopper (Orthoptera: Acridoidea) and plant community relationships in the Argentine Pampas. *Journal of Biogeography*, 29: 221-229.
- Traba, J., M. B. Morales, C. P. Carmona y M. Paula. 2015. Resource partitioning and niche segregation in a steppe bird assemblage. *Community Ecology*, 16:178-188.
- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2005. *Borror and Delong' Introduction to the Study of Insects*. Thomson Brooks/Cole. Belmont, Australia. 864 p.
- Vallejo, G., M. P. Fernández, E. Tuero y P. E. Livacic-Rojas. 2010. Análisis de medidas repetidas usando métodos de remuestreo. *Anales de Psicología*, 26: 400-409.
- Veazey, J. N., C. A. Rolph, T. J. Walker y W. H. Whitcomb. 1976. Seasonal abundance, sex ratio, and macroptery of field crickets in northern Florida. *Annals of the Entomological Society of America*, 69: 374-379.

- Vecco, C. D., R. Pinedo, M. Fernández y R. D. Cave. 2009. Análisis funcional del nicho de *Syphrea* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae) asociado a *Plukenetia volubilis* L. (Euphorbiales: Euphorbiaceae) en la Amazonia peruana. *Ceiba*, 50: 40-46.
- Veen, T., B. C. Sheldon, F. J. Weissing, M. E. Visser, A. Qvarnström y G. P. Sætre. 2010. Temporal differences in food abundance promote coexistence between congeneric passerines. *Oecologia*, 162: 873-884.
- Villeda-Hernández, M. 2010. Estructura de la comunidad vegetal y abundancia de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera) y *Peromyscus gratus* (Rodentia) en el área del vivero alto de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel sujeta a acciones de restauración. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Ciudad de México, México. 62 p.
- Vitt, L. J., S. S. Sartorius, T. C. S. Avila-Pires, M. C. Espósito y D. B. Miles. 2000. Niche segregation among sympatric Amazonian teiid lizards. *Oecologia*, 122: 410-420.
- Walker, T. 1962a. The taxonomy and calling songs of United States tree crickets (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae I. The genus *Neoxabeae* and the niveus and varicornis groups of the genus *Oecanthus*. *Annals of the Entomological Society of America*, 55: 302-322.
- Walker, T. J. 1962b. Factors responsible for intraspecific variation in the calling song of crickets. *Evolution*, 16: 407-428.
- Walker, T. J. 1963. The taxonomy and calling songs of United States tree crickets (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae). II. The nigricornis group of the genus *Oecanthus*. *Annals of the Entomological Society of America*, 56: 772-774.
- Walker, T. J. 1967. Revision of the Oecanthinae (Gryllidae: Orthoptera) of America south of the United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 60: 784-796.
- Walker, T. J. y A. B. Gurney. 1967. The metanotal gland as a taxonomic character in *Oecanthus* of the United States. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 69: 157-161.

- Walker, T. y N. Collins. 2010. New world thermometer crickets: the *Oecanthus rileyi* species group and a new species from North America. *Journal of Orthoptera Research*, 19: 371-376.
- Wells, K., M. Pfeiffer, M. B. Lankim y K. E. Linsenmair. 2004. Use of arboreal and terrestrial space by a small community in a tropical rain forest in Borneo, Malaysia. *Journal of Biogeography*, 31: 641-652.
- Whitehead, H., C. D. Macleod y P. Rodhouse. 2003. Differences in niche breadth among some toothed mesopelagic marine mammals. *Marine Mammal Science*, 19: 400-406.
- Whithford, W. 2002. *Ecology of Desert Systems*. Academic Press. San Diego, California.
- Wiegert, R. G., E. P. Odum y J. H. Schnell. 1967. Forb-arthropod food chains in a one-year experimental field. *Ecology*, 48: 75-83.
- Wiens, J. J. 2004. Speciation and ecology revisited: phylogenetic niche conservatism and the Origin of species. *Evolution*, 58: 193-197.
- Wiens, J. J. 2011. The niche, biogeography and species interactions. *Philosophical Transactions of the Royal Society. B.*, 366: 2336-2350.
- Wiens, J. J. y C. H. Graham. 2005. Niche conservatism: integrating evolution, ecology and conservation biology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 36: 519-539.
- Wilczynski, W. y M. Ryan. 1999. Geographic variation in animal communication system. Pp. 234-261. En: Foster, S. A. y J. Endler (eds.). *Geographic Diversification of Behavior: An Evolutionary Perspective*. Oxford University Press. Oxford.
- Wisdom, C. S. 1991. Patterns of heterogeneity in desert herbivorous insect communities. Pp. 151-179. En: Polis, G. A. (ed.). *The Ecology of Desert Communities*. University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- Wittaker, P. L. 1984. The insect fauna of mistletoe (*Phoradendrum tomentosum*, Loranthaceae) in Southern Texas. *The Southwestern Association of Naturalists*, 29: 435-444.

- Wright, J. W., K. F. Davies, J. A. Lau, A. C. McCall y J. K. McKay. 2006. Experimental verification of ecological niche modeling in a heterogeneous environment. *Ecology*, 87 (10): 2433-2439.
- Zar, J. 2010. *Biostatistical Analysis*. Pearson and Prentice Hall. Upper Saddle River, Nueva Jersey.
- Zaret, T. M y A. S. Rand. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecology*, 52: 336-342.
- Zefa, E., A. Schneid, D. Rutz, G. Lobregat de Oliveira y L. Pinho-Martins. 2012. A new species of *Oecanthus* and *Oecanthus lineolatus* Saussure, 1897 from Southern Brazil: species description, including phallic sclerites, metaternal glands and calling song (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae). *Zootaxa*, 3360: 53-67.

Apéndice I. Cobertura relativa de cada especie vegetal (%) en tres tipos de sitios de Zapotitlán Salinas, Pue. n.i.: no identificada.

Espece de planta	Familia	Cobertura relativa (%)
Estaciones perturbadas con <i>Wigandia urens</i> (PCW)		
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonapl. ex Willd)	Fabaceae	48.63
<i>Wigandia urens</i> (Ruiz & Pavón) Kunth	Boraginaceae	23.25
<i>Vachellia constricta</i> (Benth.) Sigler & Ebinger	Fabaceae	17.37
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Sapindaceae	7.31
<i>Ipomoea wolcottiana</i> Rose	Convolvulaceae	0.85
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less	Asteraceae	0.75
Especie 6 n.i.	ND	0.53
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	0.49
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	Asteraceae	0.33
<i>Vachellia</i> sp.	Fabaceae	0.13
<i>Lippia graveolens</i> Kunth	Verbenaceae	0.09
<i>Echynopteris</i> sp.	Malpighiaceae	0.07
<i>Celtis pallida</i> Torrey	Ulmaceae	0.05
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Asteraceae	0.04
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i> Ortega	Euphorbiaceae	0.04
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss	Plumbaginaceae	0.04
<i>Mimosa lacerata</i> Rose	Fabaceae	0.037
<i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber	Cactaceae	0.014
<i>Agave salmiana</i> var. <i>Ferox</i> Otto Ex Salm-Dyck	Asparagaceae	0.013
<i>Lantana</i> sp.	Verbenaceae	0.006
Especie 1 n.i.	ND	0.0047
<i>Mirabilis viscosa</i> Cav.	Nyctaginaceae	0.00013
Estaciones perturbadas sin <i>Wigandia urens</i> (PSW)		
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonpl.ex)	Fabaceae	30.30
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	26.10
<i>Pluchea salicifolia</i> (Mill.)S. F. Blake	Asteraceae	12.17
<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.)	Convolvulaceae	9.16
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae	4.07
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.)Spreng.	Asteraceae	4.07
<i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.	Poaceae	3.55
<i>Ipomoea wolcottiana</i> Rose	Convolvunaceae	2.11
<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	1.85
<i>Gymnosperma gutinosum</i> (Spreng). Less	Asteraceae	1.68
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Solanaceae	0.60
<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Briton & Rose	Cactaceae	0.25
<i>Kallstroemia parviflora</i> Norton	Zygophyllaceae	0.18
<i>Datura inoxia</i> Mill.	Solanaceae	0.17
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i> Ortega	Euphorbiaceae	0.13
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss	Plumbaginaceae	0.12
<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav.)	Fabaceae	0.11

Espece de planta	Familia	Cobertura relativa (%)
Estaciones perturbadas sin <i>Wigandia urens</i> (PSW)		
<i>Mirabilis viscosa</i> Cav.	Nyctaginaceae	0.06
<i>Vachellia bilimeckii</i> (J. F. Macbr) Seigler y Ebinger	Fabaceae	0.07
<i>Agave</i> sp.	Agavaceae	0.05
<i>Larrea tridentata</i> (Sessè & Moc. Ex D.C.) Coville	Zygopyllaceae	0.03
<i>Celtis pallida</i> Torrey	Ulmaceae	0.02
<i>Ferocactus robustus</i> (Karw ex Pfeiff.) Briton & Rose	Cactaceae	0.02
<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae	0.009
<i>Galphimia glauca</i> Cav.	Malpighiaceae	0.009
<i>Opuntia</i> sp.	Cactaceae	<0.001
Estaciones tetechera con bajo nivel de disturbio (TBD)		
<i>Mimosa luisana</i> Brabdegee	Fabaceae	33.44
<i>Morkillia mexicana</i> (Mociño & Sessè)	Zygopyllaceae	24.35
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Rhamnaceae	11.62
<i>Vachellia cochliacantha</i> Willd.	Fabaceae	9.94
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	Asteraceae	9.60
<i>Agave stricta</i> Salm-Dyck	Agavaceae	3.22
<i>Cnidoscolus tehuacanensis</i>	Euphorbiaceae	1.35
<i>Larrea tridentata</i> (Sessè & Moc. Ex D.C.) Coville	Zygopyllaceae	1.31
<i>Agave karwinskii</i> Zucc.	Agavaceae	1.21
<i>Bouvardia erecta</i> (D.C.) Standl	Rubiaceae	0.49
<i>Agave marmorata</i> Roezl	Asparagaceae	0.42
<i>Datura inoxia</i> Mill.	Solanaceae	0.39
<i>Kallstroemia parviflora</i> Norton	Zygophyllaceae	0.31
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i> Ortega	Euphorbiaceae	0.30
<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav.)	Fabaceae	0.27
<i>Ferocactus robustus</i> (Karw ex Pfeiff.) Briton & Rose	Cactaceae	0.11
Especie n.i. 3	ND	0.09
<i>Sanvitalia fruticosa</i> Lam.	Asteraceae	0.09
Especie n.i. 2	ND	0.08
<i>Opuntia</i> sp.	Cactaceae	0.05
<i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.	Poaceae	0.0085
<i>Solanum rostratum</i> Dunal	Solanaceae	0.0033
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem & Schult.	Boraginaceae	0.0015
<i>Gymnosperma gutinosum</i> (Spreng). Less	Asteraceae	0.00022
<i>Galphimia glauca</i> Cav.	Malpighiaceae	0.00011

Apéndice II. Abundancia de los grillos del género *Oecanthus* sobre las especies vegetales consideradas plantas hospederas por adultos y ninfas de *Oecanthus alexanderi*, *O. fultoni* y *O. leptogrammus* en los tres tipos de estación (PCW, PSW y TBD) en el municipio de Zapotitlán Salinas, Pue. La letra a denota estado adultos, la letra n estadio ninfal y ND: no hay datos

Especie de planta	Familia	<i>O. alexanderi</i>	<i>O. fultoni</i>	<i>O. leptogrammus</i>
Estaciones perturbadas con <i>Wigandia urens</i> (PCW)				
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	Asteraceae			13 ^{a,n}
<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Asteraceae		2 ^a	1 ^a
<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. &Schult	Boraginaceae			1 ^a
<i>Wigandia urens</i> Ruíz & Pavón)Kunth	Boraginaceae	55 ^{a,n}	688 ^{a,n}	11 ^{a,n}
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i> Ortega	Euphorbiaceae		1 ^a	
<i>Vachellia cochliacantha</i> Benth	Fabaceae			1 ^a
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. et Bonpl. ex Willd) M.C. Johnston	Fabaceae			4 ^a
<i>Mirabilis viscosa</i> Cav.	Nyctaginaceae		1 ^a	
<i>Celtis pallida</i> Torrey	Ulmaceae			1 ^a
Especie no identificada 1	ND			1 ^a
Especie no identificada 6	ND			1 ^a
Estaciones perturbadas sin <i>Wigandia urens</i>(PSW)				
<i>Schinus molle</i> L.	Anarcadiaceae			7 ^a
<i>Pluchea salicifolia</i> (Mill.) S. F. Blake	Asteraceae	1 ^a	13 ^a	6 ^a
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae			1 ^a
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	Asteraceae			11 ^a
<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.)	Convolvulaceae			1 ^a
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i> Ortega	Euphorbiaceae	11 ^{a,n}	117 ^{a,n}	2 ^a

Espece de planta	Familia	<i>O. alexanderi</i>	<i>O. fultoni</i>	<i>O. leptogrammus</i>
Estaciones perturbadas sin <i>Wigandia urens</i>(PSW)				
Especie no identificada 5	ND		1 ⁿ	
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae		1 ^a	2 ^a
<i>Vachellia constricta</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Fabaceae			2 ^a
<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav.)	Fabaceae			2 ^a
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. Et Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnston	Fabaceae			6 ^a
<i>Mirabilis viscosa</i> Cav.	Nyctaginaceae	2 ^{a,n}	6 ^{a,n}	
<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae	1 ^a		
<i>Plumbago pulchella</i> Boiss	Plumbaginaceae			1 ^a
<i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.	Poaceae		1 ^a	5 ^a
<i>Datura inoxia</i> Mill	Solanaceae		2 ^a	2 ^a
<i>Celtis pallida</i> Torrey	Ulmaceae			1 ^a
Especie no identificada 3	ND			1 ^a
Estaciones de tetechera con bajonivel de disturbio (TBD)				
<i>Gomphrena decumbens</i> Jacq.	Amarantaceae			1 ^a
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray	Asteraceae			1 ^a
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less	Asteraceae			3 ^a
<i>Sanvitalia fruticosa</i> Helms.	Asteraceae			1 ^a
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	Asteraceae			1 ^a
<i>Cnidocolus tehuacanensis</i> Breckon	Euphorbiaceae			1 ^a
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i> Ortega	Euphorbiaceae			7 ^a

Especie de planta	Familia	<i>O. alexanderi</i>	<i>O. fultoni</i>	<i>O. leptogrammus</i>
Estaciones de tetechera con bajonivel de disturbio (TBD)				
<i>Jatropha rzedowskii</i> J.Jiménez Ram.	Euphorbiaceae			1 ^a
<i>Vachellia cochliacantha</i> Willd.	Fabaceae			1 ^a
<i>Vachellia constricta</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Fabaceae			7 ^a
<i>Mimosa luisana</i> Brabdegee	Fabaceae			9 ^a
<i>Salvia aspera</i> M. & G.	Lamiaceae			2 ^a
<i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.	Poaceae			6 ^a
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Succ.	Rhamnaceae			7 ^a
<i>Lippia graveolens</i> Kunth	Verbenaceae			1 ^a
<i>Larrea tridentata</i> (Sessè & Moc Ex DC) Coville	Zygophyllaceae			1 ^a
<i>Morkillia mexicana</i> (Mociño&Seesé) Rose y Painter	Zygophyllaceae			31 ^a
Especie no identificada No. 2	ND			3 ^a
Especie no identificada No. 4	ND			3 ^a

Apéndice III. Matriz de recursos (plantas hospederas) utilizados por los grillos adultos de *Oecanthus alexanderi*, *O. fultoni* y *O. leptogrammus* durante mayo 2013 a mayo 2014, en las estaciones PCW (perturbadas con *Wigandia urens*), PSW (perturbadas sin *W. urens*) y TBD (tetechera con bajo nivel de disturbio) en Zapotitlán Salinas, Puebla.

mayo 2013															
	<i>Celtis pallida</i>			<i>Cnidioscolus tehuacanensis</i>			<i>Croton ciliato-glanduliferus</i>			<i>Dodonaea viscosa</i>			Especie 1 n.i.		
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. leptogrammus</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
	<i>Larrea tridentata</i>			<i>Lippia graveolens</i>			<i>Mimosa luisana</i>			<i>Morkillia mexicana</i>			<i>Parkinsonia praecox</i>		
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	2	0
	<i>Passiflora foetida</i>			<i>Pluchea salicifolia</i>			<i>Prosopis laevigata</i>			<i>Ricinus communis</i>			<i>Schinus molle</i>		
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD
<i>O. alexanderi</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	2	0	0	1	0
	<i>Viguiera dentata</i>			<i>Wigandia urens</i>											
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD									
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	1	0	0									
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	12	0	0									
<i>O. leptogrammus</i>	0	1	0	1	0	0									
julio 2013															
	<i>Cordia curassavica</i>			<i>Croton ciliato-glanduliferus</i>			<i>Datura inoxia</i>			<i>Dodonaea viscosa</i>			<i>Enneapogon desvauxii</i>		
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>O. leptogrammus</i>	0	1	0	0	0	2	0	1	0	2	0	0	0	1	0

Apéndice III (Continúa)

julio 2013																
Especie 5 n.i.			Especie 6 n.i.			<i>Gochnatia hypoleuca</i>			<i>Karwinskia humboldtiana</i>			<i>Leucophyllum</i> sp.				
PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD		
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	
<i>Mimosa luisana</i>			<i>Pluchea salicifolia</i>			<i>Prosopis laevigata</i>			<i>Salvia aspera</i>			<i>Schinus molle</i>				
PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD		
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	5	0	
<i>Vachellia cochliacantha</i>			<i>Vachellia constricta</i>			<i>Viguiera dentata</i>			<i>Wigandia urens</i>							
PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD					
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0	0				
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	1	0	2	0	0	1	0	3	0	0				
septiembre 2013																
<i>Croton ciliato-glanduliferus</i>			<i>Datura inoxia</i>			<i>Enneapogon desvauxii</i>			Especie 2 n.i.			<i>Jatropha rzedowskii</i>				
PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD		
<i>O. alexanderi</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. fultoni</i>	0	25	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. leptogrammus</i>	0	2	4	0	1	0	0	4	0	0	0	2	0	0	1	
<i>Karwinskia humboldtiana</i>			<i>Mimosa luisana</i>			<i>Montanoa tomentosa</i>			<i>Morkillia mexicanaria</i>			<i>Plumbago pulchella</i>				
PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD		
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	5	0	1	0	
<i>Prosopis laevigata</i>			<i>Schinus molle</i>			<i>Vachellia constricta</i>			<i>Viguiera dentata</i>			<i>Wigandia urens</i>				
PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD		
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	
<i>O. leptogrammus</i>	0	1	0	0	1	0	2	0	1	2	2	1	0	0	0	

Apéndice III (Continúa)

noviembre 2013																
	<i>Croton ciliato-glanduliferus</i>			Especie 2 n.i.			<i>Gomphrena decumbens</i>			<i>Gymnosperma glutinosum</i>			<i>Karwinskia humboldtiana</i>			
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. fultoni</i>	0	34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	2	
	<i>Mirabilis viscosa</i>			<i>Morkillia mexicanaria</i>			<i>Parthenium hysterophorus</i>			<i>Pluchea salicifolia</i>			<i>Sanvitalia fruticosa</i>			
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	
<i>O. alexanderi</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. fultoni</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
	<i>Vachellia constricta</i>			<i>Viguiera dentata</i>			<i>Wigandia urens</i>									
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD							
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	16	0	0							
<i>O. fultoni</i>	0	0	0	0	0	0	301	0	0							
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	5	11	3	6	1	0	0							
enero 2014																
	<i>Croton ciliato-glanduliferus</i>			Especie 4 n.i.			<i>Evolvulus alsinoides</i>			<i>Morkillia mexicanaria</i>			<i>Pluchea salicifolia</i>			
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. fultoni</i>	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	5	0	0	3	0	0	1	0	0	11	0	0	0	
	<i>Ricinus communis</i>			<i>Viguiera dentata</i>			<i>Wigandia urens</i>									
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD							
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	9	0	0							
<i>O. fultoni</i>	0	1	0	0	0	0	61	0	0							
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	2							

Apéndice III (Continúa)

marzo 2014																
	<i>Croton</i>			<i>Enneapogon desvauxii</i>			Especie 3 n.i.			<i>Mimosa luisana</i>			<i>Mirabilis viscosa</i>			
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	
<i>O. alexanderi</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. fultoni</i>	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Morkillia mexicana</i>																
	PCW	PSW	TBD													
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0													
<i>O. fultoni</i>	0	0	0													
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	3													
mayo 2014																
	<i>Croton</i>			<i>Dodonaea viscosa</i>			<i>Mimosa luisana</i>			<i>Montanoa tomentosa</i>			<i>Morkillia mexicanaria</i>			
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	
<i>O. alexanderi</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>O. fultoni</i>	0	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<i>O. leptogrammus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	
	<i>Pluchea salicifolia</i>			<i>Prosopis laevigata</i>			<i>Vachellia constricta</i>			<i>Wigandia urens</i>						
	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD	PCW	PSW	TBD				
<i>O. alexanderi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0				
<i>O. fultoni</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0				
<i>O. leptogrammus</i>	0	3	0	1	3	0	3	0	1	3	0	0				