



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

UNIDAD IZTAPALAPA

DIVISIÓN

DOCTORADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Cambios espacio-temporales en la conducta de *Pyrocephalus rubinus* y *Tyrannus vociferans* en función de los recursos disponibles en dos áreas de Xochimilco

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

PRESENTA

NORMA ANGELICA CAMACHO GARCIA

COMITÉ TUTORAL

Dr. Pablo Corcuera Martínez del Río (Codirector)

Dr. Carlos Alberto Lara Rodríguez (Codirector)

Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte (Asesor)

Ciudad de México, diciembre 2022.

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Ecología Animal del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa (UAM-I), bajo la dirección del Dr. Pablo Corcuera Martínez del Río, y en el Laboratorio de Ecología de la Conducta del Centro de investigación en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, bajo la dirección del Dr. Carlos Alberto Lara Rodríguez. El asesoramiento del presente trabajo estuvo a cargo del Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte, adscrito al Laboratorio de Ecología Pesquera de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La autora agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para sus estudios de doctorado, con el número de registro 418649, que comprendió del periodo de 1/09/2014 al 31/08/2018. El doctorado de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Padrón de Posgrados de Excelencia del CONACyT y, además, cuenta con apoyo del mismo Consejo con el convenio PFP-20-93.

El jurado designado por La Comisión Académica del Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana aprobó la tesis que presentó:

Norma Angélica Camacho García

Fecha de aprobación de la tesis: 5/12/2022.



Fecha : 02/12/2022  
Página : 1/1

**CONSTANCIA DE PRESENTACION DE EXAMEN DE GRADO**

La Universidad Autónoma Metropolitana extiende la presente CONSTANCIA DE PRESENTACION DE DISERTACIÓN PÚBLICA de DOCTORA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD de la alumna NORMA ANGÉLICA CAMACHO GARCÍA, matrícula 2143800375, quien cumplió con los 300 créditos correspondientes a las unidades de enseñanza aprendizaje del plan de estudio, 60 créditos de TRABAJO ACEPTADO PARA SU PUBLICACION SOBRE LA MISMA TESIS y 30 créditos de PREEXAMEN DOCTORAL. Con fecha cinco de diciembre del 2022 presentó la DEFENSA de su DISERTACIÓN PÚBLICA cuya denominación es:

Cambios espacio-temporales en la conducta de *Pyrocephalus rubinus* y *Tyrannus vociferans* en función de los recursos disponibles en dos áreas de Xochimilco.

Cabe mencionar que la aprobación tiene un valor de 90 créditos y el programa consta de 360 créditos.

El jurado del examen ha tenido a bien otorgarle la calificación de:

APROBAR

**JURADO**

Presidente

DR. PABLO CORCUERA MARTINEZ DEL RIO

Secretario

DR. CARLOS ALBERTO LARA RODRIGUEZ

Vocal

DR. ISAIAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE

Vocal

DR. ROBERTO CARLOS ALMAZAN NUÑEZ

Vocal

DR. UBALDO MARQUEZ LUNA

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Pablo Corcuera por alentarme a seguir con mi preparación académica, por su paciencia y tolerancia durante la retroalimentación de mi trabajo y por no dejarme claudicar, gracias por su confianza y apoyo.

Al Dr. Carlos Lara, por aceptar formar parte de mi comité, por sus aportaciones y el apoyo que me ofreció durante el desarrollo del posgrado, gracias por ayudarme a culminar esta etapa.

Al Dr. Isaías por ser parte de esta investigación desde la maestría, porque siempre estuvo dispuesto a ayudarme, es usted una gran persona y lo admiro mucho.

Al Dr. Carlos Almazán y al Dr. Ubaldo por sus revisiones y aportaciones para la presentación del examen predoctoral, sin duda enriquecieron este trabajo.

Al Dr. José Cuauhtémoc y a la Dr. Ana Laura por revisar mi escrito y evaluar mi predoctoral, gracias por sus valiosos comentarios y correcciones.

Al Dr. Diego Gil por permitirme formar parte del proyecto de seguimiento de una población de estorninos, aprendí muchas cosas de usted. Gracias por hacerme sentir parte de su equipo y por todo el apoyo tanto económico como moral que recibí durante mi estancia en la “Estación biológica El ventorrillo” Madrid, España.

A Armando Falcon Brindis por elaborar las ilustraciones, resaltaste la belleza de las dos aves.

A mis amigos y compañeros de aventura en la UAM, gracias por todo lo que pasamos, por el apoyo, por las risas, las salidas y las mesas redondas. Sin ustedes esto no hubiera sido llevadero. Yolanda, Alejandra, Marco, Ubaldo, Verónica, Carmen, Adrián, Yaniris, Abish, Laura y Miguel.

A Ubaldo por todas las veces que me diste ánimos para no abandonar mi trabajo a pesar de todos mis problemas, siempre fuiste parte de mi comité honorario.

A Everardo por ser un gran apoyo y por qué, a pesar de comenzar con el pie izquierdo, acabamos con una gran amistad.

A Uzziel por ayudarme con el trabajo de campo, por levantarte temprano, por acompañarme, por estar siempre, por los buenos momentos y por estar dispuesto a aprender para poder apoyarme cada día en campo, tú tienes una mención honorífica en mi trabajo, te quiero mucho.

Al personal del Parque Ecológico Xochimilco y a los ejidatarios de San Gregorio Atlapulco por dejarme acceder a primeras horas de la mañana y por cuidar mi integridad y seguridad durante mi estadía.

A mi madre Yolanda García por permitirme existir y por dejarme libre en mis decisiones y apoyarme en cada una de ellas. Este trabajo me llevo mas tiempo de lo planeado, pero tu salud está por encima de cualquier cosa. Me Alegra tenerte a mi lado, eres lo que mas quiero en esta vida.

A mi abuela por que siempre me preguntaste sobre mi investigación y te preocupaste por insistir cada día hasta que se finalizó, eres mejor que una guía para identificar aves por canto, como me hubiera gustado que tu vida hubiera sido más fácil.

A Lord por estar siempre a mi lado, a pesar de la hora, el día o las condiciones. Siempre serás un fiel amigo.

A la UAM por dejarme ser parte de ella desde 2002 y por que siempre me beneficio con muchos apoyos para estudios, congresos y estancias.

**“Cambios espacio-temporales en la conducta de *Pyrocephalus rubinus* y *Tyrannus vociferans* en  
función de los  
recursos disponibles en dos áreas de Xochimilco”**



## INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1 Historia natural de la familia Tyrannidae.....	4
2.2 Alimentación.....	5
2.3 Reproducción.....	5
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	7
HIPÓTESIS.....	7
3. OBJETIVOS.....	8
3.1 Objetivo General.....	8
3.2 Objetivos Específicos.....	8
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
4.1 Área de estudio.....	9
4.2 Cobertura vegetal.....	9
4.3 Muestreo de Artrópodos.....	11
4.4 Estimación de frutos.....	12
4.5 Dieta de las aves.....	12
4.6 Descripción de los comportamientos registrados.....	13
4.7 Análisis estadístico.....	15
5. RESULTADOS.....	16
5.1. Cobertura vegetal de los sitios de estudio.....	16
5.2. Abundancia de artrópodos.....	22
5.3 Abundancia de frutos.....	35
5.4 Comportamientos registrados.....	36
5.4.1 Mosquero cardenal.....	36
5.4.2 Tirano gritón.....	38
5.5 Análisis multivariados.....	45
5.5.1 Mosquero cardenal.....	45
5.5.2 Tirano gritón.....	47
5.6 Dieta de aves.....	49
5.6.1. Mosquero cardenal.....	49

5.6.2. Tirano gritón.....	50
5.7 Relación entre artrópodos y estrategias de forrajeo .....	50
5.7.1 Mosquero cardenal .....	50
5.7.2. Tirano gritón.....	51
6. DISCUSION.....	53
6.1 Vegetación.....	53
6.2 Abundancia y disponibilidad de artrópodos.....	54
6.3 Abundancia de frutos de muérdago como alimento disponible para el Tirano Gritón .....	54
6.4 Pautas de forrajeo y reproducción del mosquero cardenal.....	55
6.5 Pautas de forrajeo y reproducción del tirano gritón .....	56
6.6 Relaciones de las pautas de forrajeo y de reproducción con las variables asociadas a la vegetación, la disponibilidad de alimento, la época de secas y lluvias y la temporada reproductiva y no reproductiva. ....	57
6.7 Relación de variables asociadas al forrajeo y a la reproducción.....	58
6.7.1. Mosquero cardenal .....	59
6.7.2. Tirano gritón.....	59
6.8 Relación de artrópodos con las pautas de forrajeo .....	60
7. CONCLUSIONES .....	60
LITERATURA CITADA.....	62
Anexos.....	69
Artículo publicado.....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de estratos vegetales según su altura al contacto con la varilla graduada.	11
Tabla 2. Pruebas de efectos fijos de los modelos mixtos lineales (LMM), que analizan el efecto de la temporada (reproductiva y no reproductiva), el tipo de vegetación (transectos asociados a un tipo de vegetación), la época (secas y lluvias) y las interacciones sobre las pautas de comportamiento del mosquero cardenal y el tirano gritón. Mosquero cardenal: (a) caza aérea, (b) pizca, (c) revoloteo, (d) construcción del nido, (e) danza y (f) nidificación. Tirano gritón: (a) caza aérea, (b) pizca en pastizal, (c) revoloteo y (d) nidificación. AIC (Criterio de información de Akaike).	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transectos de observación de <i>Pyrocephalus rubinus</i> y <i>Tyrannus vociferans</i> en dos áreas de Xochimilco, México.	9
Figura 2. Sitios de muestreo de observación de las aves en el Parque Ecológico Xochimilco (P) y Ejidos de San Gregorio Atlapulco (S). Los nombres de los transectos fueron modificados posteriormente, por lo que son nombrados con los acrónimos referidos al principio de cada transecto. Fotografías tomadas el 15/07/2015.	10
Figura 3. Clasificación de transectos basada en la composición y abundancia de las especies vegetales en los sitios ubicados en dos áreas de Xochimilco, a través del método de similitud de Bray-Curtis. Pastizales abiertos (Grass 1, 2, 3 y Grass5b), pastizal con eucaliptos (Grass4Eu), campos de maíz (Maiz1, Maiz2Eu y Maiz3bCs), ahuejotes plagados de muérdago (SalMrd), vegetación acuática (Typha), 2015.	17
Figura 4. Cobertura vegetal total por el número de toques promedio ( $\pm$ Error Estándar) en diez transectos, durante el muestreo realizado en 2015.	18
Figura 5. Índices de diversidad de Shannon con base en el número de toques de las especies (cobertura vegetal) de diez transectos en 2015.	19
Figura 6. Clasificación de transectos basada en la composición y abundancia de las especies vegetales en los sitios ubicados en dos áreas de Xochimilco. Pastizales abiertos (Grass 1, 2, 3 y Grass5b), pastizal con eucaliptos (Grass4Eu), campos de maíz (Maiz1, Maiz2Eu y Maiz3bCs), ahuejotes plagados de muérdago (SalMrd), vegetación acuática (Typha), 2016.	20
Figura 7. Cobertura vegetal total por el número de toques promedio ( $\pm$ Error Estándar) en diez transectos, durante el muestreo realizado en 2016.	21
Figura 8. Índices de diversidad de Shannon con base en el número de toques (cobertura vegetal) de diez transectos (para el significado de los acrónimos de los transectos, ver el texto) en 2016.	22

Figura 9. Número promedio total de artrópodos, agrupados por órdenes, de todos los muestreos mensuales, realizados de noviembre de 2014 a octubre de 2016. El número de asteriscos y color establecen a los órdenes de artrópodos que mantuvieron diferencias significativas respecto a su comparación con los demás órdenes, según la prueba de U de Mann-Whitney.	23
Figura 10. Número total de Homoptera, Diptera y Orthoptera en diez transectos, durante noviembre de 2014 a octubre de 2016.	24
Figura 11. Número total de Coleoptera, Lepidoptera y Araneae en diez transectos, durante noviembre de 2014 a octubre de 2016.	25
Figura 12. Número total de Hymenoptera, Odonata, Hemiptera e Isopoda en diez transectos, durante noviembre de 2014 a octubre de 2016.	26
Figura 13. Número promedio de artrópodos ( $\pm$ Error estándar) en diez transectos de noviembre de 2014 a octubre de 2016.	27
Figura 14. Número total de artrópodos, separados por órdenes, en diez transectos durante noviembre de 2014 a octubre de 2016.	28
Figura 15. Índices de diversidad de Shannon de los artrópodos (con intervalos de confianza obtenidos por permutaciones), en diez sitios de noviembre 2014 a octubre 2016.	29
Figura 16. Número total de Diptera, Homoptera y Orthoptera, que mensualmente se muestrearon en diez transectos de noviembre 2014 a octubre de 2016.	30
Figura 17. Número total de Araneae, Coleoptera y Lepidoptera, que mensualmente se muestrearon en diez transectos de noviembre 2014 a octubre de 2016.	31
Figura 18. Número total de Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda y Odonata que mensualmente se muestrearon en diez transectos de noviembre 2014 a octubre de 2016.	32
Figura 19. Número total de Diptera, Homoptera y Orthoptera por año para los 10 transectos ubicados en Parque Ecológico Xochimilco y Ejidos de San Gregorio Atlapulco.	33

Figura 20. Número total Araneae, Coleoptera y Lepidoptera por año para los 10 transectos ubicados en Parque Ecológico Xochimilco y Ejidos de San Gregorio Atlapulco.	34
Figura 21. Número total Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda y Odonata por año para los 10 transectos ubicados en Parque Ecológico Xochimilco y Ejidos de San Gregorio Atlapulco.	35
Figura 22. Porcentaje de utilización de tácticas de forrajeo del mosquero cardenal en los dos años de observaciones.	36
Figura 23. Frecuencia de los comportamientos de forrajeo (Promedio de pautas de pizca, revoloteo y caza aérea) del mosquero cardenal en los diferentes hábitats durante las épocas reproductiva y no reproductiva. Grass (pastizales), Maiz (Maizales), SalMrd (sauces plagados) y Typha (vegetación acuática). El asterisco indica las diferencias significativas de la frecuencia de pautas en los sitios (hábitats) entre la época reproductiva y no reproductiva.	37
Figura 24. Frecuencia de las pautas observadas de forrajeo correspondientes al mosquero cardenal, a lo largo de noviembre 2014 a octubre de 2016. (a) Pautas de agresión interespecífica, agresión intraespecífica, danza y nidificación; y (b) Pautas de caza aérea, pizca en pastizal y revoloteo.	38
Figura 25. Porcentaje de utilización de tácticas de forrajeo del tirano gritón en los dos años de observaciones.	39
Figura 26. Frecuencia de los comportamientos de forrajeo registrada de noviembre 2014 a octubre de 2016 (Pizca en pastizal, Pizca arbórea, Revoloteo y Caza aérea) en los diferentes hábitats y separados la época reproductiva y no reproductiva. Grass (Pastizales), Maiz (Maizales), SalMrd (sauces plagados) y Typha (vegetación acuática). Los asteriscos representan diferencias significativas entre las pautas registradas en los hábitats y entre las épocas reproductiva y no reproductiva.	40
Figura 27. Frecuencias temporales de las pautas conductuales asociadas al cortejo y reproducción (a) y al forrajeo (b) del tirano gritón.	41

Figura 28. Ordenación obtenida con el análisis de redundancia canónica de la relación entre pautas del mosquero cardenal, alimento disponible (órdenes de artrópodos), la vegetación (transectos), la época (secas-lluvias) y la temporada (reproductiva/no reproductiva). Aia = Agresiones intraespecíficas, Aie = agresiones interespecíficas, Ca = caza aérea, Cop = cópula, Da = descanso alerta, Dac = descanso acicalándose, Dan = danza, Nid = nidificación, Pi = pizca, Re = revoloteo, Ve = vuelo exploratorio; Od = odonatos, Or = ortópteros, Is = isópodos, Ho = homópteros, Hy = himenópteros, He = hemípteros, Di = dípteros, Le = lepidópteros, Co = coleópteros, Ar = Araneae; No Reprod = Temporada no reproductiva, Reprod = Temporada reproductiva; Lluvias = época de Lluvias, Secas = época de Secas. Vegetación = 10 transectos asociados a pastizales (Grass), cultivos de maíz (Maiz), Ahuejotes con muérdago (SalMrd) y a vegetación acuática (Typha). 46

Figura 29. Ordenación obtenida con el análisis de correspondencia canónica (CCA) de la relación entre pautas del tirano gritón, con el alimento disponible (órdenes de artrópodos), la vegetación (transectos), la época (secas-lluvias) y la temporada (reproductiva/no reproductiva). Aia = Agresiones intraespecíficas, Aie = agresiones interespecíficas, Ca = caza aérea, Cop = cópula, Cor = cortejo, Da = descanso alerta, Dac = descanso acicalándose, Nid = nidificación, Pa = pizca arbórea, Pp = pizca en pastizal, Re = revoloteo, Rej = regurgitar, Ve = vuelo exploratorio; Od = odonatos, Or = ortópteros, Is = isópodos, Ho = homópteros, Hy = himenópteros, He = hemípteros, Di = dípteros, Le = lepidópteros, Co = coleópteros, Ar = araneae; No Reprod = temporada no reproductiva, Reprod = temporada reproductiva; Lluvias = época de lluvias, Secas = época de secas. Vegetación = 10 transectos asociados a pastizales (Grass), cultivos de maíz (Maiz), Ahuejotes con muérdago (SalMrd) y a vegetación acuática (Typha). 48

Figura 30. Número promedio de restos de artrópodos ( $\pm$ E.E.), asociados a 9 muestras de heces de *Tyrannus vociferans*, obtenidas en Junio de 2016. 49

Figura 31. Número promedio de restos de artrópodos ( $\pm$ E.E.), asociados a 9 muestras de heces de *Tyrannus vociferans*, obtenidas en Junio de 2016. 50

Figura 32. Frecuencia de las estrategias de caza aérea registradas de noviembre 2014- octubre 2016. para el mosquero cardenal y su relación con la abundancia de, a) dípteros, b) lepidópteros y c) odonatos. 51

Figura 33. Frecuencia de las estrategias de forrajeo registradas de noviembre 2014- octubre 2016 para el tirano gritón y su relación con la abundancia de Caza aérea: a) odonatos, b) dípteros, c) lepidópteros, d) homópteros y e) coleópteros. 52

## ABREVIATURAS

AIC	Criterio de información de Akaike
Ca	Caza aérea
cm	Centímetros
EDK'S	Estimadores de densidad por Kernel
ha	Hectáreas
m	Metros
ml	Mililitros
m.s.n.m.	Metros sobre nivel del mar
P	Parque Ecológico Xochimilco
Pi	Pizca
Pa	Pizca arbórea
PEX	Parque Ecológico Xochimilco
R	The R Project for statistical computing
RDA	Análisis de Redundancia Canónica
Re	Revoloteo
STATA	Statistical software for data science
SGA	Ejidos de San Gregorio Atlapulco

## RESUMEN

Los estudios de comportamiento de las especies nos proporcionan información valiosa acerca de los requerimientos alimenticios de cada individuo y su selección de hábitat. La familia Tyrannidae es exclusiva del continente americano y se encuentra ampliamente distribuida. Todos los miembros de este grupo se caracterizan por utilizar la caza aérea para capturar a sus presas, aunque también emplean la pizca. Sin embargo, el tipo y la frecuencia de utilización de estas estrategias de forrajeo puede cambiar en función de la estructura y cobertura de la vegetación, así como el alimento disponible en determinados sitios. Nuestra investigación llevada a cabo en el Parque Ecológico Xochimilco y Ejidos de San Gregorio Atlapulco, se enfocó en describir el uso de hábitat, comportamiento de forrajeo y reproducción en dos miembros del grupo, *Pyrocephalus rubinus* (mosquero cardenal), que es un ave de marcado dimorfismo sexual, y *Tyrannus vociferans* (tirano gritón), que no lo presenta. Ambas especies están ampliamente distribuidas en el territorio nacional y son conspicuas, por lo cual es relativamente fácil observar su comportamiento en diferentes ambientes. Habitan desde bosques, pastizales, hasta áreas verdes urbanas. En nuestros sitios de estudio, el mosquero cardenal tuvo su temporada reproductiva en primavera y los primeros meses de la época de lluvias de los dos años de muestreo, y utilizó tres estrategias de forrajeo: la caza aérea, el revoloteo y la pizca. Además, se encontró principalmente en hábitats riparios que presentaron una alta abundancia de artrópodos. En un análisis de regurgitaciones se encontraron arañas, coleópteros y ortópteros como sus presas. Su nidificación (febrero a junio) ocurrió en ahuehuetes que por su estructura foliar ofrecían mayor protección a sus nidos. Por su parte, el tirano gritón comenzó su temporada reproductiva a mediados de año, época de lluvias, y la nidificación fue en noviembre. Esta especie mostró cuatro estrategias de forrajeo: la caza aérea, el revoloteo, la pizca en suelo y la pizca arbórea para la recolección de frutos. Nidificó (octubre a diciembre) en eucaliptos y se encontró principalmente en pastizales rodeados de árboles. Su alimento consistió principalmente de himenópteros y presas más grandes que las elegidas por el mosquero cardenal. También se alimentó de frutos de muérdago durante la época de fructificación. Este trabajo es relevante ya que no existen estudios que describan las estrategias de forrajeo y tipo de alimentación de ambas especies. Existe información de algunas poblaciones residentes en Estados Unidos o de América del Sur, pero no en México.

Palabras clave: forrajeo, Tyrannidae, hábitat, mosquero, tirano

## ABSTRACT

Behavioral studies of the species provide us with valuable information about the feeding requirements of each individual and its habitat selection. The Tyrannidae family is exclusive to the American continent and is widely distributed. All members of this group are characterized by the use of aerial hunting to capture prey, although they also use the pinch. However, the type and frequency of use of these foraging strategies can change depending on the structure and cover of the vegetation, as well as the food available at certain sites. Our research carried out in the Xochimilco Ecological Park and Ejidos de San Gregorio Atlapulco, focused on describing habitat use, foraging behavior and reproduction in two members of the group, *Pyrocephalus rubinus* (cardinal flycatcher), which is a bird with marked sexual dimorphism, and *Tyrannus vociferans* (tyrant cassin's), which does not present sexual dimorphism. Both species are widely distributed in the national territory and are conspicuous, so it is relatively easy to observe their behavior in different environments. They inhabit from forests, pastures, to urban green areas. In our study sites, the cardinal flycatcher had its reproductive season in spring and the first months of the rainy season of the two sampling years, and used three foraging strategies: aerial hunting, hovering and pecking. In addition, it was found mainly in riparian habitats that presented a high abundance of arthropods. In an analysis of regurgitations, spiders, coleoptera and orthoptera were found as prey. Their nesting (February to June) occurred in ahuehetes which, due to their foliar structure, offered greater protection to their nests. For its part, the tyrant screamer began its reproductive season in the middle of the year and nested in November. This species showed four foraging strategies: aerial hunting, hovering, ground foraging and arboreal foraging (for fruit collection). It nested (October to December) in eucalyptus trees and was found mainly in grasslands surrounded by trees. Its food consisted mainly of hymenopterans and prey larger than those chosen by the cardinal flycatcher. It also fed on mistletoe fruits during the fruiting season. This work is relevant because there are no studies describing the foraging strategies and type of feeding of both species. There is information on some resident populations in the United States or South America, but not in Mexico.

Key words: foraging, Tyrannidae, habitat, flycatcher, tyrant.

## 1. INTRODUCCIÓN

La selección del hábitat se refiere a un proceso jerárquico de respuestas conductuales que utilizan los organismos para elegir entre hábitats que difieren en una o más variables, como la disponibilidad de alimentos o el riesgo de depredación, los cuales influyen en su adecuación (Bergin, 1992; Jones, 2001; Johnson, 2007; Forsman et al., 2008). Por lo tanto, la calidad de un hábitat puede ser evaluada midiendo parámetros como el alimento, el refugio y la presencia de conespecíficos. Muchas veces, la elección de un hábitat conlleva a los individuos a defender determinadas áreas, denominadas territorios, cuyo tamaño es inicialmente afectado por la densidad poblacional en la zona (Duca y Marini, 2005). En este contexto, la teoría de forrajeo óptimo establece que los organismos, al buscar, seleccionar e ingerir alimento, siguen aquellas estrategias de comportamiento que les permiten obtener la mayor tasa neta de consumo, es decir, obtener el mayor beneficio con el mínimo esfuerzo y riesgo (Brown, 1988). De esta manera, los organismos preferirán elegir aquellos sitios que ofrezcan una mayor cantidad de alimento y aquellas que se encuentren más cercanas entre sí, pues ello permitirá la explotación de varias fuentes casi al mismo tiempo; además de las que se encuentren más alejadas e impliquen mayor gasto energético para ser alcanzadas y exposición a depredadores. De igual manera, en función del estado de algunas de estas condiciones los organismos pueden forrajear individualmente o hacerlo en grupo, lo cual va a depender de cuál de estas opciones parezca proporcionar un mayor beneficio.

Las aves seleccionan su hábitat en relación con ciertas características estructurales y florísticas de la vegetación. En numerosos estudios se han identificado factores que influyen directamente en el uso y selección del hábitat (MacArthur y MacArthur, 1961; Hutto, 1985; Peck, 1989; Cueto et al., 2005; Milesi et al., 2008). La cobertura y heterogeneidad de la vegetación, así como la disponibilidad de agua utilizable por las aves constituyen elementos causales que determinan la búsqueda de alimento, la reproducción, los territorios y las interacciones intra e interespecíficas de las especies (Robinson y Holmes, 1984; Gantz y Rau, 2009).

Una aproximación para estimar las estrategias utilizadas por las aves para seleccionar un hábitat y establecer un territorio consiste en incluir varias asociaciones vegetales dentro del área de estudio. En este sentido, la vegetación asociada a cuerpos de agua puede servir como parámetro para profundizar en las interacciones que incluyan competencia intra e interespecífica, cortejo y reproducción, así como búsqueda de alimento y la forma en que éste se puede obtener. En este sentido, la vegetación riparia es uno de los tipos de vegetación con mayor diversidad de aves (Fleishman et al., 2003; Ruvalcaba, 2009) y la presencia de cuerpos de agua en estas comunidades ofrece condiciones idóneas para su reproducción, búsqueda de alimento y refugio en contra de depredadores (Granados-Sánchez et al., 2006; Sánchez-Merlo et al., 2005). Bajo este contexto, en la presente tesis se plantearon los siguientes objetivos: 1) Analizar los cambios conductuales de *Tyrannus*

*vociferans* y *Pyrocephalus rubinus* en distintas asociaciones vegetales; 2) Determinar la influencia del alimento y la vegetación sobre las diferentes conductas de las aves y; 3) Evaluar cómo los cambios espacio-temporales de las conductas de ambas especies están determinados por la disponibilidad de recursos en dos áreas de Xochimilco.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Historia natural de la familia Tyrannidae

La familia Tyrannidae es una de las más diversas del continente americano, con adaptaciones a diferentes ecosistemas y nichos ecológicos (Cruz-Palacios et al., 2011; Hoffman et al., 2007; Mezquida, 2002; Ohlson et al., 2008). A nivel mundial está representada por un total de 100 géneros y 430 especies y su diversidad aumenta en la región Neotropical (Gabriel y Pizo, 2005; Ohlson et al., 2008; Rheindt et al., 2008). Su alimentación es a base de insectos y para cazarlos tienen comportamientos de forrajeo variables que los agrupan en los forrajeadores de follaje y pizcadores del suelo, aunque en algunas ocasiones son frugívoros oportunistas (Fitzpatrick, 1980). En cuanto a los dos tiránidos de interés en esta investigación, *Pyrocephalus rubinus*, conocido como el mosquero cardenal o cardenalito, se distribuye en forma discontinua desde el suroeste de los Estados Unidos hasta el centro de Argentina, en la mayor parte de su distribución es residente (Fiorini y Rabuffetti, 2003). Es una especie monógama con un marcado dimorfismo sexual (Fraga, 1977) y se alimenta exclusivamente de insectos (MacGregor-Fors, 2010). Al formar pareja en la temporada reproductiva, tanto macho como hembra, participan en el cuidado parental (Ketterson y Nolan, 1994; Díaz, 2002; Fiorini y Rabuffetti, 2003). Esta especie ocupa generalmente lugares abiertos con cierta cantidad de árboles y arbustos distanciados, cultivos y bordes de caminos (Borrero, 1972).

Por su parte, el tirano gritón, *Tyrannus vociferans*, se distribuye desde el oeste de Estados Unidos hasta Guatemala (Peterson y Chalif, 1989). Es una especie que no presenta dimorfismo sexual (Hespenhiede, 1964), generalmente monógama, de hábitos insectívoros y ocasionalmente frugívoros (MacGregor-Fors, 2010). Este grupo de aves opta por sitios abiertos tales como pastizales con escasos árboles y áreas abiertas en bosques con numerosas perchas, desde las cuales realiza los despliegues de caza (Fitzpatrick, 1980; Brodhead, 2005; Johnsgard, 2009; Cruz-Palacios et al., 2011).

## 2.2 Alimentación

La dieta de esta familia de aves consiste en insectos que las especies capturan en vuelo. Sin embargo, tienen diferentes comportamientos de forrajeo, que incluyen la alimentación en el follaje y la alimentación en el suelo, y en ocasiones son comedores oportunistas de frutos (Fitzpatrick, 1980; 1985; Butler, 2013). Murphy (1983) afirmó que el 90% de la dieta de un tirano consiste en insectos voladores. Existe evidencia de variaciones en las preferencias de forrajeo entre machos y hembras de una misma especie (Holmes, 1986). A nivel comunidad, se han realizado varios estudios acerca de la conducta de forrajeo de esta familia (Cook, 1896; Robinson y Holmes, 1982; Whelan, 2001). En estos trabajos se menciona que la estructura de la vegetación puede determinar el tipo de estrategia de caza. Por ejemplo, Fitzpatrick (1985) describió la conducta de forrajeo de varias especies de tiránidos, su morfología y comportamiento, así como las relaciones entre su alimento y el uso del microhábitat. El autor concluyó que dentro de esta familia de aves existe una estrecha relación entre el uso de recursos y las estrategias de forrajeo. Kannan y James (2011) estudiaron tres especies de tiránidos: *Tyrannus verticalis*, *T. tyrannus* y *T. forficatus*, en dicha investigación registraron que, a pesar de consumir artrópodos de tamaño similar, cada especie hacía un uso diferencial del hábitat en función de sus requerimientos.

La preferencia por hábitats abiertos en estas aves les permite detectar sus presas voladoras y/o posibles fuentes de alimento tales como frutos (Murphy et al., 1997). Por ejemplo, Bergin (1992) reporta que *Tyrannus verticalis* es altamente selectivo a escala de microhábitat, al elegir árboles de mayor tamaño y que les ofrecen una mayor cantidad de perchas entre las cuales podían moverse para buscar alimento y construir sus nidos. Asimismo, Fitzpatrick, (1985) establece que *Pyrocephalus rubinus* usa árboles altos en sitios abiertos desde donde realiza pequeñas salidas de sus perchas, mientras que *Tyrannus vociferans* se alimenta típicamente mediante caza aérea realizando despliegues desde el dosel, es decir a una mayor altura.

## 2.3 Reproducción

En general, los tiranos colocan sus nidos en sitios altos y con vegetación densa para evitar depredadores. Junto con su conducta, intensamente agonista (Murphy et al., 1997), esta elección reduce la mortalidad y por tanto permite la viabilidad de la especie en el hábitat seleccionado (Murphy, 1983). Los sitios de anidamiento por lo general están rodeados de áreas abiertas con el fin de poder detectar depredadores (Murphy et al., 1997). En un estudio realizado por Redmond et al. (2007) se encontró que varias especies de tiránidos no reutilizaban sus nidos y anidaban cerca de cuerpos de agua, ya que estos les proveían de áreas abiertas con presencia de gran cantidad de insectos que forman parte preferencial en su dieta. Blancher

y Robertson (1984) estudiaron el uso de recursos de dos especies simpátricas de tiranos, *T. vociferans* y *T. verticalis* durante la temporada reproductiva en el sureste de Arizona. Los autores demostraron que ambas especies requerían el mismo alimento; sin embargo, debido a la competencia que existía entre ellas, el éxito de *T. vociferans* fue menor al momento de anidar. En un estudio sobre cuidado parental, Woodard y Murphy (1999) encontraron que las parejas de esta especie por lo general consisten en un criador experimentado y un inexperto. Esta conducta permite mayor éxito en la crianza (Woodard y Murphy, 1999), porque el criador con experiencia previa le ayudará al inexperto a aprender las acciones a llevar a cabo para permitir la viabilidad de sus crías.

En el caso de *Pyrocephalus rubinus*, se ha identificado que existen llamados vocales específicos, sobre todo en temporada de reproducción (Ríos-Chelen y Macías-García, 2004). Además, los machos exhiben despliegues aéreos para delimitar su territorio y defender su nido contra posibles intrusos, incluidos los seres humanos (Fiorini y Rabuffetti, 2003; Smith, 1967; Smith, 1970; Sullivan y Titus, 2001). Asimismo, Armstrong (2011) encontró que la especie es sumamente agresiva cuando defiende su territorio en contra de posibles invasores, incluyendo a congéneres. Smith (1970) detectó que los despliegues de vuelo realizados por *P. rubinus*, que sólo se consideraban parte del cortejo en la época reproductiva, cumplen una doble función al ser empleados para defender sus nidos y sus territorios. En este sentido, Ríos-Chelen y Macías-García (2004) identificaron variaciones en los cantos de los machos en función de la actividad que estuvieran desarrollando. En cuanto a nidificación, se ha reportado que cerca del 12% de los nidos que en su temporada fueron exitosos son reconstruidos. Esto representa una ventaja en el tiempo de construcción ya que se pueden ahorrar hasta 4 días en la elaboración de los nidos (Ellison, 2008). Una vez colocadas las puestas, el cuidado parental también es importante en esta especie. Archer (1996) reportó que dos parejas criaron a 3 nidadas (las cuales comprenden de 3 a 4 huevos) y el cuidado de los volantones por parte del macho cuando la hembra se sentaba para la segunda puesta. De esta manera, se considera que la especie tiene una estrategia de cuidado biparental (Sullivan y Titus, 2001). Sin embargo, los roles en el cuidado parental son diferenciales. Por ejemplo, la hembra pasa más tiempo junto a los polluelos y el macho dedica más tiempo a buscar alimento para su pareja y prole, aunque también participa activamente en la alimentación de los pichones (Ketterson y Nolan, 1994; Sullivan y Titus, 2001; Díaz, 2002; Fiorini y Rabuffetti, 2003).

Por otra parte, existe evidencia de la variación en el comportamiento reproductivo de las especies de tiránidos en función de la disponibilidad de alimento y de las condiciones ambientales. En una revisión, hecha por Mezquida (2002), se encontraron cambios en el intervalo de puesta de *Pyrocephalus rubinus*, siendo de un día en Argentina y Ecuador, y de dos días en el sur de Estados Unidos. El apego a sitios de reproducción anteriores ayuda a los tiránidos a reconocer la ubicación del alimento y detectar refugios

(Murphy, 1997). En un trabajo sobre *P. rubinus* (Fiorini y Rabuffetti, 2003) se registró a los machos alimentando a los volantones, pero a medida que pasaron los días esta actividad fue decreciendo, y únicamente las hembras quedaron al cuidado de las crías. Por su parte, Fraga (1977), observó que, al producirse una segunda puesta de huevos, los pichones volantones de la primera puesta quedan a cargo casi exclusivo del macho. Los machos de esta especie realizan el cortejo a través de una danza conocida como “vuelo de mariposa” que también la emplean para defender su territorio (Ríos-Chelén et al., 2004).

En el caso de individuos de *Tyrannus vociferans*, estos cuidan sus nidos de los posibles depredadores y atacan a cualquier organismo que pueda implicar una amenaza (Davis, 1941; Murphy et al., 1997). Defienden intensamente sus territorios de reproducción, incluso entre sus congéneres (Murphy, 1986).

En general, existen más estudios sobre *P. rubinus*, que incluyen aspectos de reproducción y nidificación. En el caso de *T. vociferans* es poca la bibliografía existente. Por esta razón la presente investigación es importante para incrementar el conocimiento que se tiene sobre la ecología y comportamiento de ambas especies.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Existirá una variación de las estrategias de forrajeo de *Pyrocephalus rubinus* y *Tyrannus vociferans* en función del alimento disponible y de la variación de la estructura y composición de la vegetación?

## **HIPÓTESIS**

- Una de las características de la familia a la que pertenecen ambas especies (Tyrannidae, los llamados “mosqueros”) es la caza de presas al vuelo. En consecuencia, nosotros esperamos que la disponibilidad de presas potenciales voladoras como odonatos, lepidópteros, dípteros y coleópteros estará correlacionada positivamente con una mayor frecuencia de la estrategia de caza aérea en ambos tiránidos.
- Asimismo, dada su aparente preferencia por presas voladoras, nosotros esperamos que ambas especies se concentrarán en los sitios con pastizales abiertos, con arbolado circundante y en donde haya un mayor número de perchas desde las cuales puedan realizar sus despliegues de caza aérea.

### **3. OBJETIVOS**

#### 3.1 Objetivo General

- Evaluar y analizar la influencia espacio-temporal de la vegetación y el alimento disponible sobre el forrajeo y las conductas intra e interespecíficas en dos especies de tiránidos.

#### 3.2 Objetivos Específicos

Para ambas especies se plantea:

- Analizar la relación de la estructura horizontal de la vegetación con el tipo de comportamiento realizado para capturar las presas disponibles.
- Evaluar la variación espacio-temporal de la abundancia relativa de las presas potenciales y frutos disponibles Y conocer la relación con la preferencia de las aves por determinados hábitats.
- Registrar las pautas conductuales relacionadas con las estrategias de forrajeo, territorios, agresión intra e interespecífica, cortejo y nidificación.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Área de estudio

El Parque Ecológico Xochimilco (PEX) se encuentra situado en la zona Sureste de la Ciudad de México en la Alcaldía de Xochimilco, al pie de la sierra del Chichinautzin ( $19^{\circ} 15' 00''$  y  $19^{\circ} 17' 20''$  de latitud Norte y  $99^{\circ} 04' 00''$  de longitud Oeste, a 2238 m.s.n.m) (Otto-Parrodi, 1999). El Sistema Lacustre “Ejidos de San Gregorio Atlapulco”, se localiza en la parte centro sureste de la Ciudad de México ( $19^{\circ} 15' 11''$  y  $19^{\circ} 19' 15''$  latitud Norte y  $99^{\circ} 00' 58''$  y  $99^{\circ} 07' 08''$  longitud Oeste) (Aranda, 2004) (Figura 1). Ambas áreas abarcan un total de 2657 hectáreas.

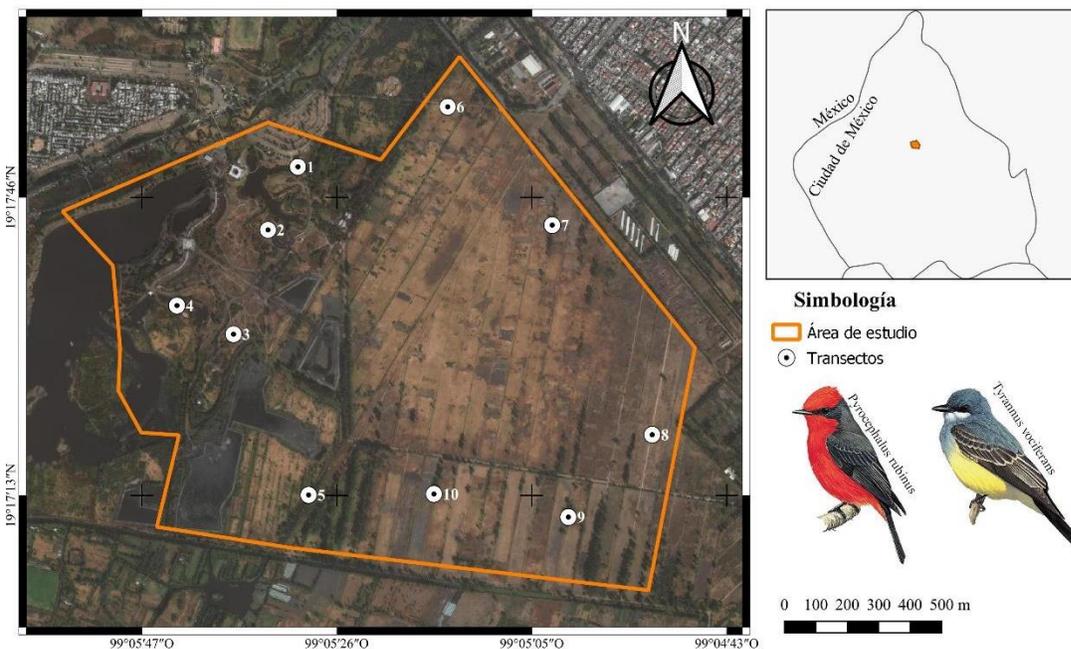


Figura 1. Transectos de observación de *Pyrocephalus rubinus* y *Tyrannus vociferans* en dos áreas de Xochimilco, México.

### 4.2 Cobertura vegetal

En noviembre de 2015 y en junio de 2016 se establecieron 10 transectos de 500 m de longitud x 50 m de ancho, dos cercanos a canales de agua (SalMrd y Typha) con ahuejotes, ahuehetes y vegetación acuática, tres en zonas con cultivos y arbolado (Maiz1, Maiz2Eu y Maiz3bCs) maizales con árboles circundantes como ahuejotes, eucaliptos y casuarinas y cinco en pastizales con arbolado como ahuejotes, casuarinas, fresnos y álamos (Grass1, Grass2, Grass3, Grass4Eu y Grass5b) (Figura 2).

SalMrd (P1)



Typha (P2)



Grass3 (P3)



Grass1 (P4)



Grass4Eu (P5)



Maiz1 (S6)



Maiz2Eu (S7)



Grass5b (S8)



Grass2 (S9)



Maiz3bCs (S10)



Figura 2. Sitios de muestreo de observación de las aves en el Parque Ecológico Xochimilco (P) y Ejidos de San Gregorio Atlapulco (S). Los nombres de los transectos fueron modificados posteriormente, por lo que son nombrados con los acrónimos referidos al principio de cada transecto. Fotografías tomadas el 15/07/2015.

La distancia entre transectos fue al menos de 150 m con el fin de que cada uno fuera independiente (por las características propias del sitio). Estos transectos se eligieron con el fin de abarcar distintos tipos de vegetación. Se utilizó una varilla graduada de 2.25m para estimar la cobertura de las plantas de menos de 2 m de altura. La varilla se colocó perpendicular al suelo y se registraron todas las especies de plantas que la tocaban (Corcuera y Butterfield, 1999). Para la vegetación de los estratos de mayor altura se utilizó una escuadra óptica marcada con dos ejes perpendiculares. En este caso se registró la identidad y altura de la vegetación que hacía contacto con el punto en donde se cruzan las líneas (Montaña y Ezcurra, 1980) solo para tener una medida de referencia de la cobertura. La densidad total de la vegetación se obtuvo con la sumatoria del número total de contactos.

La identidad de las plantas se determinó con la guía de Castillo-Argüero et al., (2007) y con fotografías de las especies registradas en la zona en reportes anteriores (Naturalista, 2017; Otto-Parrodi, 1999). De cada especie vegetal registrada se clasificó el tipo de estrato al que representaba (Tabla 1). Para la obtención de la cobertura y la estratificación vegetal, se utilizaron 250 puntos ubicados a izquierda y derecha de la línea central de los transectos y con una separación de 5m.

Tabla 1. Clasificación de estratos vegetales según su altura al contacto con la varilla graduada.

Estratos	Altura
A = Arbóreo	> 5 m
B = Arbustivo	50 cm – 5 m
H = Herbáceo	0.1 – 50 cm
S = Suelo desnudo	0 cm

#### 4.3 Muestreo de Artrópodos

Para estimar la abundancia de artrópodos se realizó una colecta mensual a lo largo de dos años (noviembre de 2014 a octubre de 2016). Se utilizó la técnica de golpeo (Bautista et al., 2011), cuya ventaja es que los artrópodos se sueltan del sustrato al sentir el golpeo, por lo que es posible coleccionarlos con relativa facilidad

(Luna, 2005; Southwood, 1978). La técnica consistió en golpear la vegetación herbácea y arbustiva con el propósito de coleccionar a los insectos que se encontraban posados en las plantas que se muestrearon en cada uno de los transectos. Cada transecto se recorrió dando batidas cada cinco pasos, a izquierda y derecha en las ramas terminales de las estructuras vegetales y con la ayuda de una red se colectaron los artrópodos. Los especímenes recolectados fueron colocados en frascos con la ayuda de pinzas entomológicas, preservados en una solución de alcohol al 70%. Posteriormente, los individuos colectados fueron contados e identificados con ayuda de un microscopio estereoscópico y guías especializadas (Borror et al., 1970 y Ubick, 2017) hasta nivel de género. Para el etiquetado de los frascos se tomaron los siguientes datos: tipo de vegetación, coordenadas geográficas del sitio de colecta, sustrato donde se colectó el ejemplar, método de colecta, fecha de colecta y nombre del colector. Los muestreos se realizaron los primeros días de cada mes durante los dos años de observaciones de conductas de forrajeo.

#### 4.4 Estimación de frutos

Los frutos de muérdago constituyen parte importante de la dieta de *Tyrannus vociferans* en la zona (Camacho-García et al., 2020). El muérdago de la familia Loranthadacea, a la que pertenecen las plantas muestreadas, le proporciona a las aves una dieta rica y, por la ausencia de una cubierta dura, el acceso a un alto contenido de nutrientes en la pulpa de sus frutos (Martínez-Castruita et al., 2021). La estimación de la disponibilidad de frutos en el sitio de estudio se realizó en dos ocasiones, la primera de noviembre de 2014 a enero de 2015 y la segunda de diciembre de 2015 a febrero de 2016. Estas fechas fueron consideradas por el periodo de floración y fructificación, durante el que se observó a los individuos aprovechar este recurso. Para realizar esta estimación se evaluó la presencia o ausencia del muérdago en las plantas (árboles) en los transectos SalMrd, Grass1 y Grass4Eu, como una medida indirecta de la disponibilidad de frutos de muérdago, y en caso de haber un mayor número de plantas parásitas en fructificación (y floración) en los árboles, se contabilizó su número.

#### 4.5 Dieta de las aves

Con la finalidad de determinar la dieta de las especies, se usaron 12 horas red de esfuerzo de captura con redes de niebla de 12 x 2.5m para capturar individuos de las dos especies y obtener muestras por medio de regurgitaciones y excretas. Para atraer a las aves se utilizaron grabaciones (playback) de los cantos de las dos especies que se obtuvieron de una guía digital (Merlin Bird ID 2018). Una vez capturados, los individuos

se colocaron individualmente en bolsas de manta durante 10 minutos. Posteriormente se les aplicó una solución salina al 10% con una cánula de plástico de 10 cm de longitud que fue introducida por el pico y esófago (Moody 1970, Tomback 1975). Una vez dentro se inyectaron 2 ml de la solución salina para provocar la regurgitación. Cada muestra obtenida se colocó en viales con alcohol al 70% para conservarlas y posteriormente analizarlas en microscopio. Las bolsas utilizadas se revisaron para determinar la presencia de heces fecales, y en su caso éstas se procesaron de la misma manera que los contenidos estomacales. El muestreo se realizó en el mes de junio del 2016, obteniéndose un total de cuatro muestras de regurgitado y cuatro de heces fecales del mosquero cardenal. No se pudieron atrapar individuos de tirano gritón. Sin embargo, se obtuvieron 10 muestras de heces fecales a partir de la colocación de láminas debajo de sitios detectados como perchas frecuentes, y la deposición de cada muestra colectada fue analizada con un microscopio de disección.

#### 4.6 Descripción de los comportamientos registrados

Se realizaron visitas semanales a los transectos, de noviembre del año 2014 a octubre de 2016 y se registraron los comportamientos en un etograma, el cual consiste en un inventario que describe la conducta de un animal en algún lugar y momento determinado. Dentro de un etograma se puede describir una pauta que se refiere a una parte concreta o subdivisión de un patrón de comportamiento. Las diferentes pautas registradas comprendieron: descanso, forrajeo, cortejo, reproducción y comportamiento agonista intra e interespecífico, las cuales pueden a su vez dividirse en subunidades (*actos* o *etones*, tales como alerta, acicalamiento, etc.) (Lahitte et al., 2002). A continuación, se detallan las pautas registradas en nuestro estudio, modificadas de Remsem y Robinson (1990):

##### Descanso

##### Pautas:

- Alerta (Da): el individuo se encuentra en descanso en alguna parte del estrato de la vegetación; sin embargo, puede permanecer atento a las condiciones del hábitat en el que se encuentra.
- Acicalamiento (Dac): el individuo realiza una limpieza de sus plumas con ayuda de su pico mientras descansa en determinado estrato.

##### Forrajeo

- Vuelo exploratorio (Ve): el individuo realiza vuelos prolongados en la búsqueda de su alimento.
- Caza aérea (Ca): el individuo vuela y revolotea en el aire en persecución de insectos de los cuales alimentarse.

- Pizca en pastizal (*grass glean*) (Pp): el individuo busca insectos en los pastizales.
- Pizca arbórea (*tree glean*) (Pa): el individuo busca insectos en los árboles.
- Revoloteo (*hover*) (Re): el individuo busca alimento mientras realiza un vuelo sostenido para ahuyentar a los insectos y lograr comerlos, en las herbáceas, arbustos y árboles.
- Regurgitar (Reg): el individuo consume muérdago y regresa la semilla por la garganta para depositarla en algún árbol.

#### Cortejo

##### Pautas:

- Danza (Dan): Movimientos del macho que van desde pequeños saltos, hasta el despliegue de sus plumas para lograr captar la atención de su pareja potencial.
- Vuelo de mariposa (danza de *P. rubinus*) (Vm): el macho se eleva con aleteos lentos y comienza a volar en círculos al mismo tiempo que emite un canto, para posteriormente dejarse caer en picada hacia alguna percha.
- Vuelo en zigzag (danza de *T. vociferans*) (Vz): el macho vuela rápidamente en zigzag, dando fuertes aleteos.

#### Reproducción

##### Pautas:

- Cópula (Cop): hembras y machos juntan sus cloacas para lograr reproducirse.
- Construcción del nido (Cn): las aves recogen materiales para formar su nido en algún estrato vegetal.
- Anidamiento (Nid): las hembras permanecen en el nido al cuidado de los huevos y posteriormente de los pichones, mientras que los machos cuidan que la hembra sea provista de alimento y posteriormente, cuando nacen los volantones, los alimentan hasta que puedan valerse por sí mismos.

#### Comportamiento agonista intra e interespecífico

##### Pautas:

- Agonista intraespecífico (Aia): dos individuos de la misma especie pelean por alimento o espacio.
- Agonista interespecífico (Aie): los individuos agreden a individuos de otras especies para desplazarlos de su territorio.

#### 4.7 Análisis estadístico

Con el fin de analizar estadísticamente a la variación de la cobertura vegetal en los diez sitios del estudio, tanto en el muestreo de noviembre de 2015 como el de junio de 2016, se compararon los transectos mediante una prueba de ANOVA de una vía. Además, se realizó un análisis de conglomerados de los sitios, para los dos años, en función de la composición y estructura horizontal (cobertura) de la vegetación, empleando el algoritmo UPGMA y el índice de similitud Bray Curtis (Kovach 2010). Para la realización de estos análisis, y de otros que se hicieron más adelante, se empleó al programa estadístico PAST (Palaeontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis; Hammer, Harper y Ryan, 2001).

Para evaluar la diversidad (índice de Shannon) de las especies vegetales en los diez transectos, se empleó el índice de Shannon, para el cual, se tomó como base a la cobertura vegetal (número de toques) y al número de especies, obtenidos en los dos muestreos de la vegetación. Para la obtención de un intervalo de confianza de los índices obtenidos para los transectos, se empleó la prueba de Bootstrap con 9999 permutaciones, para ello también se usó al programa estadístico PAST (Hammer, Harper y Ryan, 2001)

Con respecto a la disponibilidad de frutos de muérdago en los transectos estudiados, como una medida indirecta de la disponibilidad de alimento para las aves, se evaluó la presencia y número de plantas de muérdago por especie de árbol en cinco sitios, (excepto los sitios del Ejido San Gregorio) en dos ocasiones, la primera de noviembre de 2014 a enero de 2015 y la segunda de diciembre de 2015 a febrero de 2016, fechas que coinciden con el periodo de fructificación del muérdago. Se analizó la variación del número promedio de plantas parásitas por árbol en cada uno de los cinco transectos y del número de plantas de muérdago por especie arbórea, por medio de análisis de varianza.

Los artrópodos fueron analizados, con relación a la abundancia (colecta mensual) y el orden taxonómico, y mediante la comparación de los diez sitios, con la prueba de ANOVA o su análoga no paramétrica Kruskal-Wallis. También se estimó a la diversidad (índice de Shannon) de los órdenes (como morfoespecies) de artrópodos en los diez sitios.

Para identificar los cambios en las estrategias de forrajeo registradas durante los dos años del estudio, se utilizaron análisis de densidad por Kernel (EDK's) (Rosenblatt 1956). Este análisis permite delimitar con claridad los patrones de cambio a lo largo de cada año, ya que estos estimadores no paramétricos otorgan cifras más suaves que los clásicos histogramas, lo cual permite la fácil detección de diferencias en tramos específicos de la distribución, así como valores atípicos o multimodales (Brufman et al., 2005; Salgado-Ugarte 2002). Los diagramas de las curvas suavizadas fueron obtenidos con el programa STATA (Versión 12), con el empleo del Kernel Gaussiano con un ancho de banda óptimo.

Se realizaron regresiones lineales para determinar si la frecuencia de pautas conductuales utilizadas por *T. vociferans* y *P. rubinus* están asociadas a la abundancia de artrópodos.

Para determinar cómo es la relación de la respuesta de los comportamientos agonísticos (intraespecíficos e interespecíficos) y de forrajeo (Pizca, Caza al vuelo y Revoloteo), con respecto a los factores, temporada (reproductiva y no reproductiva), época (secas y lluvias) y tipo de vegetación (transectos asociados a Grass, Maiz, SalMrd y Typha) (como factores fijos), se utilizaron modelos lineales mixtos (LMM) con pruebas de efectos fijos tipo III con el empleo del programa estadístico SPSS 11.0 (SPSS Inc. 2001). El cortejo y el apareamiento no se incluyeron en estos modelos porque su tamaño de muestra fue pequeño, por lo que se decidió no incluirlos en este análisis. La identidad del transecto se incluyó en los modelos como efectos aleatorios. El modelo completo se simplificó utilizando el Criterio de Información de Akaike (AIC) para seleccionar el modelo final utilizando la eliminación hacia atrás por pasos con pruebas de razón de verosimilitud, tal y como describe Crawley (2005). Para cada medida de comportamiento, los modelos completos que incluyen todos los términos de interacción se redujeron mediante análisis de desviación; por tanto, los grados de libertad residuales para los modelos simplificados diferirán.

Se usaron análisis multivariados canónicos para determinar cómo las pautas conductuales están relacionadas con las variables de la vegetación (composición y cobertura vegetal), de los artrópodos (composición y abundancia mensual), además de los factores época (secas lluvias) y temporada (reproductiva y no reproductiva). Para la realización de este análisis, se empleó el programa CANOCO 5 (Ter Braak & Smilauer 2012). El método apropiado de ordenación que se empleó fue, ya sea, por el método lineal (análisis de redundancia canónica, RDA) o unimodal (análisis canónico de correspondencia, CCA), dependiendo del gradiente de unidades de desviación estándar de los datos de respuesta (Ter Braak & Smilauer 2012). Para la selección previa de las variables que explicaban significativamente la variación de la ordenación se empleó una prueba de selección (Forward Selection Step) del mismo programa estadístico. La relación entre las pautas y las variables se estimó con las correlaciones de las variables con los tres ejes de la ordenación y para estimar la significancia se usaron pruebas de permutaciones de Monte Carlo ( $n = 999$  permutaciones). Los análisis se realizaron para cada especie, tanto para 2015 como 2016.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Cobertura vegetal de los sitios de estudio**

En noviembre de 2015 se encontraron e identificaron 33 especies vegetales, de las cuales 24 corresponden al estrato herbáceo, cuatro al arbustivo y ocho al arbóreo. De los diez sitios muestreados, cuatro pastizales

abiertos (Grass 1, 2, 3 y Grass5b), un pastizal con eucaliptos (Grass4Eu), tres campos de maíz (Maiz1, Maiz2Eu y Maiz3bCs), un sitio con ahuejotes (*Salix bonplandiana*) plagados de muérdago (SalMrd), y uno con presencia de vegetación acuática (Typha), se obtuvo el siguiente dendrograma (Figura 3).

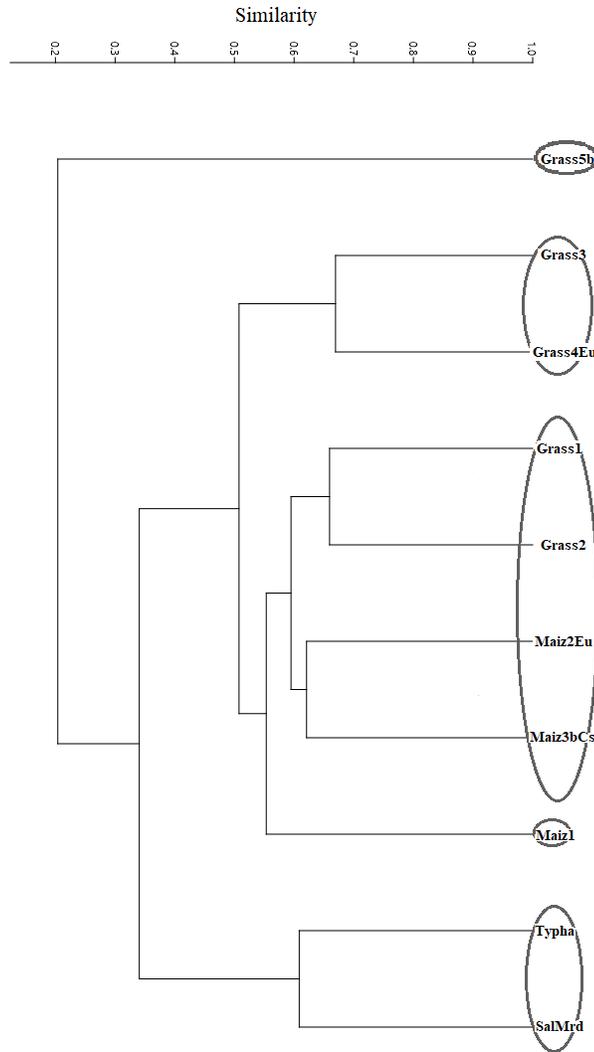


Figura 3. Clasificación de transectos basada en la composición y abundancia de las especies vegetales en los sitios ubicados en dos áreas de Xochimilco, a través del método de similitud de Bray-Curtis. Pastizales abiertos (Grass 1, 2, 3 y Grass5b), pastizal con eucaliptos (Grass4Eu), campos de maíz (Maiz1, Maiz2Eu y Maiz3bCs), ahuejotes plagados de muérdago (SalMrd), vegetación acuática (Typha), 2015.

Los diez transectos muestreados fueron agrupados en función de la similitud de la cobertura vegetal. El sitio Grass5b tuvo una composición y cobertura vegetal diferente a todos los demás sitios, el cual estuvo cubierto por herbáceas del género *Ambrosia spp.* en su gran mayoría; los sitios Typha y SalMrd incluyeron cuerpos de agua con especies como *Typha latifolia* y *Taxodium mucrunatum*; los sitios Grass3 y Grass4Eu estuvieron dominados por los pastos de *Bromus sp.* y *Cynodon dactylon*, y por Eucalipto, el segundo. El sitio Maiz1 estuvo compuesto principalmente por *Zea mays* y los sitios Grass1, Grass2, Maiz2Eu y Maiz3bCs estuvieron dominados por pastizales del género *Bromus sp.* y plantas de *Zea mays*.

En 2015 no se encontraron diferencias significativas entre los transectos respecto a la cobertura vegetal de cada uno de ellos (ANOVA,  $F = 0.1804$ ,  $P = 0.996$ ) (Figura 4).

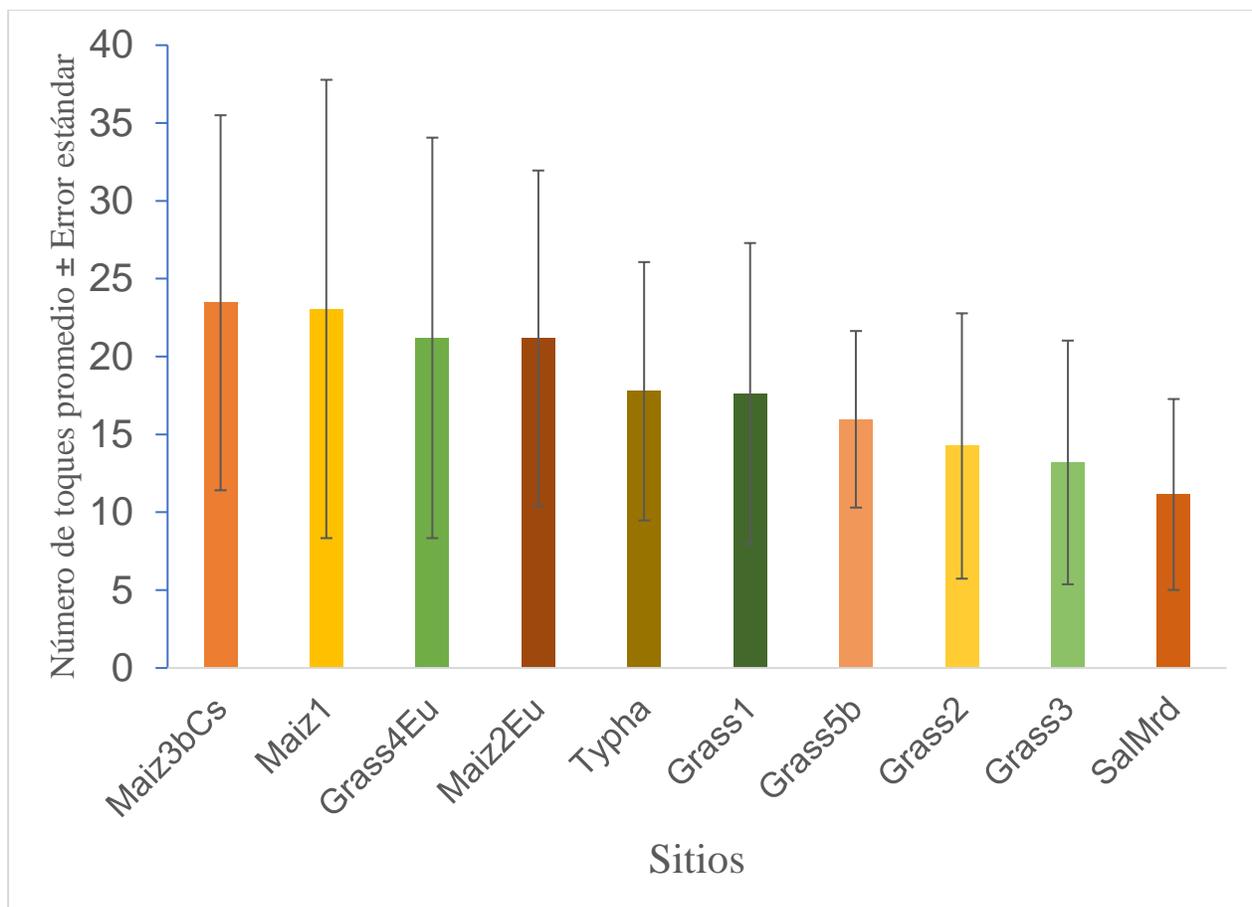


Figura 4. Cobertura vegetal total por el número de toques promedio ( $\pm$  Error Estándar) en diez transectos, durante el muestreo realizado en 2015.

Por otra parte, el transecto significativamente más diverso en 2015, en cuanto a la cobertura de especies vegetales por transecto, fue Grass5b, seguido de los transectos Grass1, Typha, Maiz2Eu (Figura 5).

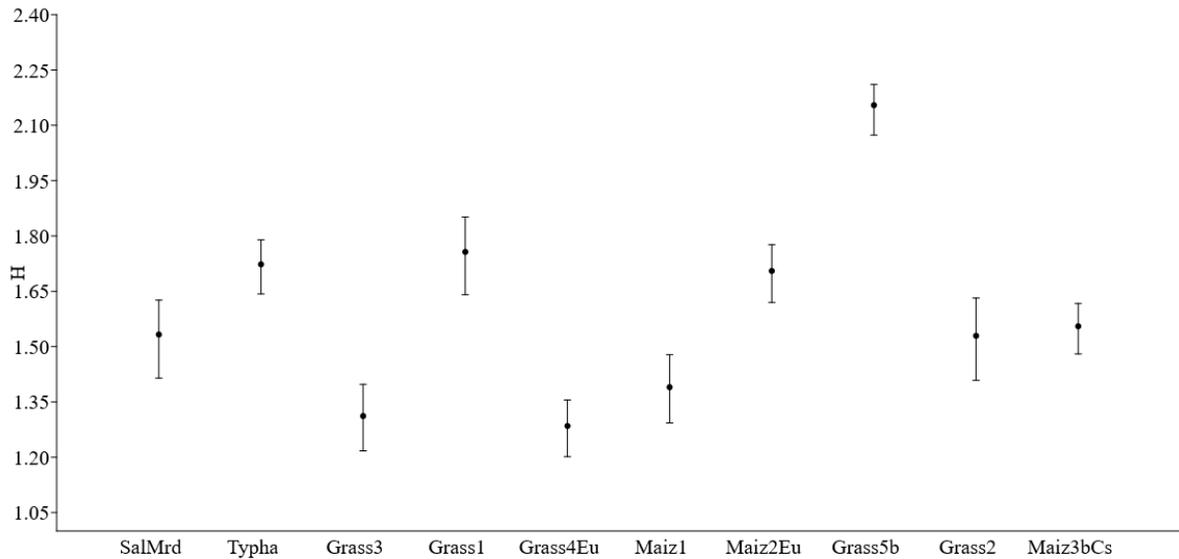


Figura 5. Índices de diversidad de Shannon con base en el número de toques de las especies (cobertura vegetal) de diez transectos en 2015.

Para la clasificación de la vegetación de los sitios en 2016, nuevamente el sitio Grass5b tuvo una composición y cobertura vegetal diferente a todos los demás sitios; los sitios Typha y SalMrd mantuvieron su similitud, junto con Grass3 y Grass4Eu. El sitio Maiz3bCs mantuvo una separación con la agrupación de los sitios Grass1, Maiz1, Grass2 y Maiz2Eu (Figura 6).

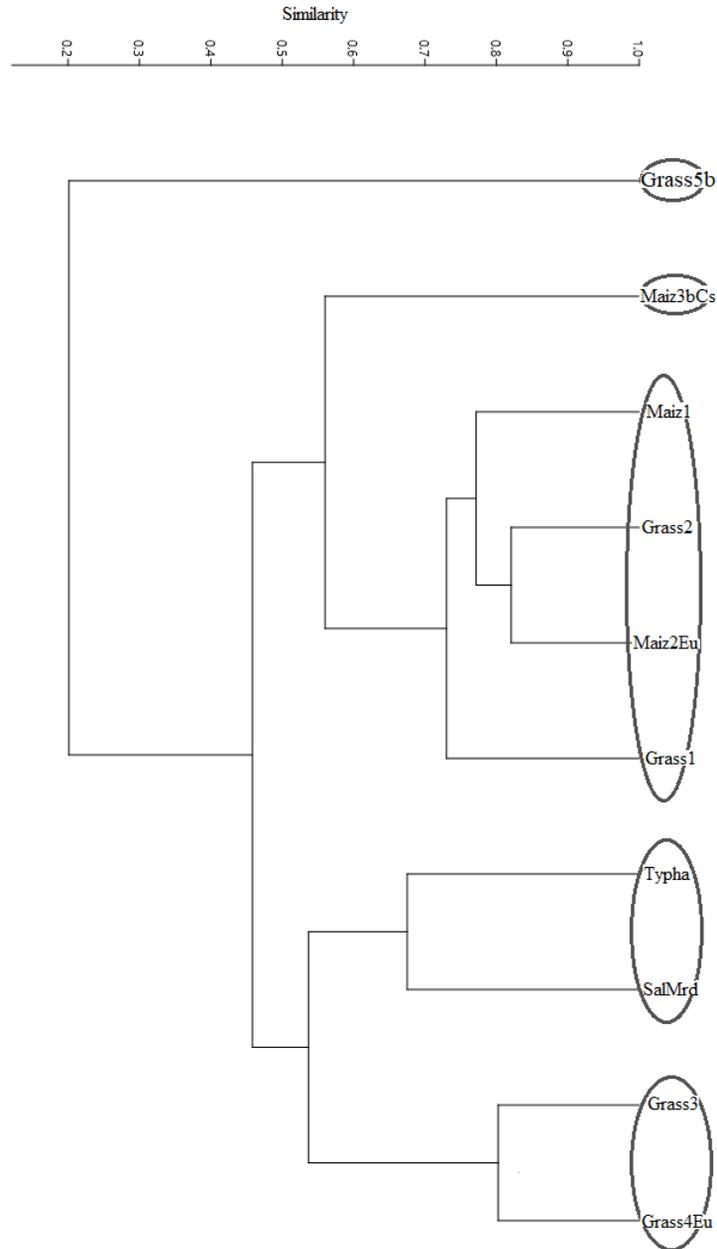


Figura 6.- Clasificación de transectos basada en la composición y abundancia de las especies vegetales en los sitios ubicados en dos áreas de Xochimilco. Pastizales abiertos (Grass 1, 2, 3 y Grass5b), pastizal con eucaliptos (Grass4Eu), campos de maíz (Maiz1, Maiz2Eu y Maiz3bCs), ahuejotes plagados de muérdago (SalMrd), vegetación acuática (Typha), 2016.

En 2016 tampoco se encontraron diferencias significativas entre los transectos respecto a la cobertura vegetal de cada uno de ellos (ANOVA  $F = 0.1276$   $P = 0.999$ ) (Figura 7). Sin embargo, sí hubo diferencias

significativas en la comparación de la cobertura total vegetal por año (ANOVA,  $F = 10.81$   $P = 0.004$ ). En el muestreo de noviembre de 2015 se registraron 6260 toques en total de la vegetación y en junio de 2016, 8778 toques en total.

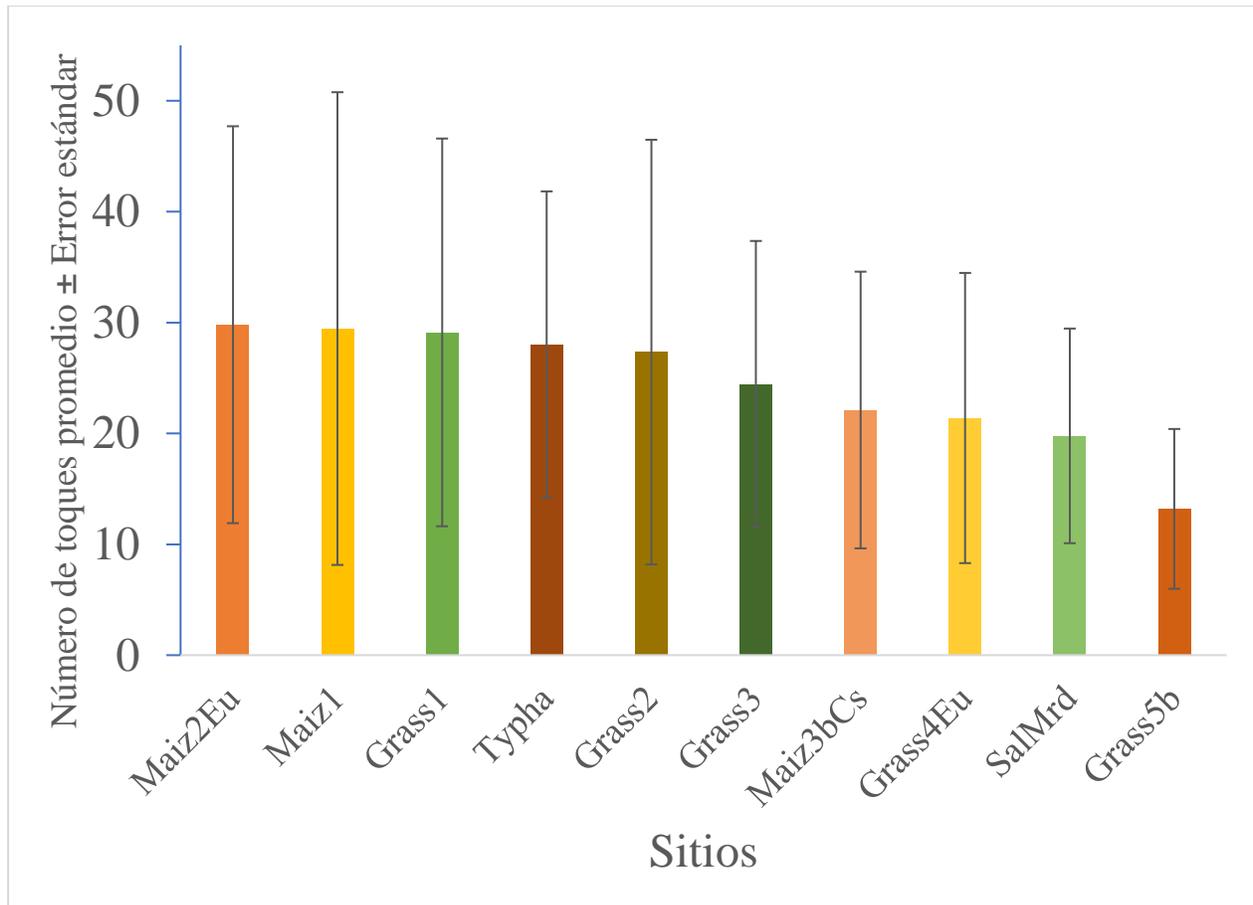


Figura 7. Cobertura vegetal total por el número de toques promedio ( $\pm$  Error Estándar) en diez transectos, durante el muestreo realizado en 2016.

En cuanto a la diversidad, en 2016 los transectos se dividieron en dos grupos, conformados por cinco sitios, los más diversos significativamente, en cuanto a cobertura de especies vegetales fueron: Typha, SalMrd, Grass1, Grass3 y Maiz2Eu. El segundo grupo tuvo menor diversidad se integró por: Grass5b, Maiz3bCs, Grass4Eu, Grass2 y Maiz1 (Figura 8).

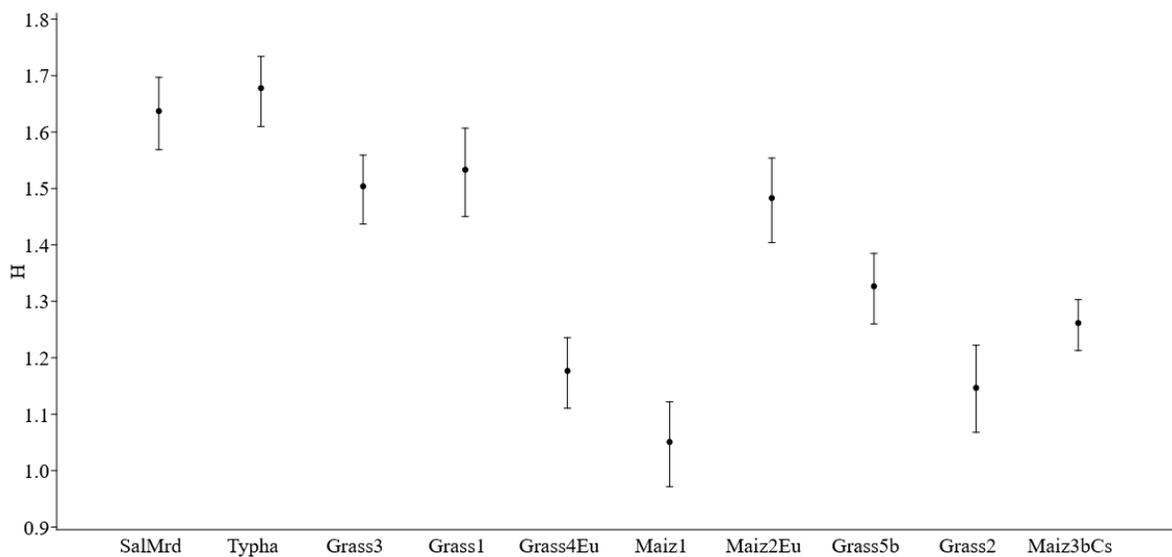


Figura 8. Índices de diversidad de Shannon con base en el número de toques (cobertura vegetal) de diez transectos (para el significado de los acrónimos de los transectos, ver el texto) en 2016.

## 5.2. Abundancia de artrópodos

Respecto a los artrópodos se encontró que, en los muestreos de los transectos, los homópteros, ortópteros, dípteros y coleópteros fueron los órdenes más abundantes en todos los sitios (Figura 9-12).

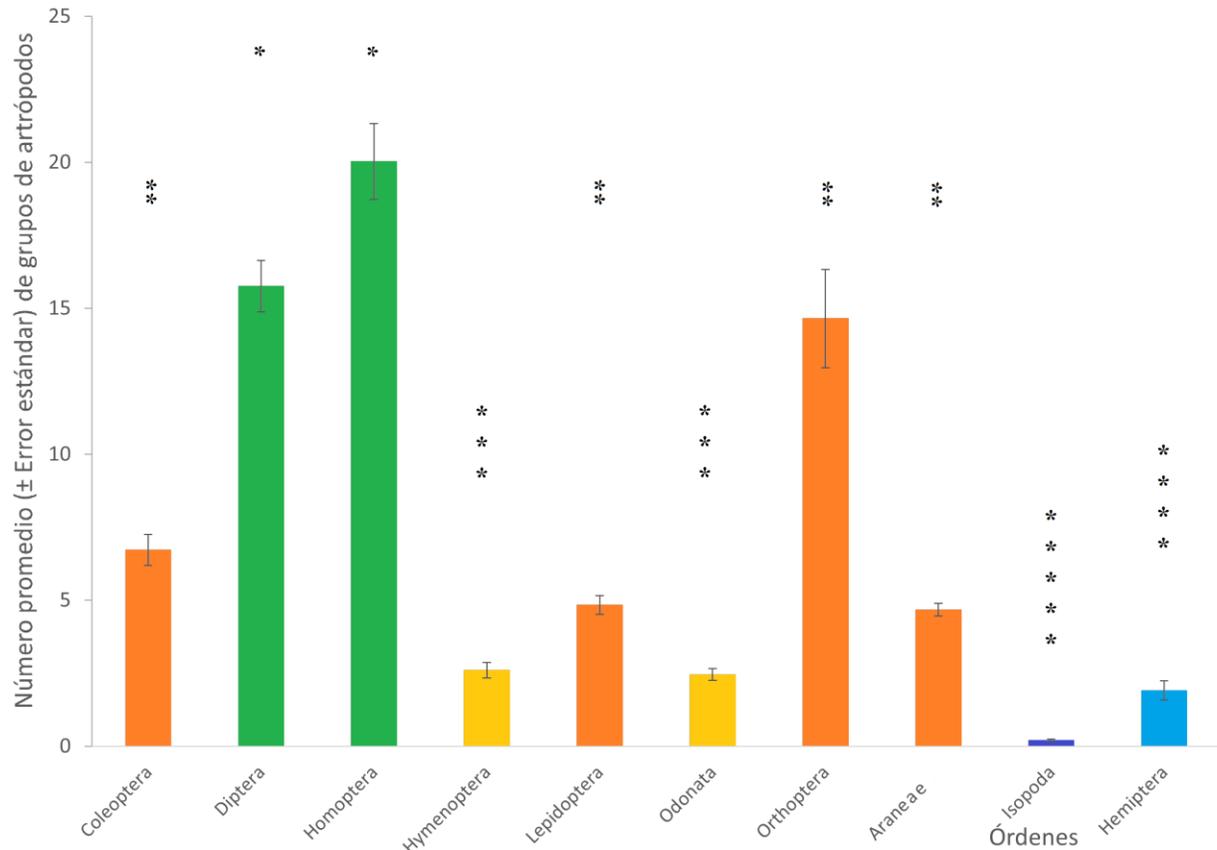


Figura 9. Número promedio total de artrópodos, agrupados por órdenes, de todos los muestreos mensuales, realizados de noviembre de 2014 a octubre de 2016. El número de asteriscos y color establecen a los órdenes de artrópodos que mantuvieron diferencias significativas respecto a su comparación con los demás órdenes, según la prueba de U de Mann-Whitney.

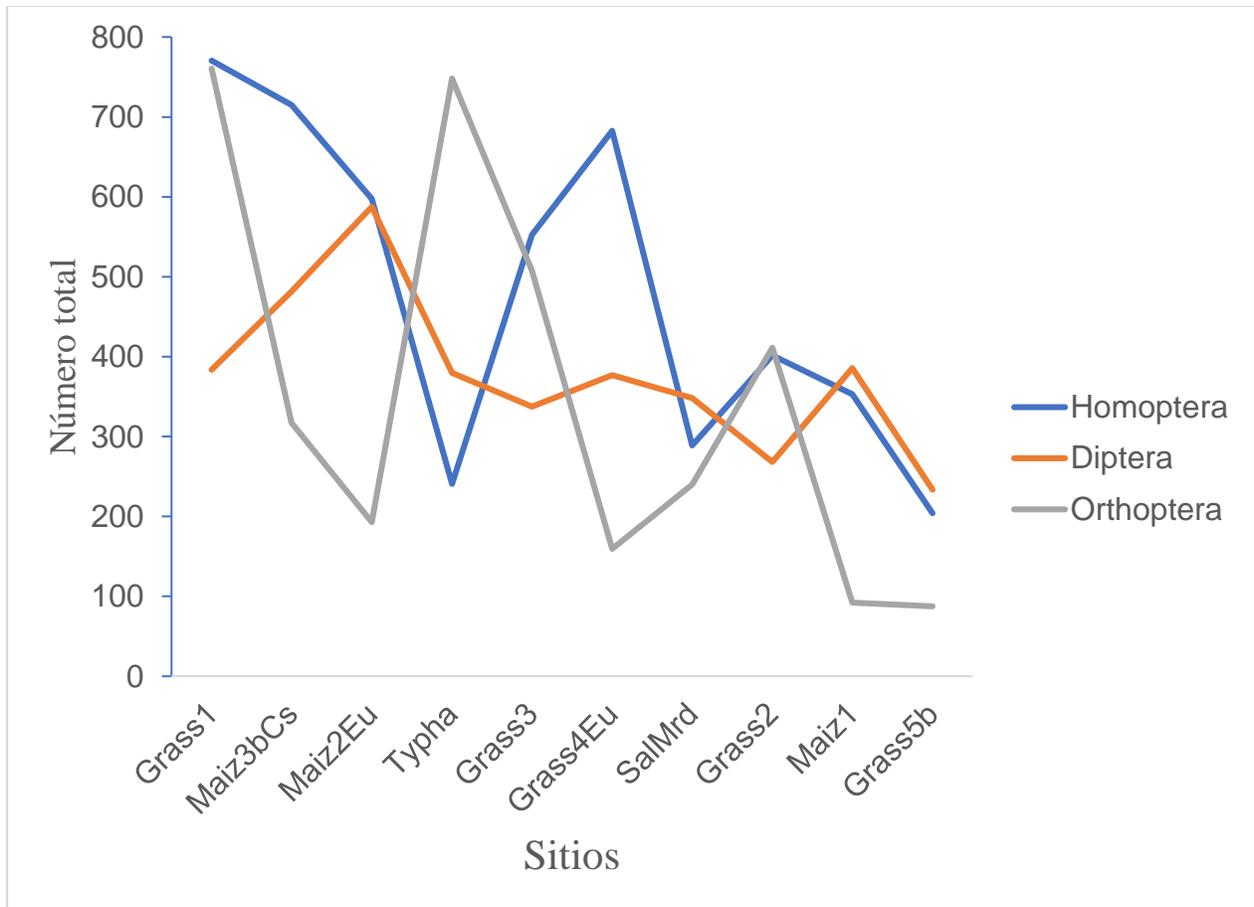


Figura 10. Número total de Homoptera, Diptera y Orthoptera en diez transectos, durante noviembre de 2014 a octubre de 2016.

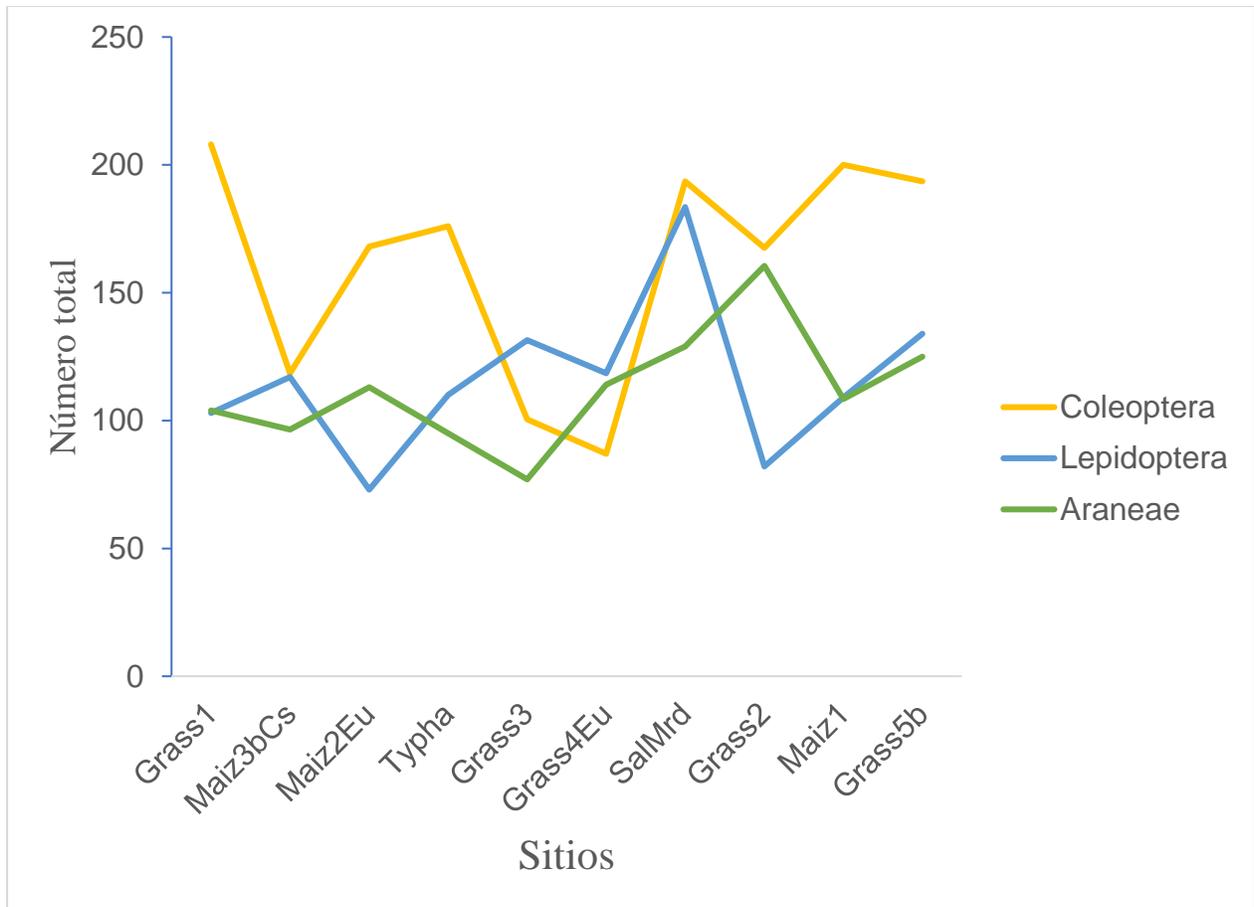


Figura 11. Número total de Coleoptera, Lepidoptera y Araneae en diez transectos, durante noviembre de 2014 a octubre de 2016.

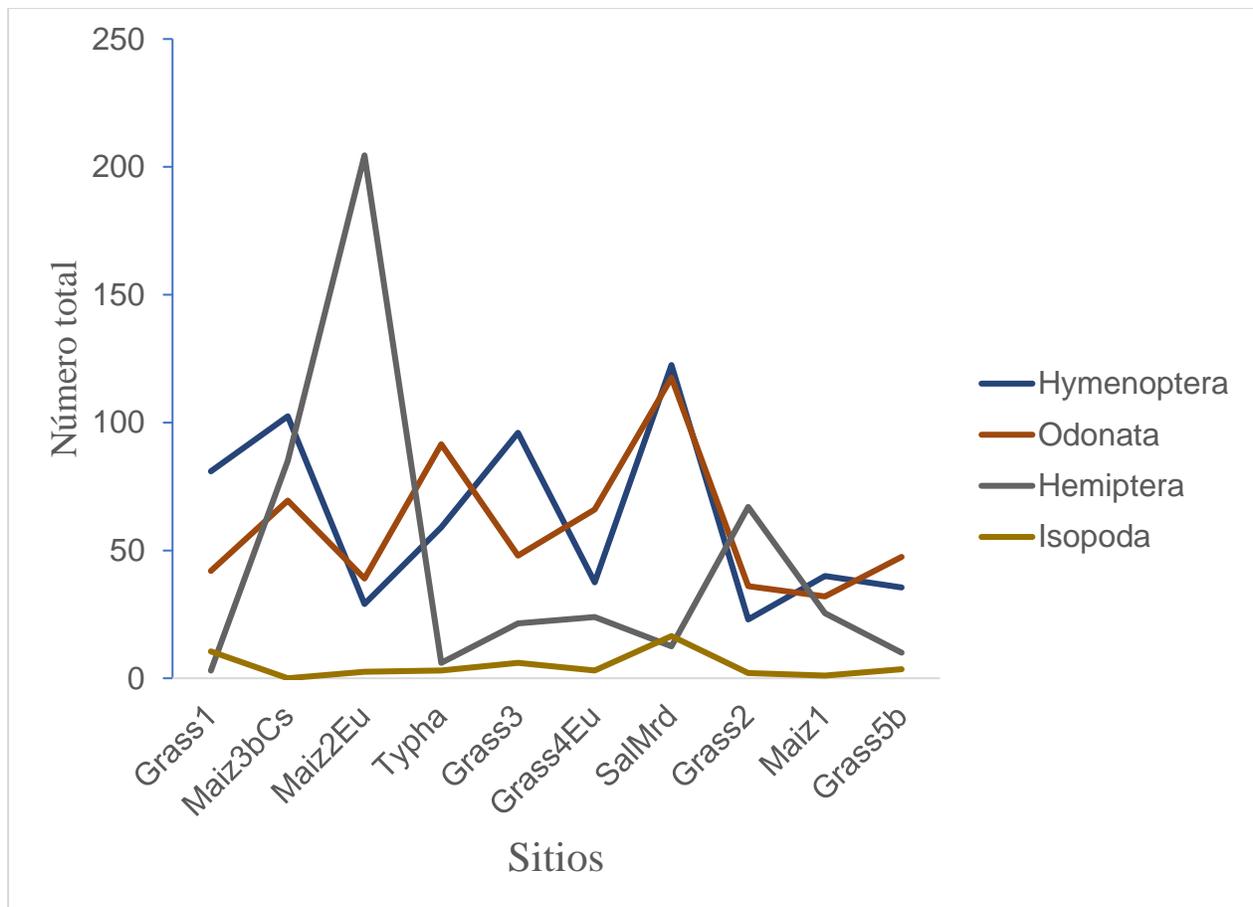


Figura 12. Número total de Hymenoptera, Odonata, Hemiptera e Isopoda en diez transectos, durante noviembre de 2014 a octubre de 2016.

El sitio Grass5b fue el sitio con la menor abundancia de artrópodos. Por el contrario, los transectos en los que se concentró la mayor cantidad de alimento disponible (artrópodos) fueron los sitios Grass1, Maiz3bCs, Maiz2Eu, Typha y Grass3 (Figura 13). Aunque el patrón de abundancias de los artrópodos fue similar en todos los transectos, para el transecto Grass1 los homópteros, ortópteros y dípteros fueron los tres órdenes con las mayores abundancias (Figura 14). En la comparación estadística de los diez sitios, de la abundancia promedio total de los artrópodos, se encontraron diferencias significativas entre los sitios (Kruskal-Wallis,  $Ch^2 = 25.63$ ,  $P = 0.0017$ ), y que según las comparaciones múltiples con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, el sitio Grass5b fue significativamente diferente a todos los demás sitios, y SalMrd fue significativamente diferente a Grass2 y Maiz1. En la comparación del número promedio artrópodos, por orden, de todo el muestreo hubo diferencias significativas (Kruskal-Wallis,  $Chi^2 = 912.2$ ,  $P < 0.0001$ ) (Figura 9). Homoptera fue el grupo más abundante de manera significativa, le siguieron Diptera y Orthoptera con abundancias promedio totales similares; Coleoptera; Lepidoptera y Araneae (también similares entre

sí); Hymenoptera y Odonata (similares entre sí). Hemiptera e Isopoda fueron los grupos con menos abundancia promedio total y fueron diferentes significativamente a todos los demás grupos de artrópodos.

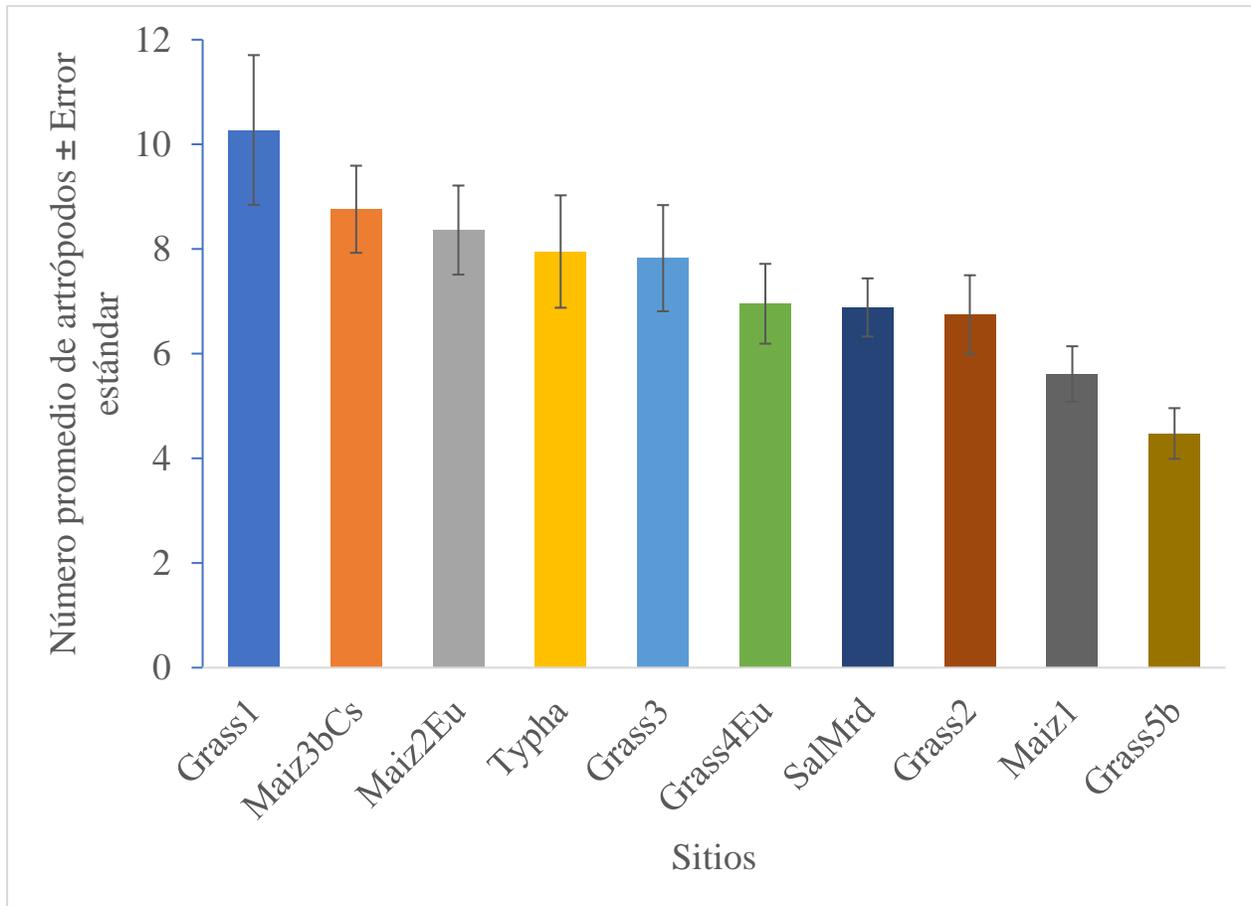


Figura 13. Número promedio de artrópodos ( $\pm$  Error estándar) en diez transectos de noviembre de 2014 a octubre de 2016.

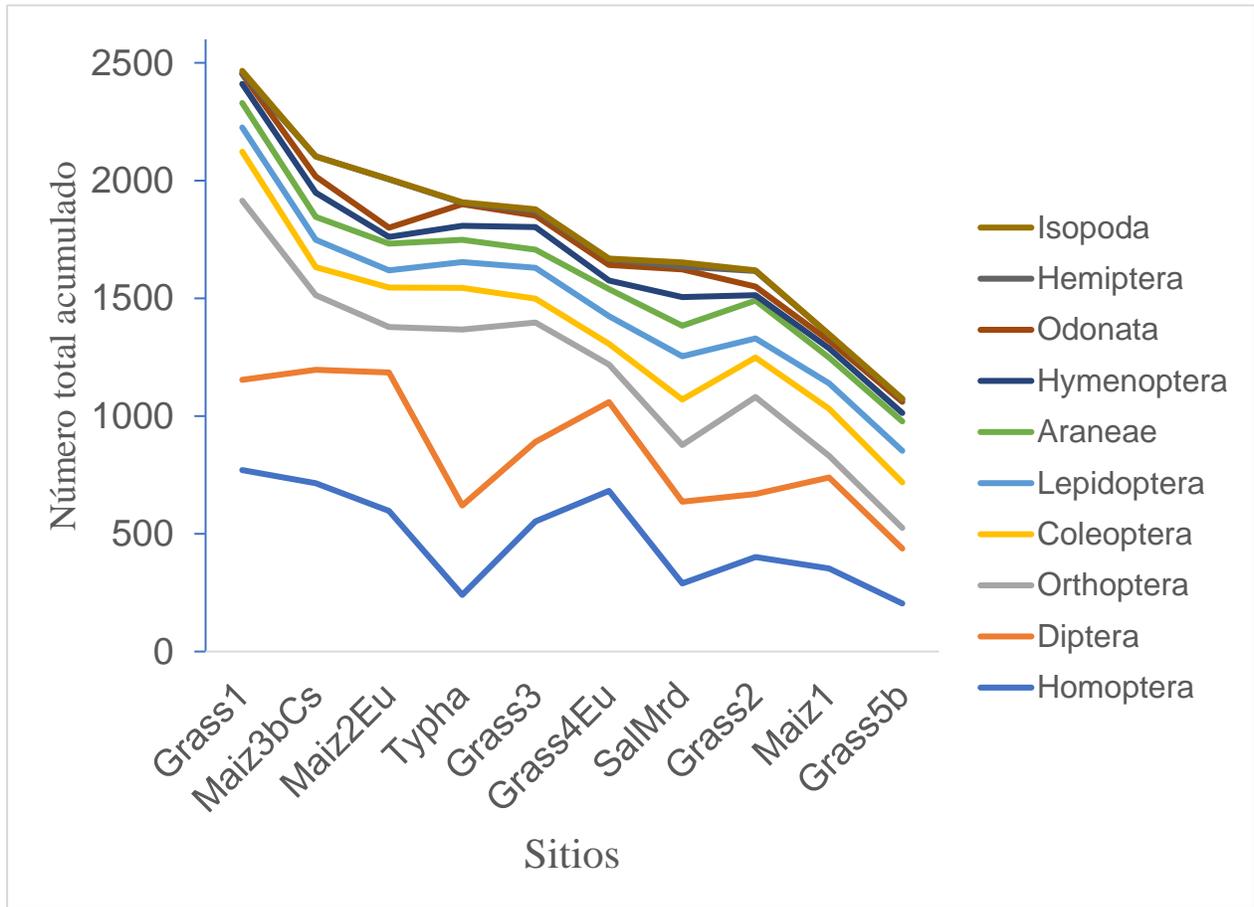


Figura 14. Número total de artrópodos, separados por órdenes, en diez transectos durante noviembre de 2014 a octubre de 2016.

Aunque los órdenes de artrópodos estuvieron presentes en todos los sitios, el transecto SalMrd fue significativamente el más diverso (Figura 15).

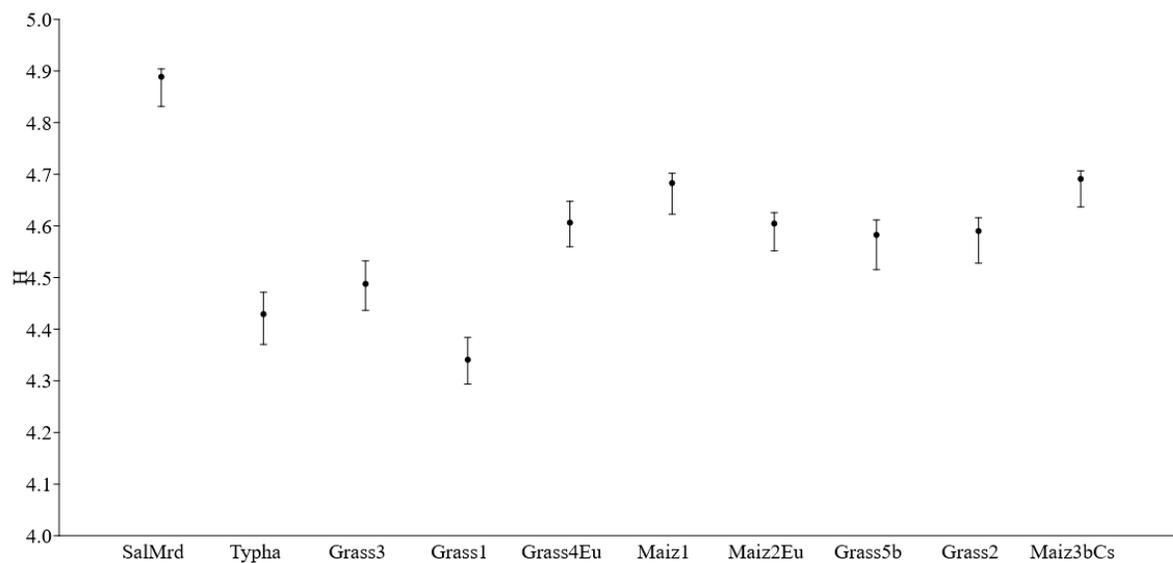


Figura 15. Índices de diversidad de Shannon de los artrópodos (con intervalos de confianza obtenidos por permutaciones), en diez sitios de noviembre 2014 a octubre 2016.

Para el análisis de los artrópodos con respecto a su abundancia mensual se encontró que en general los artrópodos fueron más abundantes a partir de mayo hasta noviembre para los dos años (Figura 16 a 18), que coincidió con la época de lluvias para el área de estudio. Por ejemplo, artrópodos como los ortópteros presentaron los mayores picos de abundancias, al inicio de la época de lluvias, mientras que otro pico de mayores abundancias fue al final de las lluvias, como en el caso de los homópteros (Figura 16). En general, la mayor disponibilidad de artrópodos fue en 2015.

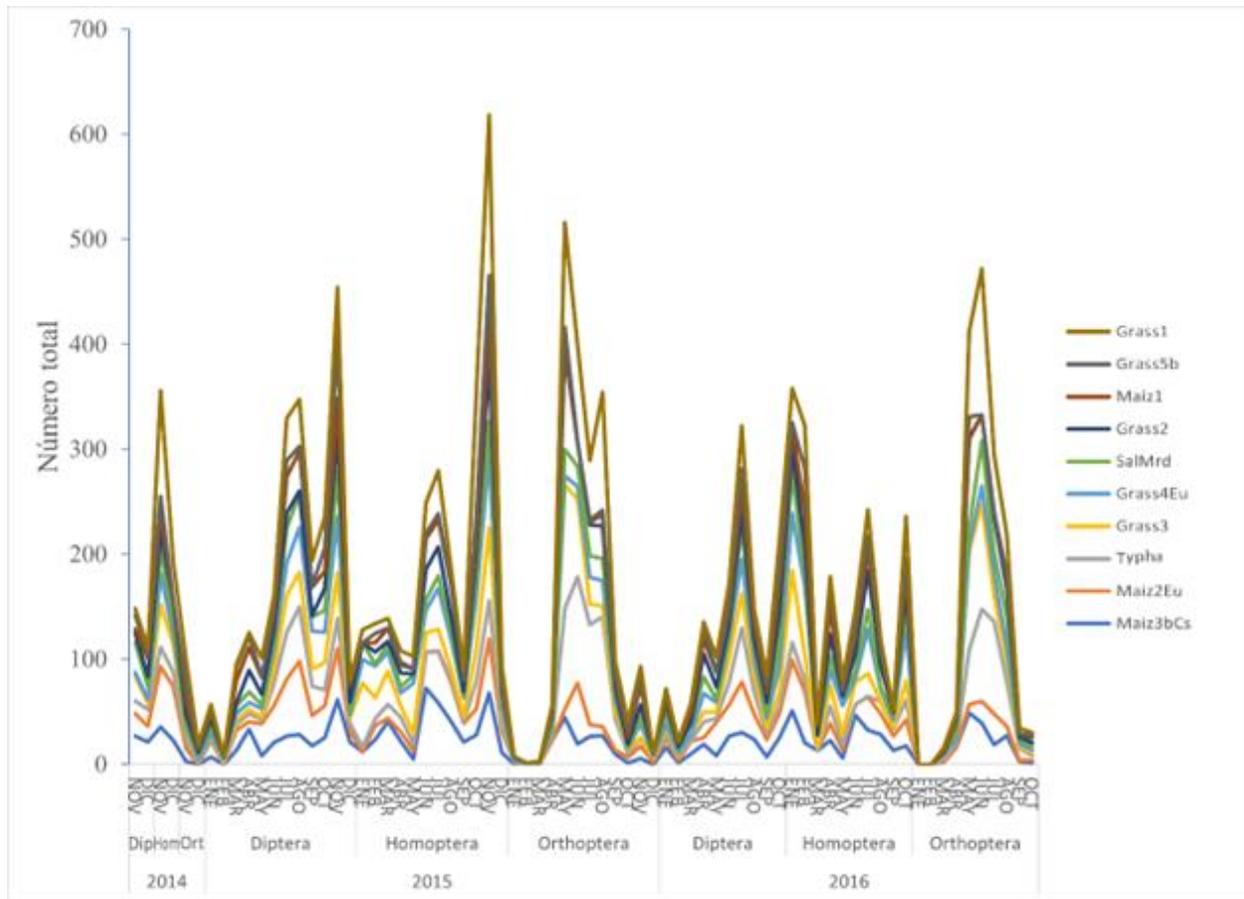


Figura 16. Número total de Diptera, Homoptera y Orthoptera, que mensualmente se muestrearon en diez transectos de noviembre 2014 a octubre de 2016.

Para el caso de los coleópteros, presentaron picos de abundancias durante los meses de julio y agosto del 2015, mientras que en 2016 fue en el mes de julio. En el caso de los lepidópteros mostraron un pico de abundancia para el mes de noviembre de 2015 y julio de 2016. En cuanto a las arañas (Araneae) el mayor pico de abundancia sucedió durante los meses de julio y agosto, con pequeñas fluctuaciones en las abundancias a lo largo del periodo de muestreo (Figura 17).

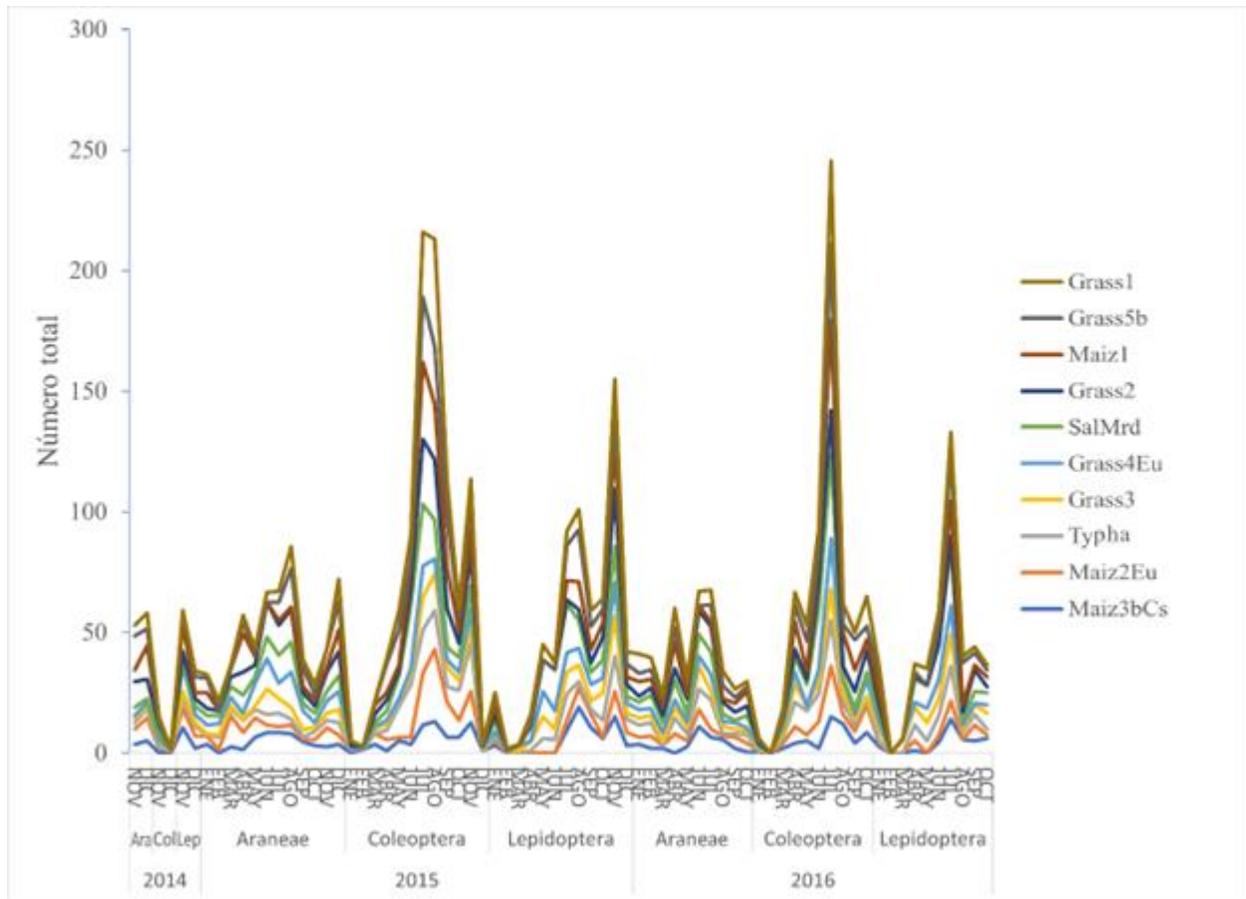


Figura 17. Número total de Araneae, Coleoptera y Lepidoptera, que mensualmente se muestrearon en diez transectos de noviembre 2014 a octubre de 2016.

Para los himenópteros y odonatos el patrón de las mayores abundancias mensuales ocurrió a partir del mes de abril, con un pico en el mes de julio de ambos años para himenópteros, y para odonatos en noviembre (Figura 18). Los hemípteros presentaron un pico de abundancia en ambos años, en los meses de mayo a julio. En cuanto a los isópodos la abundancia fue baja en todos los meses del muestreo (Figura 18).

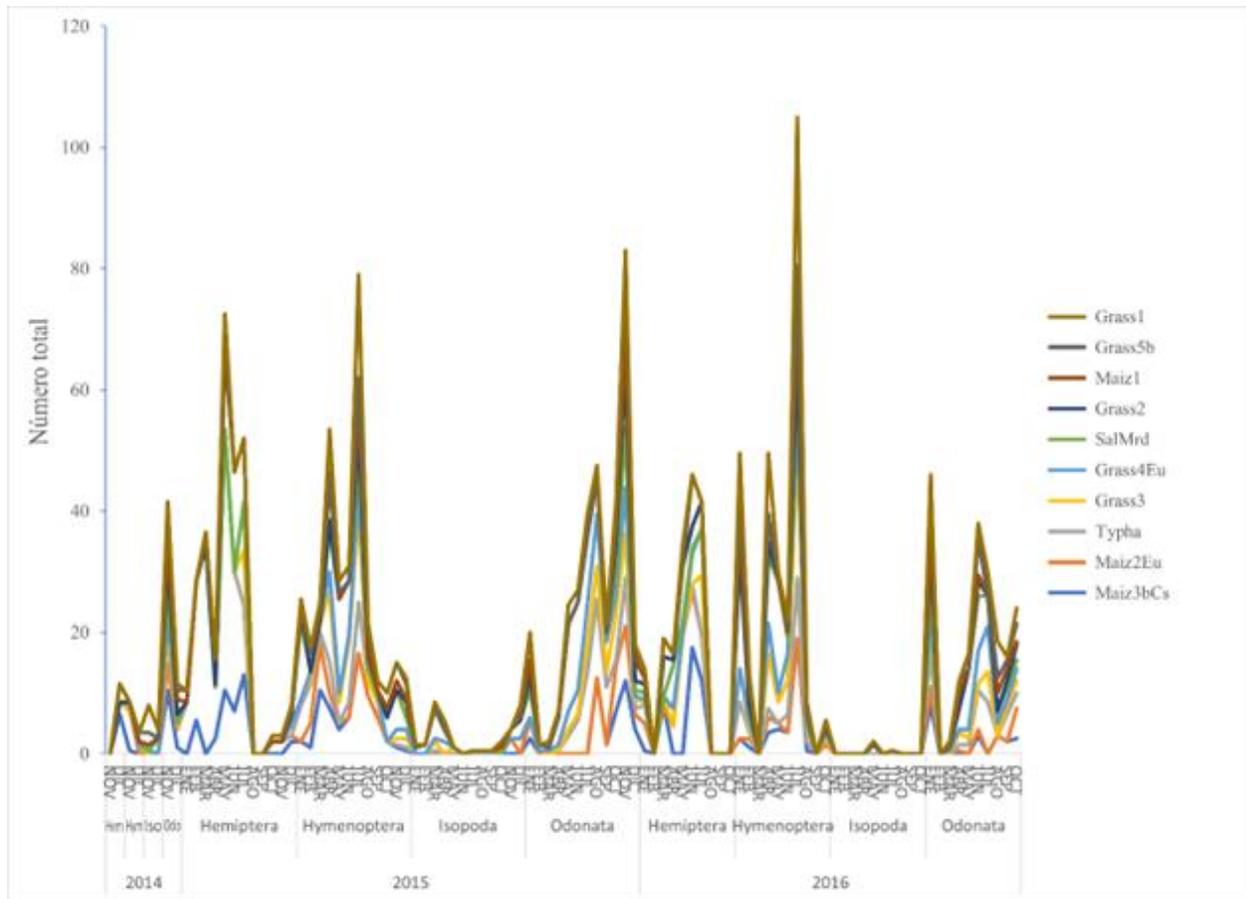


Figura 18. Número total de Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda y Odonata que mensualmente se muestrearon en diez transectos de noviembre 2014 a octubre de 2016.

Para el análisis de la abundancia de artrópodos por año, se encontró que el sitio Grass1 concentró la mayor disponibilidad de los tres órdenes más abundantes (dípteros, homópteros y ortópteros). En particular los ortópteros fueron más abundantes en el transecto Typha, y los homópteros en Maiz3bCs y Grass4Eu (Figura 19). Para el caso de Araneae, Coleoptera y Lepidoptera, mantuvieron un número promedio constante en todos los sitios, con una mayor abundancia de Coleoptera (Figura 20). Odonata, Hemiptera e Hymenoptera (Figura 21) tuvieron un pico importante, en ambos años, en los sitios Maiz3bCs y SalMrd; mientras que Hemiptera también tuvo un pico importante de abundancia en el sitio Maiz2Eu. Isopoda fue escaso en todos los sitios (Figura 21).

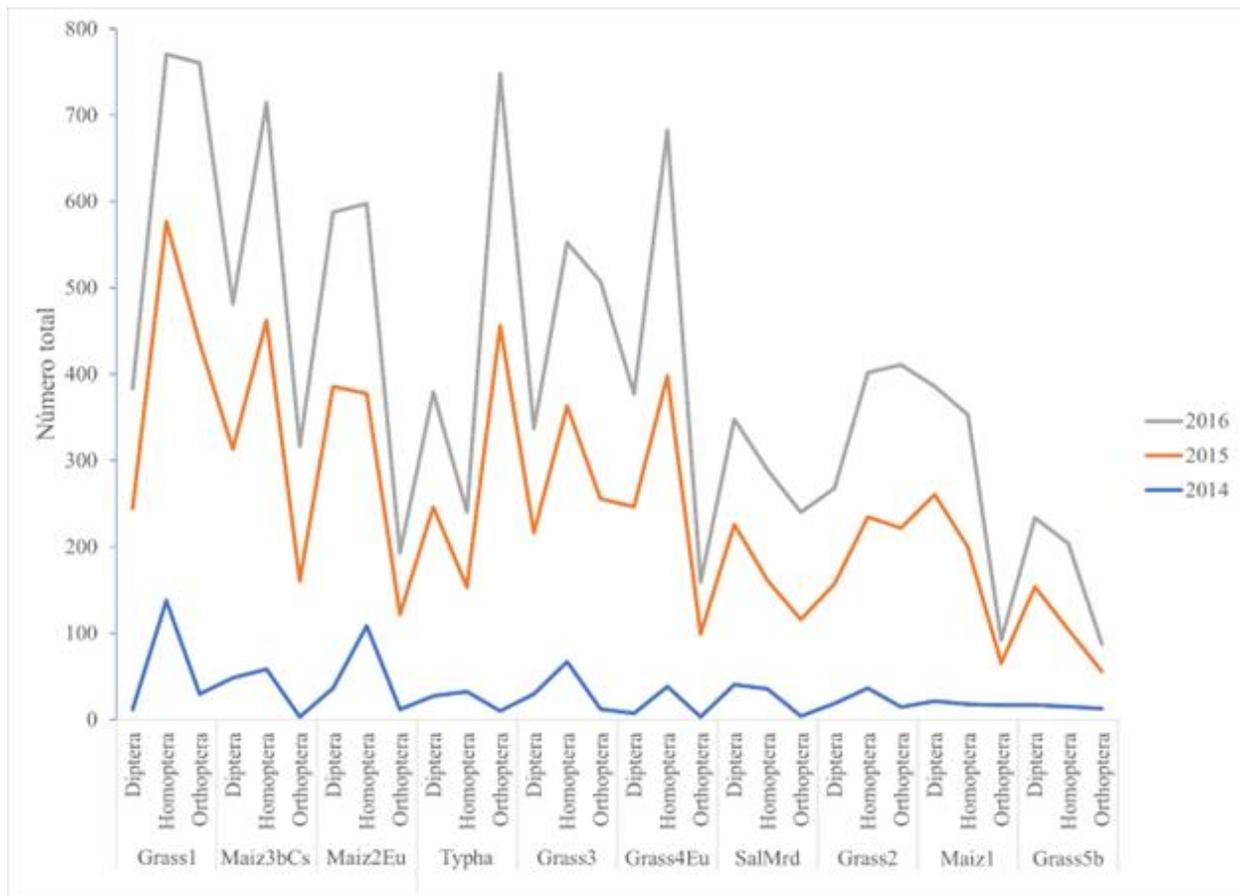


Figura 19. Número total de Diptera, Homoptera y Orthoptera por año para los 10 transectos ubicados en Parque Ecológico Xochimilco y Ejidos de San Gregorio Atlapulco.

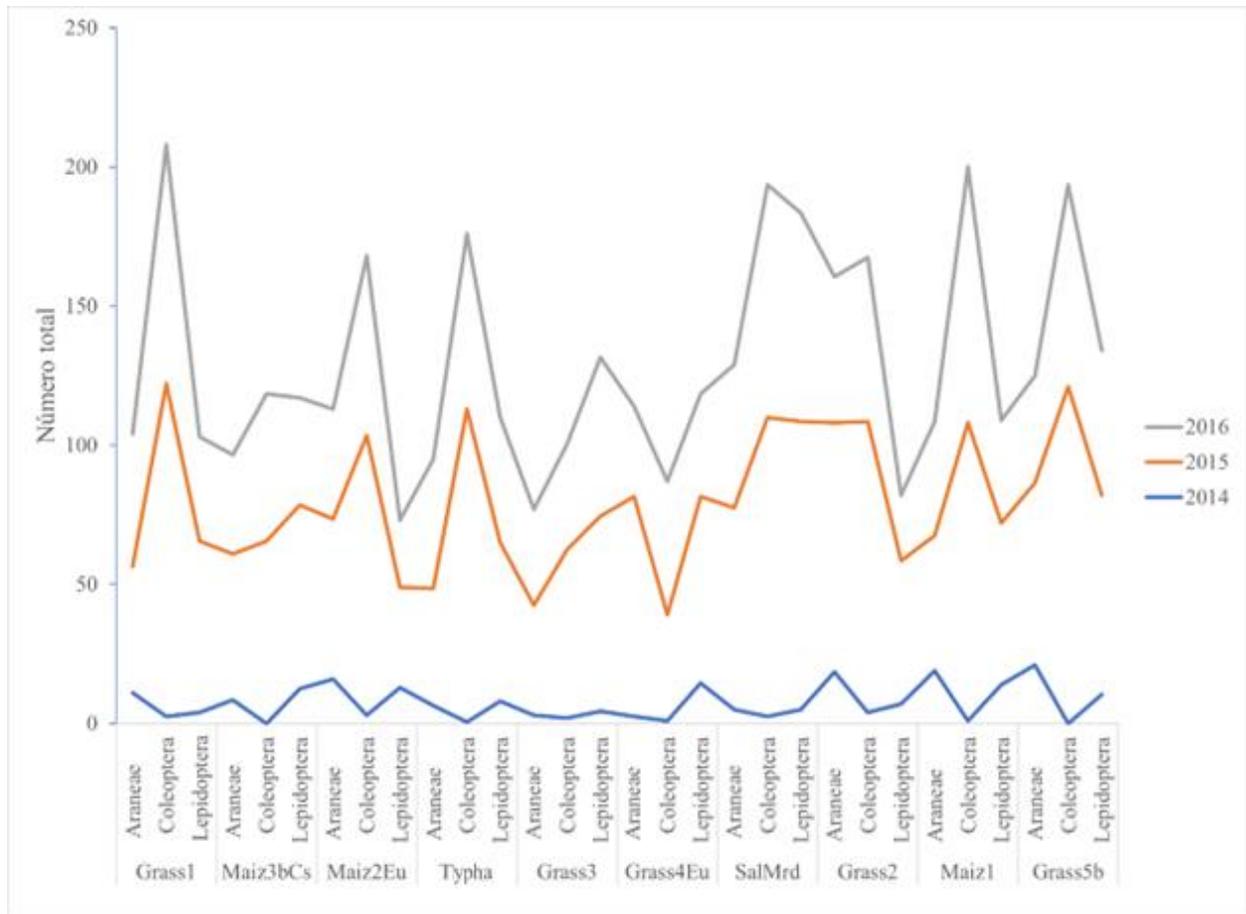


Figura 20. Número total Araneae, Coleoptera y Lepidoptera por año para los 10 transectos ubicados en Parque Ecológico Xochimilco y Ejidos de San Gregorio Atlapulco.

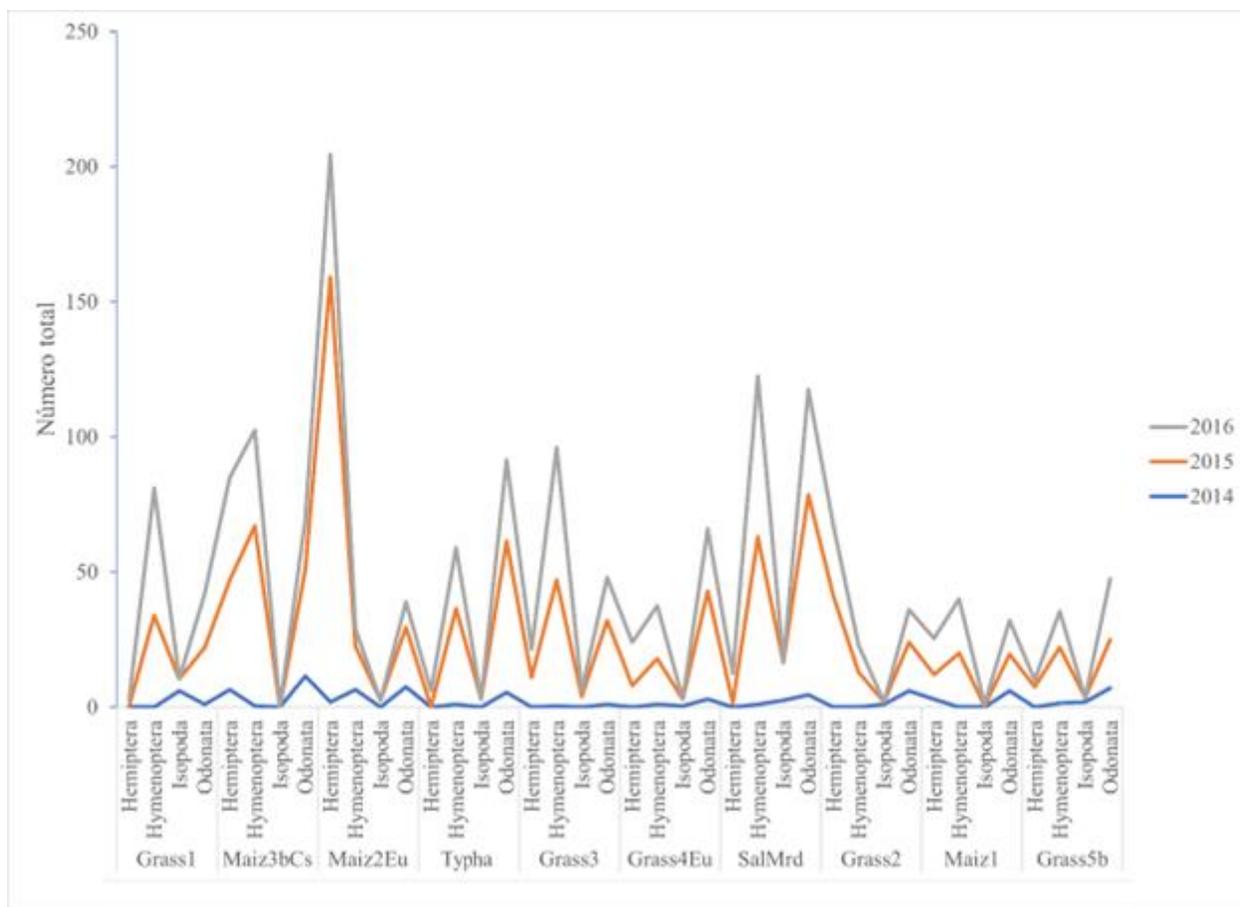


Figura 21. Número total Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda y Odonata por año para los 10 transectos ubicados en Parque Ecológico Xochimilco y Ejidos de San Gregorio Atlapulco.

### 5.3 Abundancia de frutos

En este estudio se comparó al número de plantas de muérdago por especie de árbol parasitado en cinco de los diez sitios, excluyéndose aquellos situados en Ejidos de San Gregorio. Se encontró la presencia de muérdago en 587 árboles, de los cuales, el 89.27% estuvo asociado a ahuejote (*Salix bonplandiana*) y el 9.71% al fresno (*Fraxinus sp.*), por lo que ambas especies concentraron el 99% de los árboles infectados con muérdago; y el 1% restante estuvo representado por Álamo plateado (*Populus alba*), trueno (*Ligustrum sp.*) y durazno (*Prunus persica*). Por otra parte, el número promedio de plantas de muérdago por árbol infectado fue de 2.51 ( $\pm$  E.E. = 0.07) para ahuejote y 3.23 ( $\pm$  E.E. = 0.31) para fresno. Los sitios con mayor proporción de especies arbóreas parasitadas con muérdago fueron los transectos Grass4Eu, SalMrd y Grass3, en ese orden de importancia. No se encontraron diferencias significativas en el número de plantas de muérdago por árbol parasitado de los cinco sitios (ANOVA,  $F = 0.5767$ ,  $P = 0.679$ ); sin embargo, sí hubo

diferencias significativas en la comparación del número de plantas de muérdago en árboles de Ahuejote y Fresno (se omitió a las otras tres especies por su escaso número) (ANOVA,  $F = 9.403$ ,  $P = 0.002$ ), en donde, en promedio, Fresno tuvo mayor número de plantas por árbol, que Ahuejote.

#### 5.4 Comportamientos registrados

De noviembre de 2014 a octubre de 2016, se realizaron 1424 observaciones de la conducta del mosquero cardenal y 3940 del tirano gritón en los diez sitios de muestreo.

##### 5.4.1 Mosquero cardenal

De las tres estrategias que usa para forrajear, esta especie captura sus presas casi exclusivamente mediante la técnica de revoloteo y como tácticas complementarias la caza aérea y la pizca (Figura 22). En la comparación de la época reproductiva y no reproductiva no hubo diferencias en las pautas de revoloteo y pizca; sin embargo, se observó un mayor número de pautas de caza aérea en promedio en la época no reproductiva (Kruskall-Wallis:  $\text{Chi}^2 = 9.486$ ,  $P < 0.005$ ) en los transectos identificados por la presencia de *Salix bonplandiana* plagado de muérdago, y de *Typha latifolia* (Figura 23).

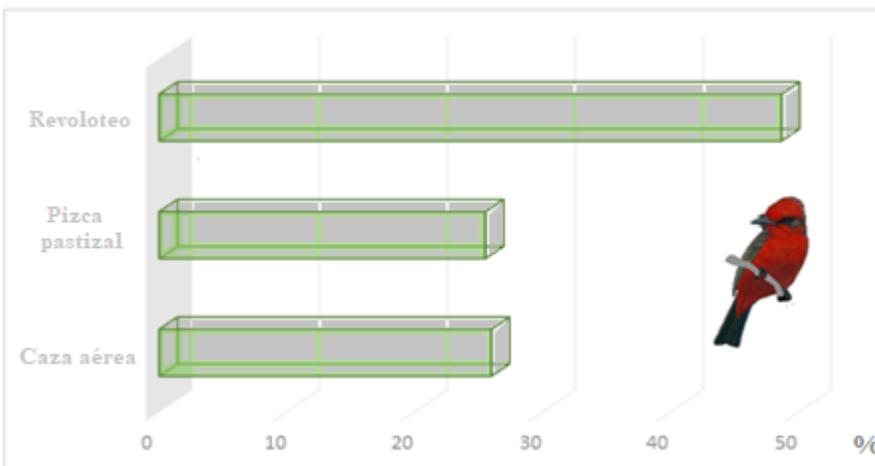


Figura 22. Porcentaje de utilización de tácticas de forrajeo del mosquero cardenal en los dos años de observaciones.

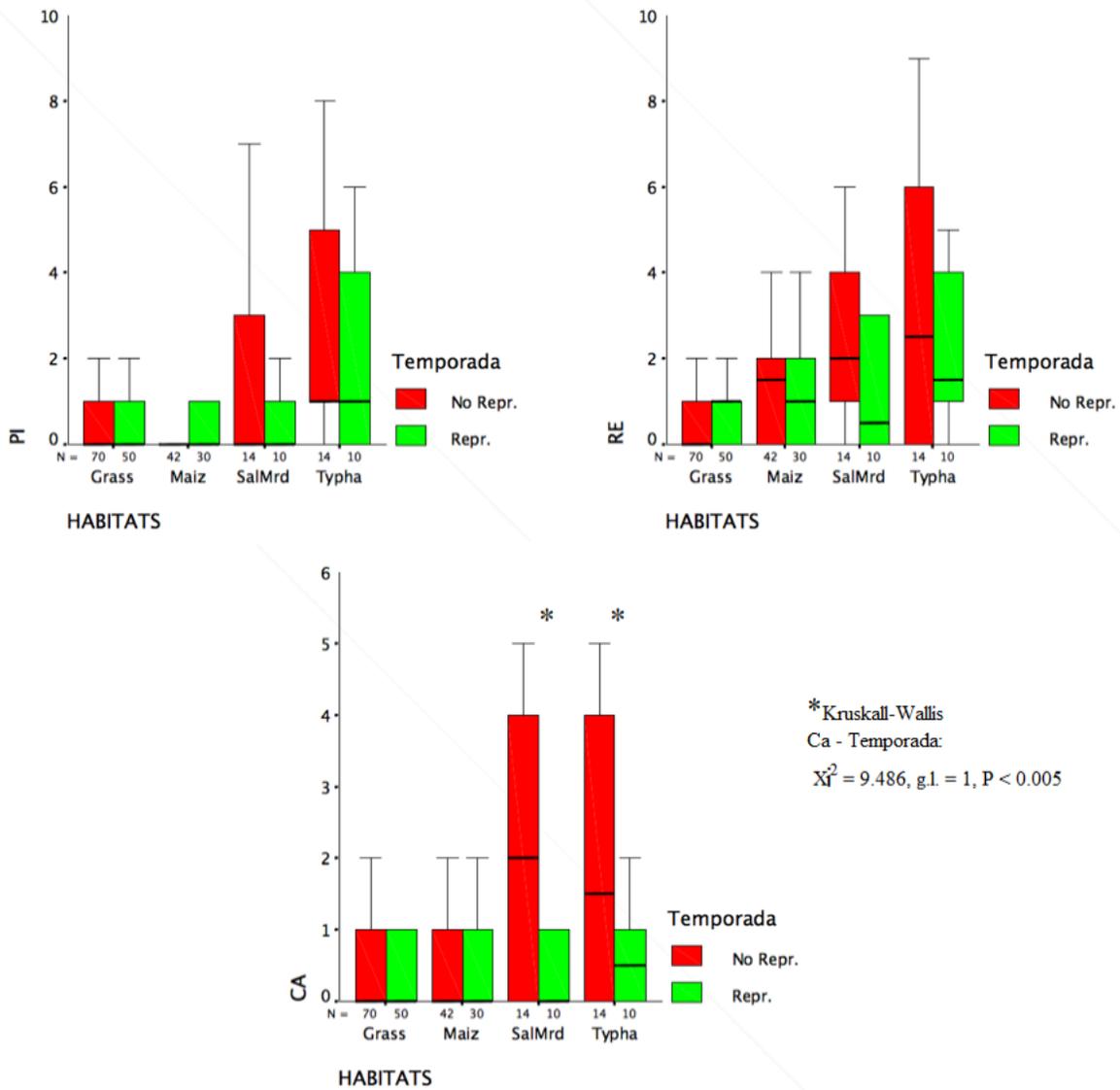


Figura 23. Frecuencia de los comportamientos de forrajeo (Promedio de pautas de pizca, revoloteo y caza aérea) del mosquero cardinal en los diferentes hábitats durante las épocas reproductiva y no reproductiva. Grass (pastizales), Maiz (Maizales), SalMrd (sauces plagados) y Typha (vegetación acuática). El asterisco indica las diferencias significativas de la frecuencia de pautas en los sitios (hábitats) entre la época reproductiva y no reproductiva.

Las agresiones interespecíficas del mosquero cardinal comenzaron a partir del mes de junio de 2015 y la frecuencia más alta fue entre octubre y noviembre del mismo año. Las agresiones intraespecíficas ocurrieron con mayor frecuencia en diciembre de 2014. El cortejo realizado mediante una danza comenzó en febrero de 2015 y en 2016 en el mes de marzo. La nidificación sucedió entre marzo y agosto de 2015, mientras que para 2016 fue de enero a julio (Figura 24a).

El mosquero cardenal utilizó la caza aérea de marzo de 2015 a marzo de 2016, con una mayor frecuencia en el mes de septiembre. La pizca en pastizal fue más frecuente en noviembre de 2014 y en abril de 2015, con una disminución paulatina en los siguientes meses. El revoloteo fue empleado con mayor frecuencia en febrero de 2015 y con menor frecuencia en el resto de los meses (Figura 24b).

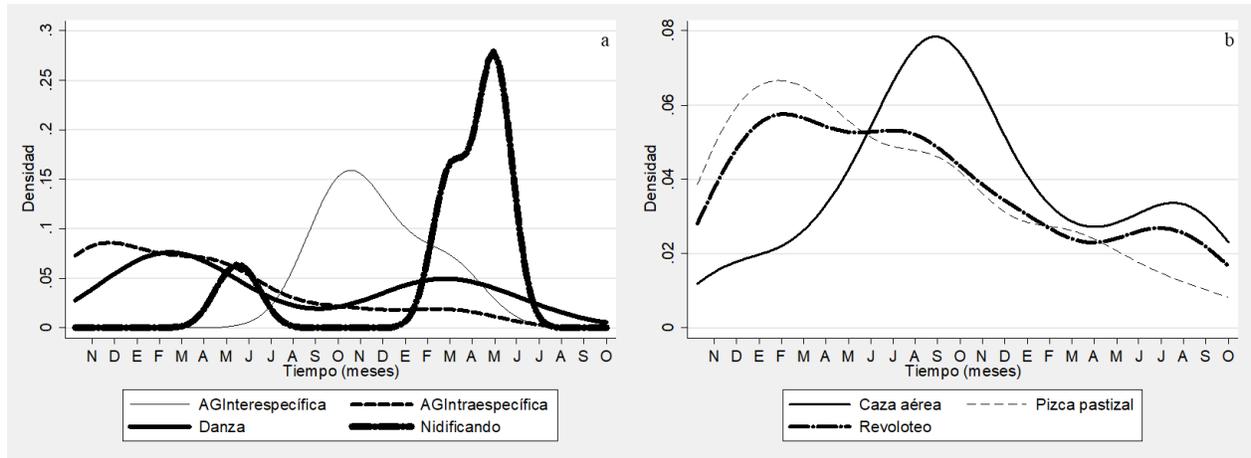


Figura 24. Frecuencia de las pautas observadas de forrajeo correspondientes al mosquero cardenal, a lo largo de noviembre 2014 a octubre de 2016. (a) Pautas de agresión interespecífica, agresión intraespecífica, danza y nidificación; y (b) Pautas de caza aérea, pizca en pastizal y revoloteo.

#### 5.4.2 Tirano gritón

El tirano gritón utilizó mayormente el revoloteo, seguido de la pizca arbórea, caza aérea y en menor porcentaje la pizca en pastizal (Figura 25).

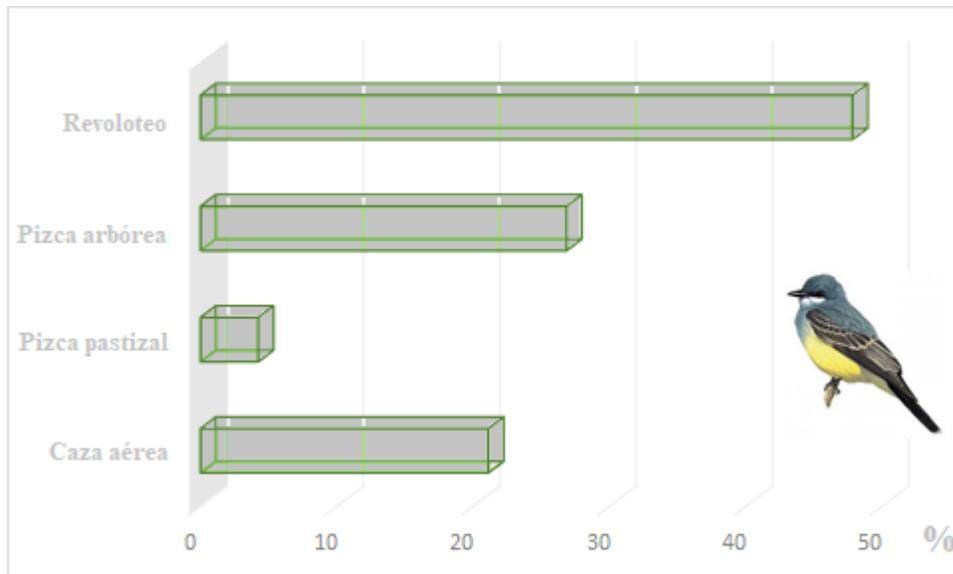


Figura 25. Porcentaje de utilización de tácticas de forrajeo del tirano gritón en los dos años de observaciones.

Para el caso del tirano gritón, durante la temporada no reproductiva y reproductiva, mostró una frecuencia de pautas distinta entre las temporadas; por ejemplo, para el caso de la pizca en pastizal (Pp) fue observado en el sitio denominado SalMrd, durante la época reproductiva, y en el sitio Typha en la época no reproductiva. En los pastizales y maizales se encontró que emplearon principalmente la pauta de pizca (en pastizal) (Figura 22).

Para el caso de la pizca arbórea (Pa), solamente se observó en pastizales (Grass) principalmente en la época no reproductiva y en SalMrd en la época reproductiva; sin embargo, esta pauta del tirano gritón fue la única que mostró diferencias significativas entre las dos temporadas (Kruskall-Wallis:  $\text{Chi}^2 = 11.206$ ,  $P < 0.005$ ). En cuanto al revoloteo, el tipo de vegetación en donde se observó un mayor número promedio significativo de pautas fue el SalMrd. Para el caso de caza aérea realizaron un mayor número significativo de pautas en promedio en pastizales (Grass), durante la época reproductiva (Figura 26).

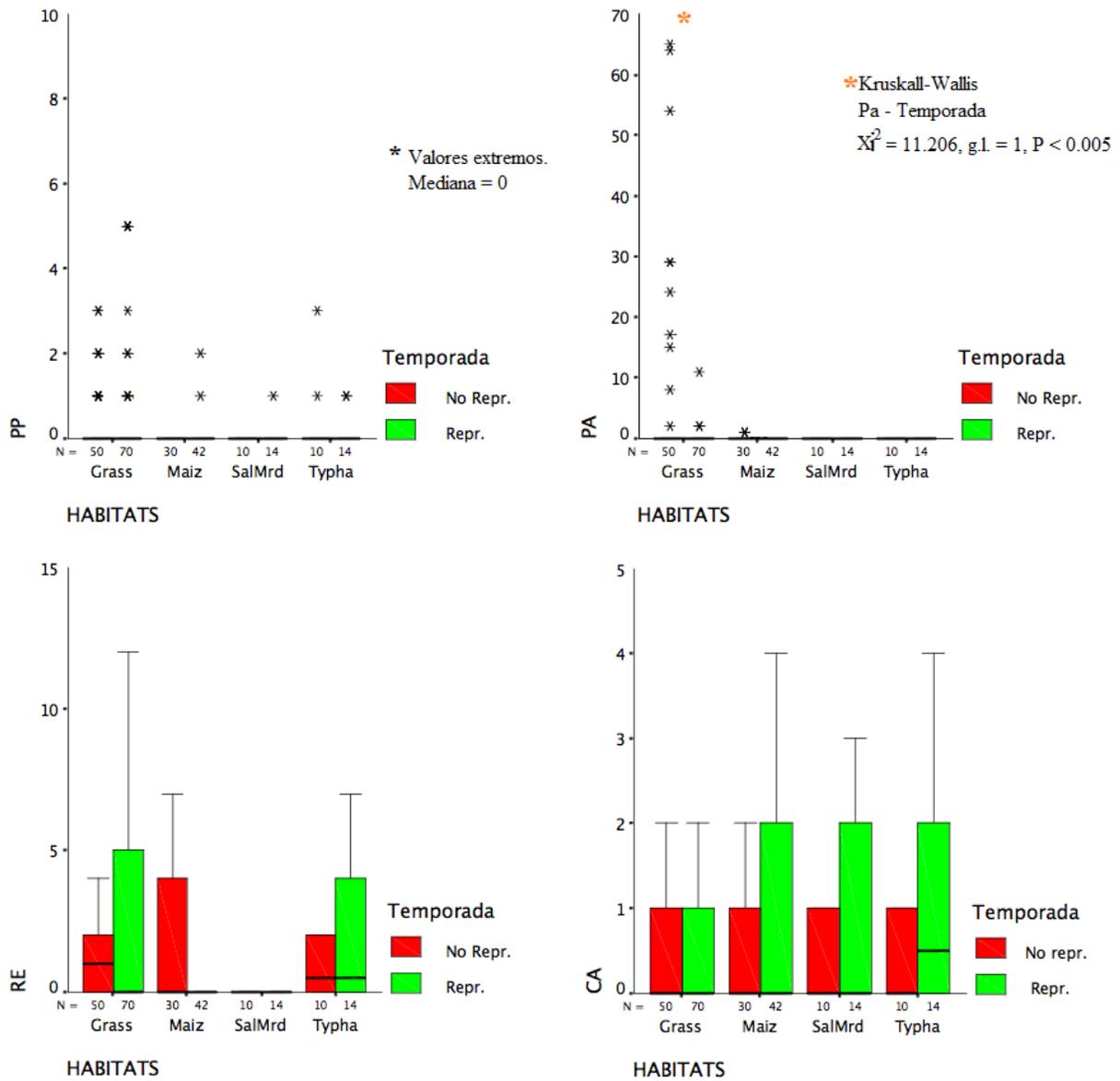


Figura 26. Frecuencia de los comportamientos de forrajeo registrada de noviembre 2014 a octubre de 2016 (Pizca en pastizal, Pizca arbórea, Revoloteo y Caza aérea) en los diferentes hábitats y separados la época reproductiva y no reproductiva. Grass (Pastizales), Maiz (Maizales), SalMrd (sauces plagados) y Typha (vegetación acuática). Los asteriscos representan diferencias significativas entre las pautas registradas en los hábitats y entre las épocas reproductiva y no reproductiva.

Las pautas de agresiones interespecíficas ocurrieron con mayor intensidad en noviembre de 2014 y 2015. Las agresiones intraespecíficas tuvieron incrementos en mayo de 2015 y 2016, con mayor frecuencia en el primer año. El cortejo sucedió entre febrero y octubre de 2015 y 2016. Por su parte, la nidificación sucedió

entre junio y abril de 2015 y 2016, respectivamente, con una mayor frecuencia en mitad de noviembre del primer año (Figura 27a).

El tirano gritón utilizó cuatro estrategias de forrajeo a través del estudio. Utilizó principalmente la caza aérea, la cual fue menos frecuente de noviembre a febrero del primero año y de abril a octubre del segundo. La pizca arbórea fue una de las estrategias más utilizadas entre noviembre y junio de ambos años de muestreo con la mayor frecuencia en el mes de febrero. La pizca en pastizal fue una estrategia registrada durante todo el muestreo, pero en una frecuencia menor. El revoloteo se registró a lo largo del tiempo, con un marcado incremento a mediados de julio de 2014 (Figura 27b).

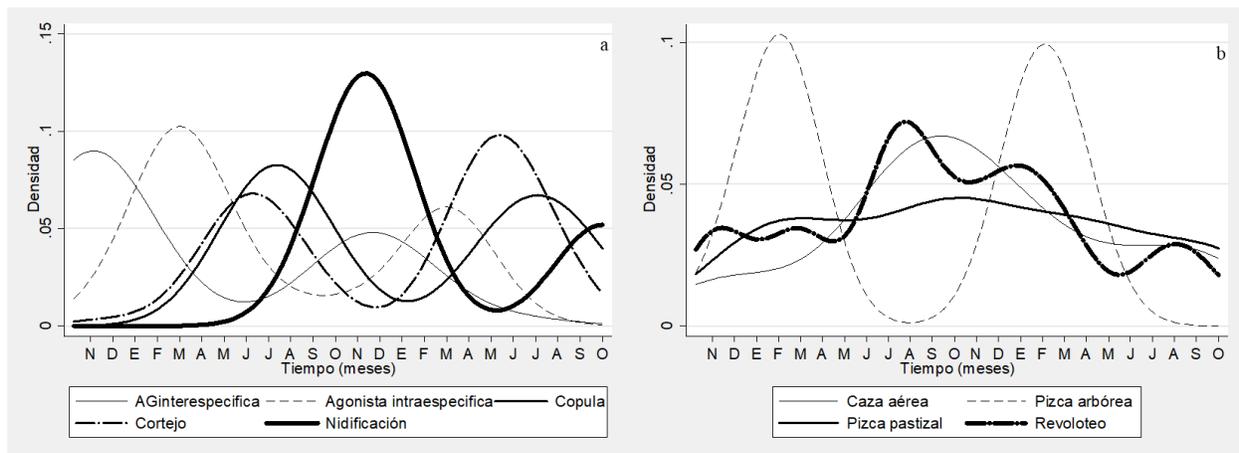


Figura 27. Frecuencias temporales de las pautas conductuales asociadas al cortejo y reproducción (a) y al forrajeo (b) del tirano gritón.

Comparando la frecuencia de estrategias de forrajeo de los mosqueros, encontramos que el mosquero cardinal utiliza con mayor frecuencia la caza aérea en la temporada no reproductiva y lo hace de manera indistinta entre los diferentes hábitats. Por el contrario, el tirano gritón utiliza esta estrategia, en mayor medida, en la temporada reproductiva, principalmente en pastizales y maizales con presencia de árboles que les otorgan perchas desde las cuales realizar el despliegue.

En cuanto al revoloteo, el mosquero cardinal la utiliza todo el tiempo, con mayor frecuencia en pastizales con perchas; aunque el tirano gritón utiliza en mayor medida esta estrategia de caza.

La pizca en pastizal es más usada por el mosquero cardinal tanto en temporada reproductiva como no reproductiva, en sitios con pastizales y con vegetación acuática circundante. El tirano gritón solo la emplea de manera ocasional en los pastizales.

El mosquero cardenal no utiliza la pizca arbórea, mientras que el tirano gritón la emplea en temporada no reproductiva en sitios con pastizales y sauces y en temporada reproductiva en sitios con sauces plagados de muérdago (Figura 26 y 27b).

Los modelos lineales mixtos (LMM) demostraron diferencias significativas en la frecuencia de las pautas de pizca, revoloteo y caza aérea entre los tipos de vegetación estudiados (Tabla 2). Para el caso específico de la caza aérea de mosquero cardenal, solamente la variable temporada estuvo correlacionada positiva y significativamente en el modelo lineal mixto: en la temporada no reproductiva, la caza aérea fue significativamente más frecuente en los sitios con maizales, vegetación acuática y pastizales (Tabla 2). Se encontraron relaciones significativas en la frecuencia de danza y nidificación, entre tipos de vegetación y la temporada y con las interacciones de temporada x época (para la pauta danza) y para el caso de la pauta de nidificación, con las interacciones de vegetación x época, vegetación x temporada y vegetación x época x temporada (Tabla 2). Algunas pautas como el cortejo, la cópula y los antagonismos intra e interespecíficos no se incluyeron debido a que no se pudieron realizar suficientes observaciones para analizar los efectos fijos.

Tabla 2. Pruebas de efectos fijos de los modelos mixtos lineales (LMM), que analizan el efecto de la temporada (reproductiva y no reproductiva), el tipo de vegetación (transectos asociados a un tipo de vegetación), la época (secas y lluvias) y las interacciones sobre las pautas de comportamiento del mosquero cardenal y el tirano gritón. Mosquero cardenal: (a) caza aérea, (b) pizca, (c) revoloteo, (d) construcción del nido, (e) danza y (f) nidificación. Tirano gritón: (a) caza aérea, (b) pizca en pastizal, (c) revoloteo y (d) nidificación. AIC (Criterio de información de Akaike).

### Mosquero cardenal

Prueba de efectos fijos, Tipo III

Pautas	Numerador gl	Denominador gl	F	Sig.	AiC
<b>(a) Caza aérea (Ca)</b>					639.9
Intercepto	1	18	61.478	<b>0.000</b>	
Vegetación	9	180	4.487	<b>0.000</b>	
Época	1	18	3.672	0.072	
Temporada	1	18	8.335	<b>0.010</b>	

Veg. * Época	9	180	0.935	0.496	
Veg. * Temp.	9	180	1.765	0.078	
Época * Temp.	1	18	1.092	0.310	
Veg. * Época * Temp.	9	180	0.61	0.788	
<b>(b) Pizca (Pi)</b>					773.26
Intercepto	1	18	30.749	<b>0.000</b>	
Vegetación	9	180	9.131	<b>0.000</b>	
Época	1	18	0.859	0.366	
Temporada	1	18	0.264	0.613	
Veg. * Época	9	180	0.555	0.832	
Veg. * Temporada	9	180	0.977	0.461	
Época * Temporada	1	18	0.03	0.864	
Veg * Época * Temporada	9	180	0.16	0.997	
<b>(c) Revoloteo (Re)</b>					827.8
Intercepto	1	18	78.056	<b>0.000</b>	
Vegetación	9	180	7.034	<b>0.000</b>	
Época	1	18	0.104	0.751	
Temporada	1	18	0.836	0.373	
Veg. * Época	9	180	1.405	0.189	
Veg. * Temporada	9	180	0.761	0.652	
Época * Temporada	1	18	0.024	0.878	
Veg * Época * Temporada	9	180	0.541	0.843	
<b>(d) Contrucción del nido (Cn)</b>					19.59
Intercepto	1	19	0.945	0.343	
Vegetación	9	180	0.943	0.490	
Época	1	19	0.945	0.343	
Temporada	1	19	0.945	0.343	
Veg. * Época	9	180	0.943	0.490	
Veg. * Temporada	9	180	0.943	0.490	
Época * Temporada	1	19	0.945	0.343	
Veg * Época * Temporada	9	180	0.943	0.490	
<b>(e) Danza (Dan)</b>					517.11
Intercepto	1	14	12.551	<b>0.003</b>	
Vegetación	9	179	2.633	<b>0.007</b>	

Época	1	14	2.606	0.129
Temporada	1	14	7.503	<b>0.016</b>
Veg. * Época	9	179	1.429	0.179
Veg. * Temporada	9	179	2.784	<b>0.004</b>
Época * Temporada	1	14	0.658	0.431
Veg * Época * Temporada	9	179	1.183	0.308
<b>(f) Nidificación (Nid)</b>				318.8
Intercepto	1	15	5.44	<b>0.034</b>
Vegetación	9	180	2.7	<b>0.006</b>
Época	1	15	1.603	0.225
Temporada	1	15	5.44	<b>0.034</b>
Veg. * Época	9	180	3.179	<b>0.001</b>
Veg. * Temporada	9	180	2.7	<b>0.006</b>
Época * Temporada	1	15	1.603	0.225
Veg * Época * Temporada	9	180	3.179	<b>0.001</b>

### Tirano gritón

Prueba de efectos fijos, Tipo III.

	Numerador	Denominador	F	Sig.	AiC
Pautas	gl	gl			
<b>(a) Caza aérea (Ca)</b>					1088.3
Intercepto	1	18	21.17	<b>0.000</b>	
Vegetación	9	189	0.654	0.750	
Época	1	18	1.642	0.216	
Temporada	1	18	1.377	0.256	
Veg. * Época	9	189	0.284	0.979	
Veg. * Temp.	9	189	0.447	0.908	
Época * Temp.	0	,	,	,	
Veg. * Época * Temp.	0	,	,	,	
<b>(b) Pizca en pastizal (Pp)</b>					546.4
Intercepto	1	18	12.521	<b>0.002</b>	
Vegetación	9	189	3.657	<b>0.000</b>	
Época	1	18	0.352	0.561	
Temporada	1	18	0.094	0.762	

Veg. * Época	9	189	0.652	0.751	
Veg. * Temp.	9	189	0.304	0.973	
Época * Temp.	0	,	,	,	
Veg. * Época * Temp.	0	,	,	,	
<b>(c) Revoloteo (Re)</b>					1485.6
Intercepto	1	18	16.013	<b>0.001</b>	
Vegetación	9	189	1.418	0.183	
Época	1	18	0.716	0.408	
Temporada	1	18	1.466	0.241	
Veg. * Época	9	189	0.063	1.000	
Veg. * Temp.	9	189	0.432	0.917	
Época * Temp.	0	,	,	,	
Veg. * Época * Temp.	0	,	,	,	
<b>(d) Nidificación (Nid)</b>					599.67
Intercepto	1	18	2.422	0.136	
Vegetación	9	189	2.351	<b>0.015</b>	
Época	1	18	0.111	0.743	
Temporada	1	18	0.62	0.441	
Veg. * Época	9	189	0.107	0.999	
Veg. * Temp.	9	189	0.605	0.792	
Época * Temp.	0	,	,	,	
Veg. * Época * Temp.	0	,	,	,	

## 5.5 Análisis multivariados

### Ordenación canónica (RDA)

#### 5.5.1 Mosquero cardenal

Para determinar el efecto de las variables asociadas con la vegetación, la disponibilidad de presas potenciales (órdenes de artrópodos); los factores época (secas y lluvias), así como de temporada (reproductiva o no reproductiva) en las pautas conductuales asociadas con el forrajeo y la reproducción del mosquero cardenal,

se realizó una ordenación canónica por el método de análisis de redundancia canónica (RDA). En este análisis se encontró que estas variables lograron explicar el 31.6% de la variación total de la ordenación, donde el primer eje de la ordenación explicó significativamente el 27.4% de esta variación (prueba de Monte Carlo con 999 permutaciones, pseudo-F = 82.3,  $P < 0.005$ ). La única variable ambiental con la que se correlacionó significativamente en el primer eje fue la vegetación de Typha con un coeficiente de 0.4616 (valor crítico de  $r_{20\text{ gl, } \alpha = 0.05}$  de Pearson = 0.423) (Figura 28).

En el análisis de partición de la variación se encontró que la fracción asociada a las variables tipo de vegetación (transecto), época (secas-lluvias) y temporada (reproductiva y no reproductiva) logró explicar el 25.8% ( $F = 7.5, P < 0.005$ ), la fracción asociada a los artrópodos representó el 2.8% ( $F = 0.9, P = 0.544$ ) y la interacción entre estas fracciones explicó el 2.9% ( $F = 4.8, P < 0.005$ ).

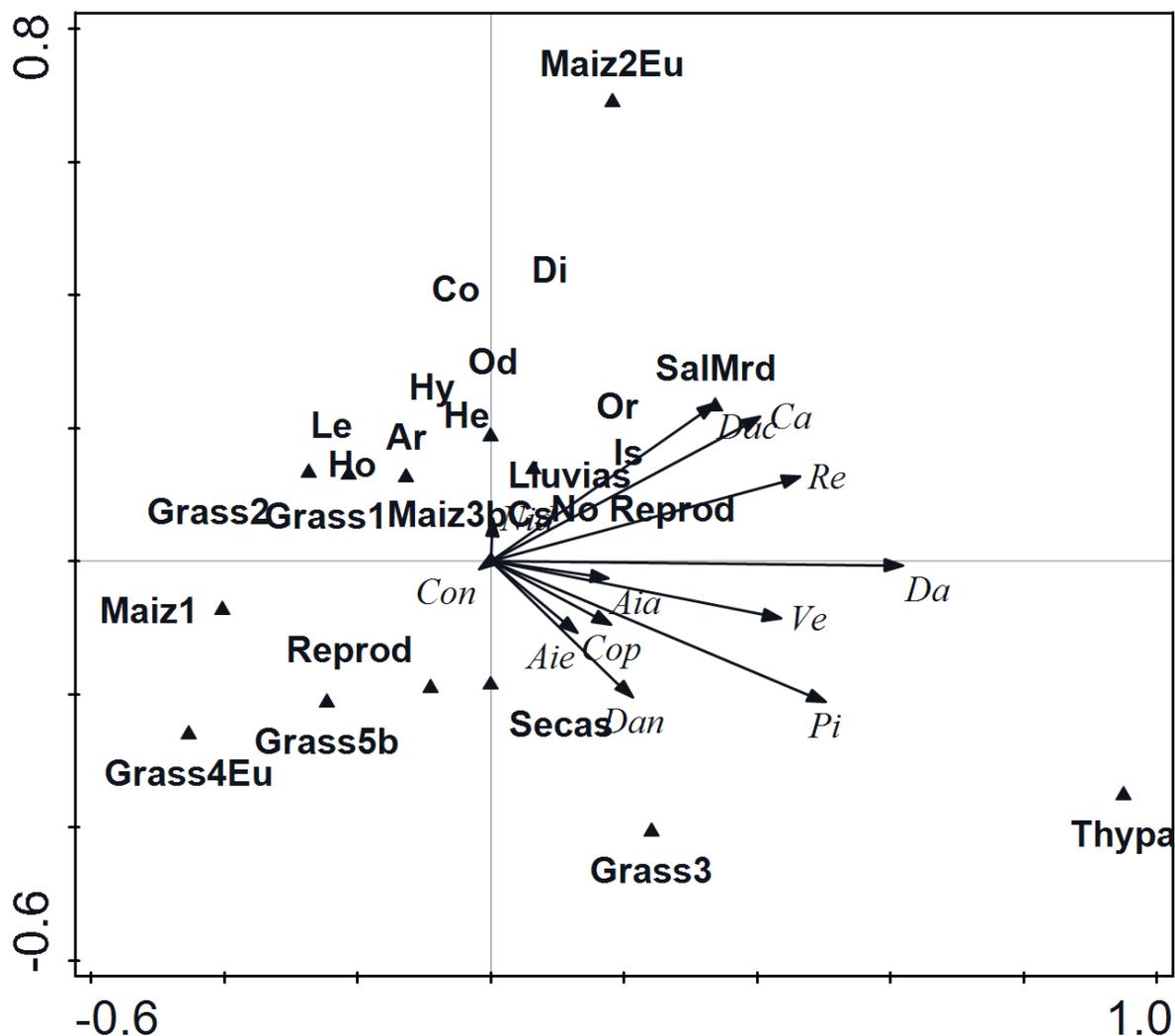


Figura 28. Ordenación obtenida con el análisis de redundancia canónica de la relación entre pautas del mosquero cardenal, alimento disponible (órdenes de artrópodos), la vegetación (transectos), la época (secas-lluvias) y la temporada (reproductiva/no reproductiva). Aia = Agresiones intraespecíficas, Aie = agresiones interespecíficas, Ca = caza aérea, Cop = cópula, Da = descanso alerta, Dac = descanso acicalándose, Dan = danza, Nid = nidificación, Pi = pizca, Re = revoloteo, Ve = vuelo exploratorio; Od = odonatos, Or = ortópteros, Is = isópodos, Ho = homópteros, Hy = himenópteros, He = hemípteros, Di = dípteros, Le = lepidópteros, Co = coleópteros, Ar = Araneae; No Reprod = Temporada no reproductiva, Reprod = Temporada reproductiva; Lluvias = época de Lluvias, Secas = época de Secas. Vegetación = 10 transectos asociados a pastizales (Grass), cultivos de maíz (Maiz), Ahuejotes con muérdago (SalMrd) y a vegetación acuática (Typha).

### 5.5.2 Tirano gritón

Para el caso del tirano gritón se utilizó la ordenación por el método de correspondencia canónico (CCA), debido a que los datos respuesta tuvieron un gradiente de 5.0 unidades de desviación estándar de largo, por lo que el método lineal de RDA no es el apropiado (Ter Braak & Smilauer 2012). Las variables analizadas lograron explicar el 26.8% del total de la variación. El primer eje de la ordenación explicó el 8.05% de esta variación (Prueba de Monte Carlo con 999 permutaciones para el primer eje, pseudo-F = 14.8,  $P < 0.005$ ). La variable explicatoria que se correlacionó de manera significativa en el primer eje fue la época de lluvias y secas con una correlación de 0.4859 (valor crítico de  $r_{20\text{ gl}, \alpha = 0.05}$  de Pearson = 0.423). El segundo eje de la ordenación logró explicar una variación acumulada del 14.45%, en el cual, la variable asociada a la vegetación Grass (Transecto Grass4Eu) tuvo una correlación significativa de 0.529 y con la temporada (reproductiva-no reproductiva) que tuvo una correlación marginal (correlación de 0.4165). El tercer eje explicó una variación acumulada del 19.26% y la única variable que logró una correlación, aunque el valor de significancia (P-value) fue marginal, resultó ser la temporada (reproductiva y no reproductiva) (Prueba de Monte Carlo con 999 permutaciones para todos los ejes, pseudo-F = 2.9,  $P < 0.005$ ) (Figura 29).

En el análisis de partición de variación se encontró que el grupo de variables de vegetación (sitio), época (lluvia-secas) y temporada (reproductiva-no reproductiva) lograron explicar significativamente el 15.9% del total de la variación explicada ( $F = 3.3$ ,  $P < 0.005$ ), lo que representa el 59.5% de la variación explicada. Un segundo grupo de variables que representaron al alimento disponible (10 órdenes de artrópodos), explicó el 6.2% de la variación total ( $F = 1.4$ ,  $P < 0.05$ ). La interacción de estos dos grupos de variables explicó el 4.7% del total ( $F = 2.9$ ,  $P < 0.005$ ).

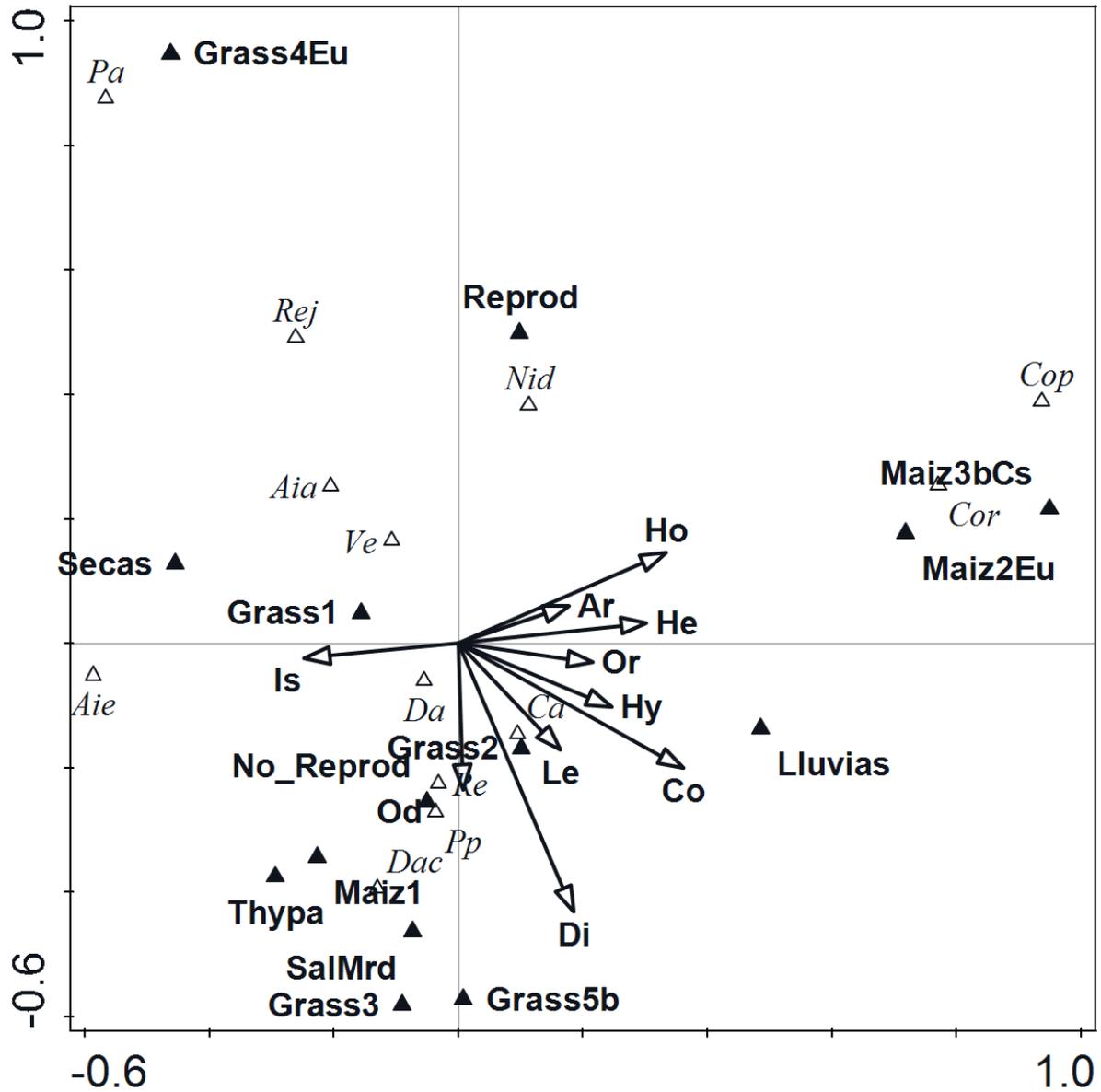


Figura 29. Ordenación obtenida con el análisis de correspondencia canónica (CCA) de la relación entre pautas del tirano gritón, con el alimento disponible (órdenes de artrópodos), la vegetación (transectos), la época (secas-lluvias) y la temporada (reproductiva/no reproductiva). Aia = Agresiones intraespecíficas, Aie = agresiones interespecíficas, Ca = caza aérea, Cop = cópula, Cor = cortejo, Da = descanso alerta, Dac = descanso acicalándose, Nid = nidificación, Pa = pizca arbórea, Pp = pizca en pastizal, Re = revoloteo, Rej = regurgitar, Ve = vuelo exploratorio; Od = odonatos, Or = ortópteros, Is = isópodos, Ho = homópteros, Hy = himenópteros, He = hemípteros, Di = dípteros, Le = lepidópteros, Co = coleópteros, Ar = araneae; No Reprod = temporada no reproductiva, Reprod = temporada reproductiva; Lluvias = época de lluvias, Secas

= época de secas. Vegetación = 10 transectos asociados a pastizales (Grass), cultivos de maíz (Maiz), Ahuejotes con muérdago (SalMrd) y a vegetación acuática (Typha).

## 5.6 Dieta de aves

### 5.6.1. Mosquero cardenal

En el mes de junio de 2016 se colectaron ocho muestras, cuatro regurgitaciones y cuatro deposiciones fecales de cada uno de los cuatro individuos de mosquero cardenal capturados. De esta muestra, se encontró que el mosquero cardenal consumió una mayor cantidad de arañas (30%) e himenópteros (28%) (Figura 30), lo cual coincidió con la época reproductiva.

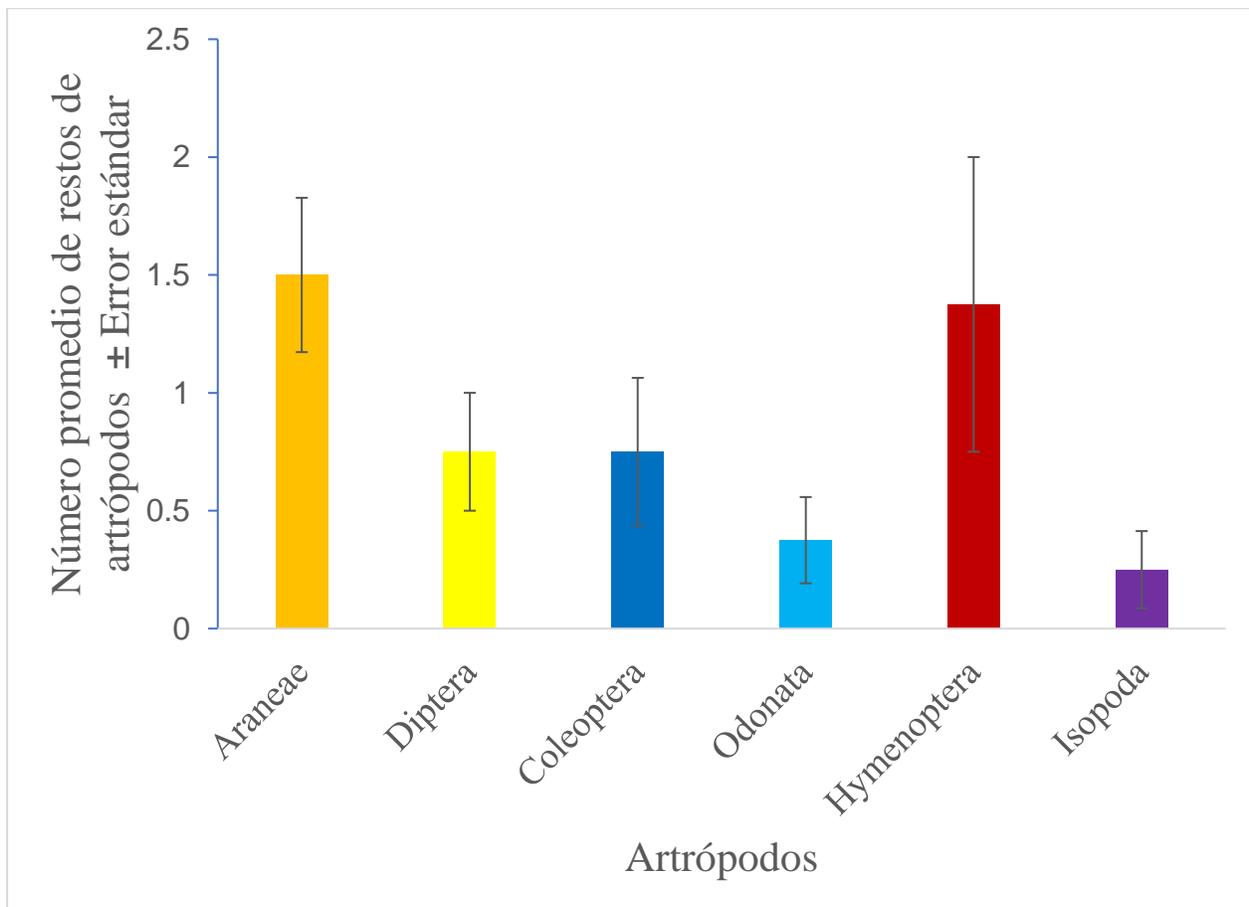


Figura 30. Número promedio de restos de artrópodos ( $\pm$ E.E.), asociados a 8 muestras de regurgitaciones (4) y heces (4) de *Pyrocephalus rubinus* obtenidas en Junio de 2016.

### 5.6.2. Tirano gritón

De este tirano se colectaron nueve muestras de heces en las cuales el 57% correspondieron a himenópteros, 15% a Araneae, 13% a ortópteros, 8% a odonatos, 5% a dípteros y 2% a isópodos. Los restos de hymenoptera fueron en promedio el componente más abundante durante la época no reproductiva (Figura 31).

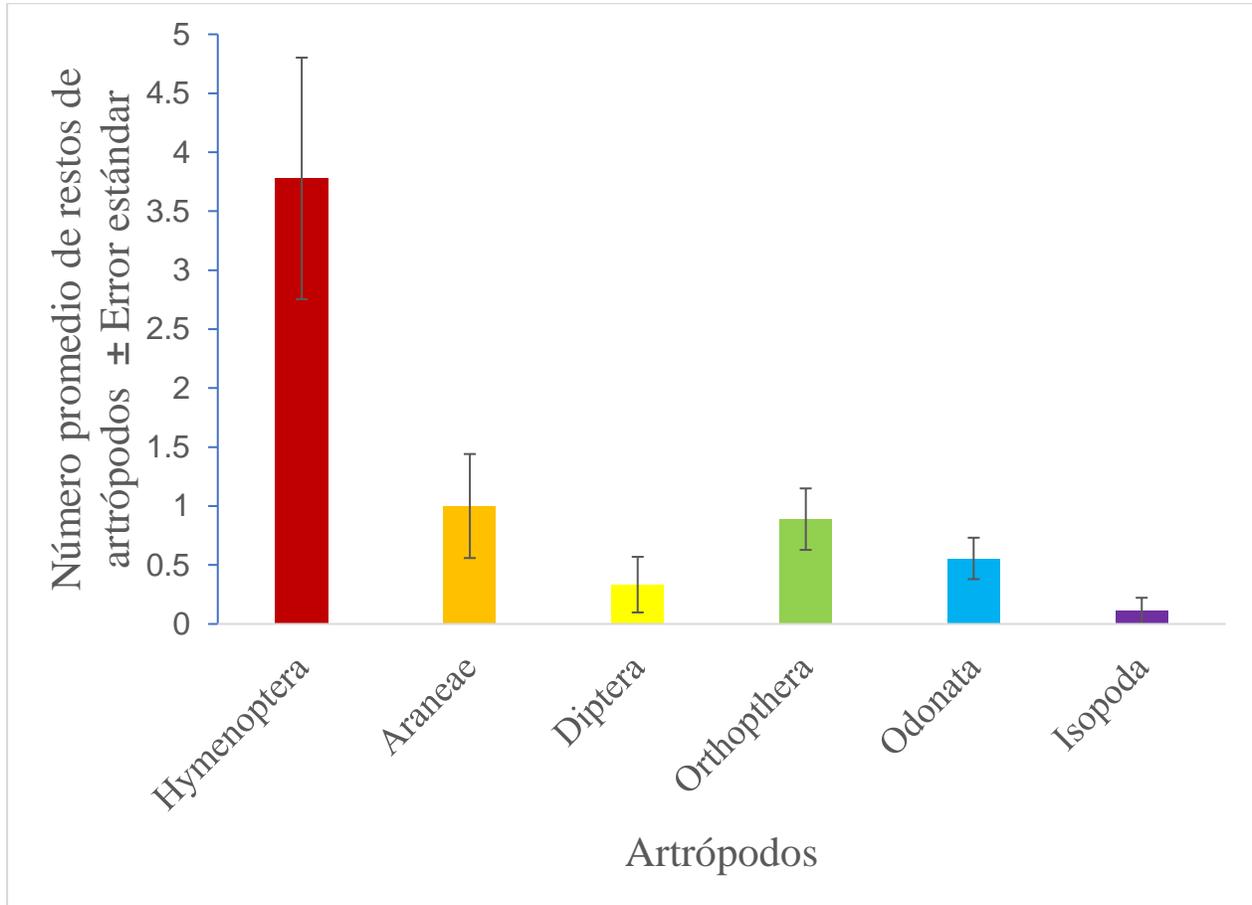


Figura 31. Número promedio de restos de artrópodos ( $\pm$ E.E.), asociados a 9 muestras de heces de *Tyrannus vociferans*, obtenidas en Junio de 2016.

## 5.7 Relación entre artrópodos y estrategias de forrajeo

### 5.7.1 Mosquero cardenal

Se encontró una relación significativa entre la frecuencia de la caza aérea del mosquero cardinal y los dípteros ( $R^2= 0.321$ ,  $P= 0.0032$ ), lepidópteros ( $R^2= 0.319$ ,  $P= 0.0036$ ) y odonatos ( $R^2= 0.231$ ,  $P= 0.0154$ ) (Figura 32).

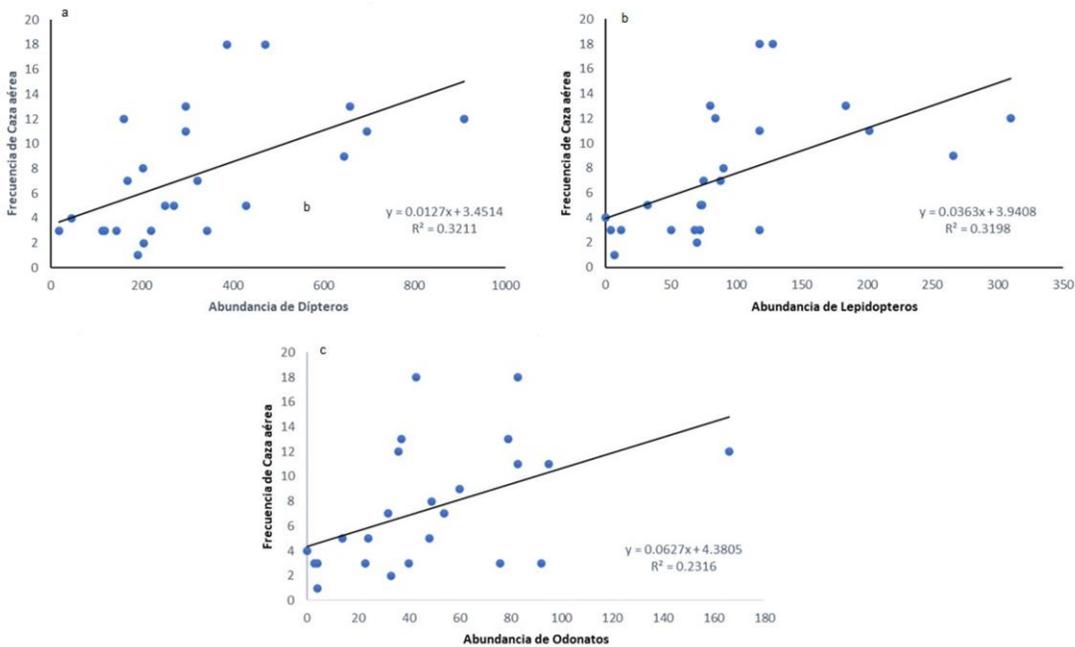


Figura 32. Frecuencia de las estrategias de caza aérea registradas de noviembre 2014-octubre 2016. para el mosquero cardinal y su relación con la abundancia de, a) dípteros, b) lepidópteros y c) odonatos.

### 5.7.2. Tirano gritón

La frecuencia de la caza aérea registrada para el tirano gritón a lo largo del estudio tuvo una correlación significativa con la abundancia de los odonatos ( $R^2= 0.463$ ,  $P= 0.0005$ ), dípteros ( $R^2= 0.456$ ,  $P= 0.0004$ ), lepidópteros ( $R^2= 0.394$ ,  $P= 0.0017$ ), homópteros ( $R^2= 0.312$ ,  $P= 0.0074$ ) y coleópteros ( $R^2= 0.1804$ ,  $P= 0.0329$ ) (Figura 33). También se encontraron correlaciones significativas entre la frecuencia de revoloteo y la abundancia de odonatos ( $R^2= 0.1982$ ,  $P= 0.0295$ ) y dípteros ( $R^2= 0.015182$ ,  $P= 0.058$ ) (Figura. 33).

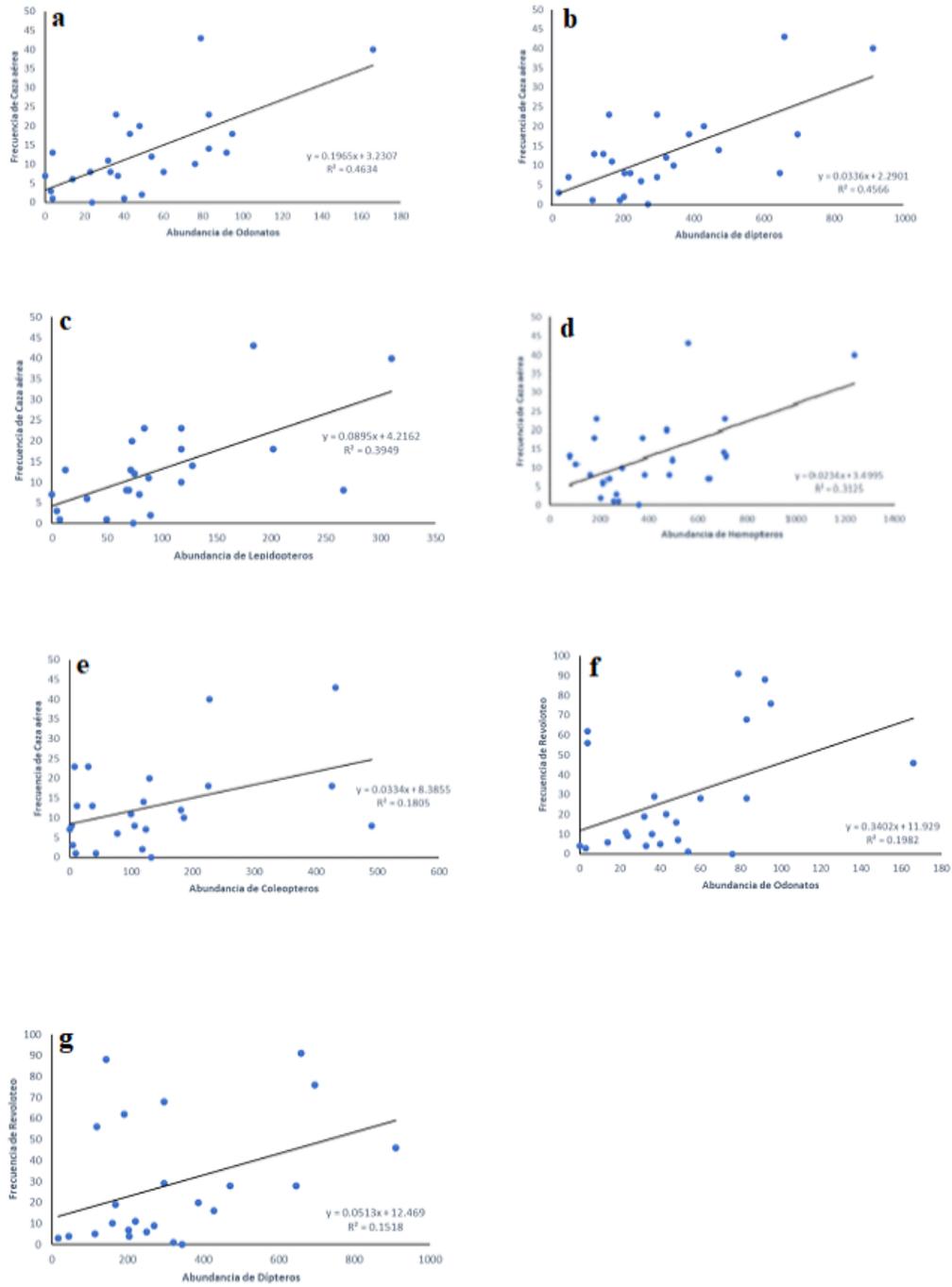


Figura 33. Frecuencia de las estrategias de forrajeo registradas de noviembre 2014-octubre 2016 para el tirano gritón y su relación con la abundancia de Caza aérea: a) odonatos, b) dípteros, c) lepidópteros, d) homópteros y e) coleópteros.

## 6. DISCUSION

En un estudio previo realizado en la misma área de muestreo durante 2012 (Camacho-García, 2013), se encontró que las dos especies de aves utilizaban los microhábitats de manera distinta. El tirano gritón se comportó como un cazador aéreo, que utilizó preferentemente el dosel mientras que el mosquero cardinal tuvo una estrategia mixta que incluyó la pizca y el revoloteo y dirigió sus ataques principalmente a los estratos arbustivos y herbáceos. El estudio referido solo evaluó como variable respuesta al tipo de vegetación, por lo que en la presente tesis se decidió complementar esta información con un incremento del tiempo de muestreo de uno a dos años, y se incluyeron otros tipos de hábitats como maizales y pastizales y como último factor se contabilizó el número de artrópodos disponibles en los distintos sitios de muestreo. Los resultados obtenidos a partir de este mayor esfuerzo de muestreo y la inclusión de datos adicionales son discutidos a continuación.

### 6.1 Vegetación

Durante el presente estudio, a pesar de que los transectos no tuvieron diferencias en cuanto a la cobertura vegetal, la diversidad sí mostró diferencias significativas entre los transectos, con vegetación riparia como *Typha* y *SalMrd*. Dichos sitios fueron los más diversos en 2016 con respecto al resto de transectos; sin embargo, en 2015 los sitios *SalMrd* y *Typha* tuvieron valores bajos e intermedios en sus índices de diversidad. La presencia de cuerpos de agua en estos hábitats ofrece condiciones idóneas para la reproducción, búsqueda de alimento y refugio en contra de depredadores (Sánchez-Merlo et al., 2005; Granados-Sánchez et al., 2006). De igual forma, la presencia de maizales y otros cultivos abre un nicho para la aparición de múltiples especies de artrópodos vitales para la alimentación de estas aves insectívoras.

Por otra parte, se ha encontrado que la presencia de algunas especies de tiránidos (*Myiozetetes cayanensis*, *Tyrannulus elatus* y *Tyrannus melancholicus*) en bosques tropicales está asociada con la calidad del hábitat, representada por la composición y estructura de la vegetación (Medina et al, 2007), una mayor diversidad de especies vegetales aumenta la disponibilidad de lugares que pueden ocupar las aves para realizar sus despliegues de caza o para refugiarse. En este caso, nuestro sitio de estudio por ser un área protegida a nivel local ofrece a las dos especies de aves condiciones seguras para poder sobrevivir dentro del área urbana de la Ciudad de México. El parque Ecológico Xochimilco es un sitio que les ofrece distintos microhábitats (UNESCO-Xochimilco, 2005), conformados por varias plantas arbóreas, arbustivas y herbáceas, por lo que estas variaciones permitirían el desarrollo de mejores condiciones, como la heterogeneidad ambiental (Morante-Filho et al, 2014), que crearían condiciones favorables para las poblaciones de tiranos.

## 6.2 Abundancia y disponibilidad de artrópodos

Se observó que los pastizales y maizales como Grass1, Maiz3bCs y Maiz2Eu tuvieron las mayores abundancias de artrópodos. Contrariamente, estos sitios no resultaron ser los preferidos por el mosquero cardenal, quien mostró una preferencia por la vegetación acuática, Typha y SalMrd, para buscar alimento. En estos sitios las abundancias de lepidópteros, odonatos y arañas fueron altas, aunque de acuerdo con el análisis de contenidos estomacales, las arañas formaron parte de estos contenidos de manera importante (30%), himenópteros (28%) y, en menor grado, los odonatos (7%). La búsqueda de su alimento, como las arañas y odonatos, se concentra en sitios con pastizales húmedos que ofrecen altas concentraciones de presas, tal como lo indica Fitzpatrick (1980). Además, durante la época reproductiva los machos de esta especie de mosquero incluyeron en su dieta a lepidópteros que ofrecieron a las hembras como parte de sus estrategias de cortejo, comportamiento común en aves (Cabrerero y Martin-Vivaldi, 2002, y Observaciones directas, n=4). En un estudio realizado sobre la dieta de *Parus major* se encontró que la ingesta de arañas por adultos y volantones les proporcionó una coloración más intensa y brillante, aumentando la sobrevivencia comparada con otros volantones que recibieron una dieta con ausencia o menor presencia de arañas (Pagani-Nuñez y Senar, 2014). Cabe mencionar que no existen estudios previos que describan de manera detallada la dieta del mosquero cardenal, y nuestros hallazgos permiten integrar información nueva y relevante sobre esta especie de insectívoro.

En un estudio realizado en California, Goldberg (1979) reportó que el tirano gritón se alimentó principalmente de himenópteros, hecho que corroboramos al obtener algunas muestras de su materia fecal, donde la mayor proporción correspondió al mismo orden (57%). El tirano se distribuyó a lo largo de todos los transectos, sin mostrar una preferencia marcada por algún tipo de vegetación. Sin embargo, los recursos alimenticios que más usa están más asociados a los sitios como Maiz3bCs, Maiz2Eu, Grass3 y SalMrd que correspondieron a la mayor abundancia de himenópteros. Los tiranos también se alimentaron de otros grupos de artrópodos como arañas, ortópteros y odonatos, en algunos estudios como el de George y Master (2008) encontraron que este tipo de presas forma parte preferencial de su dieta.

## 6.3 Abundancia de frutos de muérdago como alimento disponible para el Tirano Gritón

Se ha documentado que el tirano gritón además de alimentarse de artrópodos, en ciertas temporadas también se alimenta de frutos como los del muérdago (Martínez-Castruita et al., 2021). *Tyranus vociferans* se encontró en los transectos dominados por *Salix bonplandiana*, especie arbórea que presentó porcentajes de infestación cercanos al 90% de los árboles plagados por el hemiparásito. Estos frutos son una fuente de

alimento adicional para la especie, y este hecho coincide con lo ya reportado por Cook (1896), Ortíz-Pulido (1997) y Rodríguez-Godínez (2022) para otras especies de la familia Tyrannidae, las cuales consumen varios tipos de frutos de algunos árboles (*Ficus cotinifolia*, *Moraceae*; *Bursera simaruba*, *Burseraceae*; *Coccoloba barbadensis*, *Polygonaceae*; *Brosimum alicastrum*, *Moraceae*; y *Eugenia acapulcensis*, *Myrtaceae*). La pauta asociada al consumo de frutos de muérdago por parte del tirano gritón fue la pizca arbórea, la cual fue la segunda pauta de forrajeo más empleada por esta especie durante este estudio.

#### 6.4 Pautas de forrajeo y reproducción del mosquero cardenal

A lo largo del estudio, el mosquero cardenal usó tres tácticas de forrajeo: la pizca en pastizal, el revoloteo y la caza aérea. Fitzpatrick (1980) reportó que esta especie hace uso de perchas para realizar salidas al aire y cazar, pero que además aprovecha oportunidades para forrajear en pastizales. En el caso de nuestro estudio se le encontró realizando pizcas en pastizales cercanos a cuerpos de agua o recién cortados, que le ofrecieron una mayor disponibilidad de presas, como sucedió durante la época de lluvias en 2015 y 2016 cuando las mayores abundancias de artrópodos se encontraron en los transectos Grass1, Maiz3bCs, Maiz2Eu, Grass3, Grass4Eu, Typha y SalMrd. Existe evidencia de la relación que tiene el comportamiento de forrajeo y la cobertura vegetal presente en determinados sitios (Robinson y Holmes, 1984; Gabriel y Pizo, 2005; Engilis y Kelt, 2009). Durante nuestro trabajo, los sitios con mayor cantidad de perchas les permitían realizar una mayor cantidad de despliegues de tácticas de forrajeo aéreas, por el contrario, en los pastizales optaban por pizcar. Además, encontramos que la pauta de caza aérea fue la conducta de forrajeo mayormente empleada por el mosquero cardenal en la vegetación de SalMrd y Typha durante la época no reproductiva, la cual coincide con la mayor disponibilidad de alimento que constituyen los artrópodos como fueron los homópteros, dípteros, ortópteros, coleópteros, lepidópteros y arañas, durante la época de lluvias. Para la pauta de la pizca únicamente se encontraron diferencias significativas entre la época no reproductiva y reproductiva en el transecto SalMrd, debido a que por una parte este transecto presentó la mayor diversidad y abundancia de artrópodos asociados con árboles parasitados con muérdago, y, por otra parte, este transecto mantuvo la segunda mayor diversidad de cobertura vegetal, según el índice de Shannon, principalmente en 2016.

Con respecto a las pautas de reproducción para el mosquero cardenal se encontró que en el primer año de muestreo las agresiones intraespecíficas fueron más frecuentes. Por otro lado, las pautas de agresión interespecíficas que fueron más frecuentes en el segundo año, al igual que la pauta de nidificación, por lo que estas diferencias pudieron ser causadas por que en el año de 2015 hubo una perturbación antropogénica (incendio) (obs. pers.) que pudo influir en la distribución y disponibilidad de recursos y por tanto también

en la frecuencia de las pautas asociadas a la reproducción, ya que no se observó un patrón cíclico anual en las pautas observadas.

#### 6.5 Pautas de forrajeo y reproducción del tirano gritón

El tirano gritón usa cuatro tácticas de forrajeo, la pizca en pastizal, la pizca arbórea, el revoloteo y la caza aérea. En un trabajo realizado por Goldberg (1979), se registraron también cuatro tácticas de forrajeo, en donde la caza aérea fue la técnica preferencial de la familia a la que pertenece (Murphy *et al.*, 1997; Brodhead 2005; Johnsgard 2009; Botero-Delgadillo, 20011). Sin embargo, en nuestro estudio el revoloteo fue la táctica preferencial para forrajear, que fue más frecuente durante la época de lluvias. También se observó que la pizca arbórea solamente se realizó en pastizales (Grass), principalmente en la época no reproductiva y en SalMrd durante la época reproductiva, este hecho coincide con lo reportado en una anterior investigación por Camacho-García (2020).

Fitzpatrick (1981) menciona, que el grupo de los mosqueros ajusta sus estrategias de forrajeo en función de la abundancia de las presas. En cuanto a la caza aérea el tirano gritón tuvo una frecuencia significativamente mayor de la pauta de caza aérea en Grass en la época reproductiva que en la no reproductiva. En cuanto a la pizca arbórea se observó un patrón anual con un pico en las frecuencias a finales de año desde el mes de noviembre a mayo. La pizca arbórea mantiene una asociación estrecha con la presencia de frutos de muérdago, cuya época reproductiva coincide con los meses de secas, por lo que este recurso representa una fuente de alimento estacional, cuando las abundancias de artrópodos son bajas, y el desarrollo de esta pauta en momentos de escasez de alimento, le ayuda a mantener la ingesta de alimento en función de los gastos energéticos (Alatalo *et al.*, 1982; Mcwhorter y López-Calleja, 2000).

Con respecto a las pautas reproductivas, las agresiones interespecíficas e intraespecíficas fueron más frecuentes durante el primer año del muestreo y se presentaron principalmente a finales y principios de año lo que coincide con el preámbulo a otras pautas como el cortejo, copula y nidificación las cuales tuvieron una mayor frecuencia en el segundo año de manera notoria. Por ello, es posible que el aumento de las pautas de nidificación de 2015 tuvo como preámbulo una mayor competitividad entre los machos de la especie para poder explicar la mayor frecuencia de agresiones a principios de 2015.

## 6.6 Relaciones de las pautas de forrajeo y de reproducción con las variables asociadas a la vegetación, la disponibilidad de alimento, la época de secas y lluvias y la temporada reproductiva y no reproductiva.

Para el caso del mosquero cardenal se encontraron diferencias significativas en las frecuencias de las pautas de pizca, revoloteo y caza aérea entre los tipos de vegetación. La preferencia de esta especie por reproducirse en transectos cercanos al agua (*Typha* y *SalMrd*) y dominados por árboles de ahuehuete, se debe a que estos árboles proporcionan protección ante los cambios climáticos y en contra de los depredadores (Sayas, 1995), ya que tienen una extensa cobertura. Además, estos árboles proporcionan varios estratos en los cuales este mosquero puede desarrollar diversas actividades (despliegues de forrajeo, descansos, vigilancia o anidación). Otro factor de relevancia en la elección de este arbolado es la poca ocurrencia de otras aves de su mismo gremio (insectívoros) en los sitios con este árbol presente (obs pers).

Por otro lado, la búsqueda de alimento dirigida a estratos bajos y el suelo es común en esta especie, sobre todo en sitios con pastizales húmedos que ofrecen altas concentraciones de presas, tal como indica Fitzpatrick (1980). Esto explica la preferencia en el sitio de estudio por buscar alimento en transectos ubicados en el centro del parque, dominados por pastos y que bordean los cuerpos de agua durante todo el año. Por otra parte, se encontró que la frecuencia de la pauta de caza aérea de este mosquero estuvo correlacionada significativamente con la temporada (reproductiva versus no reproductiva), donde la mayor frecuencia de esta pauta se realizó durante la época no reproductiva.

Para esta especie se encontró, según los modelos lineales mixtos (MLM), que la vegetación fue el principal factor que determinó, en general, a las pautas asociadas al forrajeo y la reproducción. La variable de temporada, reproductiva y no reproductiva, sólo fue importante para la pauta de caza aérea, posiblemente porque su frecuencia coincidió con la mayor abundancia y disponibilidad de artrópodos.

Con respecto a las pautas asociadas a la reproducción se encontró que para la danza del mosquero cardenal además de la vegetación, la temporada fue otra variable significativa, así como la interacción entre la vegetación, la temporada y la época. Los individuos de esta especie realizan el cortejo a través de una danza conocida como “vuelo de mariposa”, que también la emplean para defender su territorio (Fraga, 1977; Ríos-Chelen et al., 2004). Este comportamiento fue confirmado por avistamiento de machos efectuando simultáneamente la danza. Además de algunos registros de esta conducta de manera aislada en la temporada no reproductiva.

En nuestro estudio, la nidificación del mosquero cardenal se registró en los meses de mayo y junio. En este sentido, Fiorini y Rabuffetti (2003) reportan que, en una población de Lima, Perú, la nidificación se llevó a

cabo en los meses de noviembre y diciembre. Lo que coincide con las condiciones estacionales reproductivas, pero en diferente hemisferio del planeta y meses. De acuerdo con los análisis de los modelos lineales mixtos, la pauta de nidificación estuvo asociada significativamente con las variables de vegetación, la temporada, así como con las interacciones entre la vegetación con la época, la vegetación con temporada y la interacción de vegetación, época y temporada.

Debido a que esta especie de mosquero se caracteriza por el cuidado biparental (Ketterson y Nolan, 1994; Díaz, 2002; Fiorini y Rabuffetti, 2003), es importante considerar que la nidificación es una pauta que presenta una sincronización con la época de lluvias. Durante esta temporada existen mejores condiciones para el éxito de esta conducta, pues es cuando la disponibilidad y abundancia de alimento (artrópodos) es mayor, lo cual quedó de manifiesto con el patrón de anidamiento descrito para la especie en el sitio de estudio.

A pesar de que esta especie realiza un cuidado biparental, se ha documentado en un trabajo realizado por Fiorini y Rabuffetti (2003) una diferencia en la forma de obtención de alimentos de hembras y machos. En este estudio encontraron que los machos son proveedores de alimento y deben encontrar presas de mayor calidad y en mayor cantidad. Las hembras, por el contrario, necesitan resguardar los nidos, siendo menos riesgoso no moverse del sitio, capturar presas fáciles de obtener y con ello poder regresar a cuidar a su prole. En este estudio se encontró una diferencia de comportamiento entre machos y hembras, siendo los machos los responsables en alimentar a las hembras mientras están empollando, la hembra ocasionalmente sale del nido para obtener presas a través de la estrategia de pizca en pastizal que requirió un menor esfuerzo y tiempo de salida del nido.

Para el caso del tirano gritón se encontró una relación significativa con la vegetación solamente en la pauta de pizca en pastizal y para la pauta de reproducción que fue la nidificación con la variable vegetación. Al respecto, Johnsgard (2009) reportó que poblaciones de tiranos gritones de Estados Unidos nidificaron entre mayo y julio, al igual que Hespenhiede (1964) y Goldberg (1979), por lo que las variaciones en las condiciones ambientales de nuestra área de estudio pudieron haber promovido este desfase en la nidificación. Varios autores explicaban que las especies del género tiranos prefieren sitios abiertos que les proveen perchas desde las cuáles tienen mayor visibilidad y desde donde realizan sus tácticas de forrajeo (Goldberg, 1979; Murphy et al., 1997; Brodhead, 2005; Botero-Delgadillo, 2011) por este motivo nosotros encontramos más individuos forrajeando en hábitats con mayor cobertura de pastizales y algunos árboles.

## 6.7 Relación de variables asociadas al forrajeo y a la reproducción

### 6.7.1. Mosquero cardenal

En el resultado de la ordenación canónica obtenida para el mosquero cardenal, la única variable que explicó un porcentaje de la variación explicada de manera significativa fue el hábitat denominado Typha. Y que en la temporada de lluvias mantuvo una asociación estacional con el transecto SalMrd y en secas con Grass3. Esto puede deberse a que el mosquero cardenal es un insectívoro que tiene flexibilidad en las estrategias de búsqueda de alimento (Ohlson et al., 2008). En algunos estudios como el realizado por Fitzpatrick (1980), se le reporta con las mismas conductas de forrajeo catalogadas en este estudio (caza aérea, pizca y revoloteo), y además es clasificado por Traylor (1977) como un mosquero generalista. Sin embargo, a pesar de esta última característica se le encontró muy asociado al sitio de muestreo donde había mayor cantidad de ahuehuetes, vegetación acuática y pastizales húmedos. Anteriormente, mencionamos las condiciones por las cuales muestra una arraigada preferencia por estos sitios. Este tipo de hábitat le proporciona vegetación de menor altura comparada con los otros sitios de muestreo. En otros estudios, como el de Álvarez (2002), se le identifica forrajeando en sitios con perchas bajas y a una altura de máximo 3 m del suelo, característica distintiva de esta especie dentro del grupo de los tiranos, que por lo regular forrajea a mayor altura.

### 6.7.2. Tirano gritón

Respecto a la ordenación canónica obtenida para el tirano gritón, esta especie estuvo asociada a un mayor número de variables para explicar los porcentajes de variación obtenidos, en comparación con el mosquero cardenal. Por ejemplo, la temporada reproductiva estuvo relacionada con los sitios con maizales y arbolado circundante, y estos hábitats les proporcionaron una gran cantidad de perchas y pastizales desde los cuales pudieron tener una buena visión del área, lo cual coincide con lo reportado por Fitzpatrick, (1980), Johnsgard (2009) y Cruz-Palacios et al. (2011). Además, el tirano gritón es un cazador aéreo, que utiliza preferentemente el dosel (Fitzpatrick, 1985). Aunque hay muy pocos estudios, las evidencias preliminares indican que esta especie de ave tiene preferencia principalmente por los sitios abiertos durante la época no reproductiva para poder detectar tanto a sus presas como a sus enemigos (Goldberg 1979), y en nuestro estudio se situaron en pastizales durante esta temporada. Ohlendorf (1974) descubrió que los individuos que anidaban en microhábitats boscosos tenían un mayor éxito reproductivo porque los árboles los protegían de la depredación. En nuestro estudio, en los maizales con parches de arbolado estas aves encontraron las condiciones propicias para obtener su alimento y resguardarse al momento de nidificar. Asimismo, la temporada de lluvia les permitió contar con varios ordenes de artrópodos (homópteros, arañas, hemípteros, ortópteros, himenópteros, coleópteros y dípteros) como alimento disponible en el área de muestreo.

## 6.8 Relación de artrópodos con las pautas de forrajeo

Las especies de aves estudiadas modifican su comportamiento en función de los recursos que tengan disponibles. En un estudio elaborado por Lewke (1982) se evidenció que el cambio en las tácticas de forrajeo de grupos de aves residentes ocurría en función de la disponibilidad de alimento a lo largo del año. Este patrón coincide con lo encontrado para el mosquero cardenal, quien tuvo correlaciones positivas entre su estrategia de caza aérea y los dípteros, lepidópteros y odonatos encontrados. Esta dieta coincide con lo reportado por Carothers (1974), quien menciona que la alimentación de esta especie está constituida principalmente de mariposas y polillas, y la cerca de la mitad de su comida se compone de larvas de lepidópteros. En cuanto al tirano gritón, esta especie tuvo correlaciones positivas entre la caza aérea, los odonatos, dípteros, lepidópteros, homópteros y coleópteros, así como entre la estrategia de revoloteo y odonatos y dípteros. En un estudio realizado por Golberg (1979), se reporta que la dieta de esta especie está compuesta por coleópteros 35%, himenópteros 20%, ortópteros 12%, plantas 5%, homópteros 5%, dípteros 3% y arañas 1%.

## 7. CONCLUSIONES

1. El mosquero cardenal estuvo asociado con sitios arbolados y arbustivos (SalMrd y Typha), que le proveen de perchas de mediana altura, en comparación con aves del mismo género, que prefieren mayor altura, y utilizó como estrategia de forrajeo la pizca, la caza aérea y con más frecuencia el revoloteo.
2. El tirano gritón prefirió sitios con pastizales, árboles y algún maizal (Grass1, Grass4Eu, Grass5b, Maiz2Eu) circundantes que le sirvieron de percha para realizar sus despliegues de caza aérea, y como estrategias de forrajeo usó la pizca, el revoloteo, caza aérea, y al ser un frugívoro oportunista, utilizó de manera complementaria la pizca arbórea.
3. El mosquero cardenal se concentró en sitios con mayor cantidad de artrópodos (Typha y SalMrd) como alimento disponible y las arañas conformaron un porcentaje importante de su dieta.
4. El tirano gritón se sitúa en sitios (Maiz2Eu y SalMrd) con mayor abundancia de himenópteros, estos lugares estuvieron conformados por arbolado, pastizales y maizales. Además, durante la temporada reproductiva optó por estar en sitios donde existieran ahuejotes plagados de muérdago, el cual utilizaba como alimento suplementario en su dieta.

5. El tirano gritón es una especie con gran flexibilidad al elegir su hábitat, que en época de lluvias estuvo asociado a los artrópodos (alimento disponible) y durante la época de secos hacia los transectos con mayor abundancia de especies arbóreas parasitadas por muérdago, en donde se concentraban los frutos e insectos que complementaban su alimentación.
6. El área de muestreo tiene algunos humedales que permiten una gran disponibilidad de artrópodos en el hábitat. Para el caso del mosquero cardinal estos fueron sitios preferenciales para cortejar y anidar.
7. El tirano gritón utilizó las estrategias de forrajeo adecuándose a la disponibilidad de presas en temporada reproductiva, caza aérea y pizca, y en los meses secos recurrió a la pizca en pastizal.
8. La ubicación de la Ciudad de México y la diferencia de climas comparado con otras latitudes dio como resultado un desfase en el caso del anidamiento del tirano gritón comparado con poblaciones de California y en el caso del mosquero se amplió la temporada reproductiva.

## LITERATURA CITADA

- Alatalo, R. V., Lundberg, A., & Ståhlbrandt, K. (1982). Why do pied flycatcher females mate with already-mated males?. *Animal Behaviour*, 30(2), 585-593.
- Alvarez, T. 2002. *Pyrocephalus rubinus* – Vermilion Flycatcher». En: *Animal Diversity Web*. University of Michigan. Disponible en: [http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Pyrocephalus\\_rubinus.html](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Pyrocephalus_rubinus.html)
- Aranda, M. 2004. Ficha informativa humedales RAMSAR. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Archer, T. J. (1996). Observations on nesting and display flights of the vermilion flycatcher in western Texas. *Southwestern Naturalist*, 41(4), 443-444.
- Armstrong, D. D. (2011). Eastern Kingbird (*Tyrannus tyrannus*). En A.T. Chartier, J.J. Baldy, and J.M. Brenneman, editores. The Second Michigan Breeding Bird Atlas. Kalamazoo Nature Center. Kalamazoo, Michigan, USA. [www.mibirdatlas.org/Portals/12/MBA2010/EAKIaccount.pdf](http://www.mibirdatlas.org/Portals/12/MBA2010/EAKIaccount.pdf).
- Bautista, F., Palacio, J. L., & Delfín, H. (2011). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bergin, T. M. (1992). Habitat Selection by the Western Kingbird in Western Nebraska: a Hierarchical Analysis. *The Condor* 94(4): 903-911.
- Blancher, P. J., & Robertson, R. J. (1984). Resource use by sympatric kingbirds. *The Condor*, 86(3), 305-313.
- Borrero, H. (1972). Historia natural del Titiribí, *Pyrocephalus rubinus* (Aves, Tyrannidae), en Colombia, Con notas sobre su distribución. *Mitteilungen aus dem Instituto Colombo-Alemán de Investigaciones Científicas Punta de Betín* 6: 113-133.
- Borror, D. J., White, R. E., & Peterson, R. T. (1970). *A field guide to insects: America north of Mexico* (Vol. 19). Houghton Mifflin Harcourt.
- Botero- Delgado, E. (2011). Cuantificando el comportamiento: estrategias de búsqueda y ecología de forrajeo de 12 especies sintópicas de Atrapamoscas (Tyrannidae) en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 19(3), 343-357.
- Brodhead, K. M. (2005). The influence of riparian-canopy structure and coverage on the breeding distribution of the southwestern willow flycatcher (Doctoral dissertation, Montana State University-Bozeman, College of Letters & Science).
- Brown, J. S. (1988). Patch use as an indicator of habitat preference, predation risk, and competition. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 22(1): 37-47.

- Brufman J. Z, Urbisaia, H L & Trajtenberg LA. (2005). Distribución del ingreso según género: un enfoque no paramétrico [Income distribution according to gender: A nonparametric approach]. Cuadernos del CIMBAGE. 8:129–168. Spanish.
- Butler, L. K. (2013). The grass is always greener: Do monsoon rains matter for molt of the Vermilion Flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*)?. *The Auk* 130(2): 297-307.
- Cabrero, J. y M. Martín-Vivaldi. 2002. Cap. Selección sexual en Evolución: la base de la biología / coord. por Manuel Soler Cruz. España. ISBN 84- 8254-139-0, Pp. 235-260.
- Camacho-García, N. (2013). Uso del hábitat y pautas conductuales de *Pyrocephalus rubinus* y *Tyrannus vociferans* en el Parque Ecológico Xochimilco. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Camacho-García, N. A., Corcuera, P., Lara, C., Salgado Ugarte, I. H., & de la Asunción Soto, M. (2020). Habitat use and behavioral patterns of Cassin's Kingbird (*Tyrannus vociferans*) in an urban park of Mexico City. *The Wilson Journal of Ornithology*, 132(4), 830-839.
- Carothers, S. W. (1974). Breeding ecology and time-energy budget of male Vermilion Flycatchers and comments on the social organization of southwestern riparian birds. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y., Romero-Romero, M. A., Guadarrama-Chávez, P., Núñez-Castillo, O., Sánchez-Gallén, I., & Meave, J. A. (2007). La reserva ecológica del Pedregal de San Ángel: Aspectos florísticos y ecológicos. Coordinación de la Investigación Científica. Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- Cook, A. (1896). Food of Woodpeckers and Flycatchers. *The Auk* 13(1): 85-86.
- Corcuera, P. & Butterfield J.E.L. (1999). Bird communities of dry forest and oak woodland of western Mexico. *Ibis* 141:240–255.
- Crawley, D. B., & Briggs, R. S. (2005) *Statistics and simulations: an integrated approach to studying the office building sector*.
- Cruz-Palacios, M. T., Almazán-Núñez, R. C., & Bahena-Toribio, R. (2011). Distribución Geográfica y Ecológica de la Familia Tyrannidae (Aves: Passeriformes) en Guerrero, México. *Mesoamericana* 15: 15-24.
- Cueto, V. R., De Casenave, J. L., Sagario, M. C., & Damonte, J. (2005). Relación aves-vegetación: importancia de los algarrobales para la avifauna del desierto del Monte. *La situación ambiental argentina* 234-236.
- Davis, D. E. (1941). The belligerency of the kingbird. *The Wilson Bulletin* 53: 157-168.
- Díaz Ríos, M. (2002). Inversión de machos y hembras en el cuidado parental del mosquero cardenalito *Pyrocephalus rubinus*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM.

- Duca, C., & Marini, M. Â. (2005). Territory size of the flavescent warbler, *Basileuterus flaveolus* (Passeriformes, Emberizidae), in a forest fragment in Southeastern Brazil. *Lundiana: International Journal of Biodiversity* 6(1): 29-33.
- Ellison, K. S. (2008). Nest reuse by vermilion flycatchers in Texas. *The Wilson Journal of Ornithology* 120(2): 339-344.
- Engilis, A., & Kelt, D. A. (2009). Foraging behavior of Tufted Tit-Tyrants (*Anairetes parulus*) in semiarid northcentral Chile. *The Wilson Journal of Ornithology* 121(3): 585-592.
- Fiorini, V. D., & Rabuffetti, F. L. (2003). Cuidado parental en el Churrinche (*Pyrocephalus rubinus*): contribución relativa del macho y de la hembra. *El Hornero* 18(1): 31-35.
- Fitzpatrick, J. W. (1980). Foraging behavior of Neotropical tyrant flycatchers. *The Condor* 82(1): 43-57.
- Fitzpatrick, J. W. (1985). Form, foraging behavior, and adaptive radiation in the Tyrannidae. *Ornithological Monographs* 36: 447-470.
- Fleishman, E., Mcdonal, N., Nally, R. M., Murphy, D. D., Walters, J., & Floyd, T. (2003). Effects of floristics, physiognomy and non- native vegetation on riparian bird communities in a Mojave Desert watershed. *Journal of Animal Ecology*, 72(3), 484-490.
- Forsman, J. T., Hjernquist, M. B., Taipale, J., & Gustafsson, L. (2008). Competitor density cues for habitat quality facilitating habitat selection and investment decisions. *Behavioral Ecology* 19(3): 539-545.
- Fraga, R. M. (1977). Notas sobre la reproducción del churrinche (*Pyrocephalus rubinus*). *El Hornero* 11(05): 380-383.
- Gabriel, V. D. A., & Pizo, M. A. (2005). Foraging behavior of Tyrant Flycatchers (Aves, Tyrannidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22: 1072-1077.
- Gantz, A., Rau, J., & Couve, E. (2009). Ensamblajes de aves en el desierto de Atacama, Norte grande de Chile. *Gayana (Concepción)*, 73(2): 172-179.
- George, G., y T. Master. 2008. Foraging Behaviour of the Torrent Tyrannulet (*Seropophaga cinerea*) in Costa Rica. *Ornitología Tropical* 19:595-598.
- Goldberg, N. H. (1979). Behavioral Flexibility and Foraging Strategies in Cassin's and Western Kingbirds (*Tyrannus vociferans* and *T. verticalis*) Breeding Sympatrically in Riparian Habitats in Central Arizona (Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign).
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., & López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 12(1): 55-69.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 9 p.
- [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Hespenheide, H. A. (1964). Competition and the genus *Tyrannus*. *The Wilson Bulletin* 76(3): 265-281.

- Hoffmann, D., Vasconcelos, M. F., Lopes, L. E., & Rodrigues, M. (2007). Comportamento de Forrageamento e Dieta de *Polystictus superciliaris* (Aves, Tyrannidae) No Sudeste do Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 97: 296-300.
- Holmes, R. T. (1986). Foraging patterns of forest birds: male-female differences. *The Wilson Bulletin* 98: 196-213.
- Hutto, R. L. (1985). Habitat selection by nonbreeding, migratory land. *Habitat selection in birds* 455.
- Johnsgard, P. A. (2009). *Birds of the Great Plains: Family Tyrannidae (Tyrant Flycatchers)*.
- Johnson, M. D. (2007). Measuring Habitat Quality: A Review. *The Condor*, 109(3): 489-504.
- Jones, J. (2001). Habitat selection studies in avian ecology: a critical review. *The auk*, 118(2), 557-562.
- Kannan, R., & James, D. A. (2011). Foraging behavior of three sympatric and congeneric Tyrannid Flycatchers (*Tyrannus* spp.) in Western Arkansas. *Journal of the Arkansas Academy of Science* 65(1): 169-172.
- Ketterson, E. D., & Nolan Jr, V. (1994). Male parental behavior in birds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 25(1): 601-628.
- Kovach, W. (2010) Oriana for Windows, version 3.0. Kovach Computer Services, Pentraeth.
- Lahitte, H. B., Ferrari, H. R., & Lázaro, L. (2002). Sobre el etograma, 1: del etograma como lenguaje al lenguaje de los etogramas. *Revista de Etología* 4(2): 129-141.
- Lewke, R. E. (1982). A comparison of foraging behavior among permanent, summer, and winter resident bird groups. *The Condor*, 84(1), 84-90.
- Luna, J. M. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín sociedad entomológica Aragonesa*, 37, 385-408.
- MacArthur RH & MacArthur JW. (1961). On bird species diversity. *Ecology*. 42: 594–598.
- MacGregor-Fors, I. 2010. Guía de aves del bosque de los Colomos. Un acercamiento a las aves de la zona metropolitana de Guadalajara. CONABIO. México, D.F. Pp. 137.
- Martínez-Castruita, I. A., Sandoval-Ortega, M. H., Arellano-Delgado, M., & Martínez-Calderón, V. M. (2021). Infestación por *Cladocolea lonicerooides* y sus potenciales aves dispersoras de semillas en un área verde urbana de la ciudad de Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 27(1).
- Mcwhorter, T. J., & López-Calleja, M. V. (2000). The integration of diet, physiology, and ecology of nectar-feeding birds. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73, 451-460.
- Medina, O. R., Torres, I. H. G., & Mosquera, J. T. R. (2007). Inventario de aves Passeriformes en áreas de expansión urbana en el municipio de Quibdó, Chocó, Colombia: Orfelina Ríos Medina. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó* 26(1): 79-89.
- Merlin Bird, I. D. (2018). Cornell Laboratory of Ornithology. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos. Recuperado de <https://merlin.allaboutbirds.org>.

- Mezquida, E. T. (2002). Nesting of eight species of Tyrannidae in the Reserve of Nacunán, Mendoza, Argentina. *El Hornero* 17(01): 031-040.
- Milesi, F. A., De Casenave, J. L., & Cueto, V. R. (2008). *Selection of foraging sites by desert granivorous birds*: Vegetation structure, seed availability, species-specific Foraging tactics, and spatial scale. *The Auk* 125(2): 473-484.
- Montaña, C., & Ezcurra, E. (1980). Simple instrument for quick measurement of crown projections. *Journal of Forestry* 78(11): 699-699.
- Moody, D. T. (1970). A method for obtaining food samples from insectivorous birds. *The Auk* 87(3): 579-579.
- Morante-Filho, J. C., Roberto Posso, S., Cunha, N. L. D., & Bueno, F. A. (2014). Tyrant flycatchers community in a mosaic of habitats of Cerrado, Brazil. *North-Western Journal of Zoology* 10(2): 425-434.
- Murphy, M. T. (1983). Ecological aspects of the reproductive biology of Eastern Kingbirds: geographic comparisons. *Ecology* 64(4): 914-928.
- Murphy, M. T. (1986). Temporal components of reproductive variability in Eastern Kingbirds (*Tyrannus tyrannus*). *Ecology*, 67(6), 1483-1492.
- Murphy, M. T., Cummings, C. L., & Palmer, M. S. (1997). Comparative analysis of habitat selection, nest site and nest success by Cedar Waxwings (*Bombycilla cedrorum*) and Eastern Kingbirds (*Tyrannus tyrannus*). *American Midland Naturalist* 138(2): 344-356.
- NATURALISTA. 2017. Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco.
- Ohlendorf, H. M. (1974). Competitive relationships among kingbirds (*Tyrannus*) in trans-Pecos Texas. *The Wilson Bulletin*, 357-373.
- Ohlson, J., Fjeldså, J., & Ericson, P. G. (2008). Tyrant Flycatchers coming out in the open: Phylogeny and ecological radiation of Tyrannidae (Aves, Passeriformes). *Zoologica Scripta* 37(3): 315-335.
- Ortiz-Pulido, R. (1997). Actividades frugívoras de *Tyrannus forficatus* en un mosaico de vegetación durante la migración. *Ornitología Neotropical* 8: 237-239.
- Otto-Parrodi, E. S. (1999). Conservación del ajolote (*Ambistoma mexicanum*) mediante su cultivo y siembra en el Parque Ecológico de Xochimilco. Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J087. México D. F.
- Pagani-Núñez, E. (2014). Alimentación y color del plumaje en el carbonero común *Parus major* ¿Son las aves lo que comen? (Doctoral dissertation, Universitat de Barcelona).
- Peck, K. M. (1989). Tree species preferences shown by foraging birds in forest plantations in Northern England. *Biological Conservation*, 48(1): 41-57.
- Peterson, T. y Chalif, E. 1989. "Aves de México". Guía de campo. Ed. Diana. México. Pp. 473.

- Redmond, L. J., Murphy, M. T., & Dolan, A. C. (2007). Nest reuse by Eastern Kingbirds: Adaptive behavior or ecological constraint?. *The Condor* 109(2): 463-468.
- Remsen, J. V., & Robinson, S. K. (1990). A classification scheme for foraging behavior of birds in terrestrial habitats. *Studies in avian biology*, 13(1), 144-160.
- Rheindt, F. E., Norman, J. A., & Christidis, L. (2008). Phylogenetic relationships of Tyrant-Flycatchers (Aves: Tyrannidae), with an emphasis on the Elaeniine assemblage. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46(1): 88-101.
- Ríos-Chelén, A. N. A., & Macias-García, C. A. (2004). Flight display song of the vermilion flycatcher. *The Wilson Journal of Ornithology* 116(4): 360-362.
- Rodríguez-Godínez, R., Sánchez-González, L. A., del Coro Arizmendi, M., & Almazán-Núñez, R. C. (2022). Bursera fruit traits as drivers of fruit removal by flycatchers. *Acta Oecologica*, 114, 103811.
- Robinson, S. K., & Holmes, R. T. (1982). Foraging behavior of forest birds: the relationships among search tactics, diet, and habitat structure. *Ecology* 63(6): 1918-1931.
- Robinson, S. K., & Holmes, R. T. (1984). Effects of plant species and foliage structure on the foraging behavior of forest birds. *The Auk* 101(4): 672-684.
- Rosenblatt, M. (1956). Remarks on some non-parametric estimates of a density function. *Annals of Mathematical Statistics* 26: 832-7.
- Ruvalcaba Ortega, I. (2009). Análisis jerárquico de la comunidad de aves asociada al hábitat ribereño dominado por *taxodium mucronatum* en el Río Sabinas, Coahuila de Zaragoza, México.
- Salgado-Ugarte, I. H., Shimizu, M., Taniuchi, T., & Matsushita, K. (2002). Nonparametric assessment of multimodality for size frequency distributions. *Asian Fisheries Science* 15(4): 295-304.
- Sánchez-Merlo D, Harvey CA, Grijalva A, Medina A, Vilchez S, Hernandez B. (2005). Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un paisaje ganadero en Matiguas, Nicaragua. *Revista de Biología Tropical* 53(2): 387-414.
- Smith, W. J. (1967). Displays of the vermilion flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*). *Condor* 69: 601-605.
- Smith, W. J. (1970). Courtship and territorial displaying in the vermilion flycatcher, *Pyrocephalus rubinus*. *The Condor* 72(4): 488-491.
- Southwood, T. R. E. (1978). Absolute population estimates using marking techniques. In *Ecological methods* (pp. 70-129). Springer, Dordrecht.
- SPSS Inc. Released 2001. *SPSS Statistics for Macintosh, Version 11.0*. Chicago: SPSS Inc.
- Sullivan, P., & Titus, C. (2001). The Vermilion Flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*) in southern Nevada.
- Ter Braak, C. J. F., & Smilauer, P. (2012). *Canoco 5*, Windows release (5.00). Software for multivariate data exploration, testing, and summarization. Biometris, Plant Research International, Wageningen.
- Traylor, M. A. (1977). A classification of the tyrant flycatchers (Tyrannidae).

- Team, R. C. (2014). R language definition. Vienna, Austria: R foundation for statistical computing.
- Tomback, D. F. (1975). An emetic technique to investigate food preferences. *The Auk* 92(3): 581-583.
- Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P. E. & Roth, V. (Eds). 2017. *Spiders of North America: an identification manual*, 2nd Edition American Arachnological Society, Keene, New Hampshire, USA.
- UNESCO-Xochimilco. (2005). "Proyecto para la Identificación Participativa de un Plan de Rehabilitación Integral del Patrimonio Cultural de Xochimilco". Comité Académico Ambiental Diagnóstico Integrado. Proyecto UNESCOWochimilco. Gobierno del Distrito Federal.
- Whelan, C. J. (2001). Foliage structure influences foraging of insectivorous forest birds: an experimental study. *Ecology* 82(1): 219-231.
- Whitlock, M., & Schluter, D. (2015). *The analysis of biological data* (p. 768). Roberts Publishers.
- Woodard, J. D., & Murphy, M. T. (1999). Sex roles, parental experience and reproductive success of eastern kingbirds, *Tyrannus tyrannus*. *Animal Behaviour* 57(1): 105-115.

## **Anexos**

Artículo publicado

## Habitat use and behavioral patterns of Cassin's Kingbird (*Tyrannus vociferans*) in an urban park of Mexico City

Norma A. Camacho-García,<sup>1</sup> Pablo Corcuera,<sup>2\*</sup> Carlos Lara,<sup>3</sup> Isaias Hazarmabeth Salgado Ugarte,<sup>4</sup> and María de la Asunción Soto<sup>2</sup>

**ABSTRACT**—Changes in vegetation structure and species composition affect habitat use and behavior in most bird species by altering the distribution and abundance of their resources. We explore how the mating and foraging behavior of Cassin's Kingbirds (*Tyrannus vociferans*) varies by habitat type within a 2,450 ha urban park in Mexico City. The study site includes primarily water bodies, riparian vegetation, willow and Montezuma cypress stands, maize fields, and grasslands. We recorded kingbird behavior twice a week along 21 transects throughout 2012 and 2015. Courtship and reproductive behaviors were displayed in autumn (Sep) and early winter (Dec). Intraspecific agonistic behaviors were associated with courtship and mating events, particularly in 2015. Cassin's Kingbird generally favored open vegetation. The main foraging strategy in open habitats was flycatching but foliage gleaning became frequent when mistletoe plants produced fruits in infested willow stands. The use of mistletoe fruits, presumably a secondary diet item, coincided with the breeding season. In addition to these observations, our study is the first report of Cassin's Kingbird winter mating at low latitudes. Received 31 October 2019. Accepted 29 December 2020.

**Key words:** behavior, courtship, foraging, kingbird, vegetation.

### Uso del hábitat y patrones de comportamiento del tirano gritón (*Tyrannus vociferans*) en un parque urbano de la Ciudad de México

**RESUMEN** (Spanish)—Los cambios en la estructura y composición de especies vegetales afectan el comportamiento y el uso de hábitat en la mayoría de las especies de aves, al alterar la distribución o abundancia de sus recursos. En este estudio, exploramos el papel que juega la estructura de la vegetación y la composición florística en las pautas conductuales asociadas con el apareamiento y forrajeo del tirano gritón (*Tyrannus vociferans*) en un área natural protegida de 2,450 ha dentro de la Ciudad de México. El sitio de estudio incluye cuerpos de agua, vegetación riparia, sauces y ahuehuetes, campos de maíz y pastizales. Registramos el comportamiento del tirano en estos tipos de vegetación 2 veces por semana en 21 transectos durante los años 2012 y 2015. El cortejo y los comportamientos reproductivos se llevaron a cabo en otoño (septiembre) y principios de invierno (diciembre). Las interacciones agonistas intraespecíficas coincidieron con el cortejo y apareamiento, principalmente en 2015. El forrajeo se llevó a cabo principalmente en vegetación abierta. La principal estrategia de búsqueda de alimento durante la época no reproductiva fue la caza aérea, aunque la pizca y el revoloteo fueron más frecuentes durante la reproducción, cuando había frutos de muérdago en sauces plagados. Además de estos resultados, este es el primer estudio que documenta que el tirano gritón puede aparearse en invierno en latitudes bajas.

**Palabras clave:** comportamiento, cortejo, forrajeo, tirano, vegetación.

Previous studies have shown that the physical structure and floristic composition of vegetation directly influence habitat selection and resource use by birds (MacArthur and MacArthur 1961, Hutto 1985, Peck 1989, Cueto et al. 2005, Milesi et al. 2008). In particular, vegetation cover and structural heterogeneity influence the way in which birds forage, choose nesting sites, and engage in intraspecific and interspecific agonistic interactions (Blendinger 2005). Thus, regardless of the avail-

ability of food, birds use certain plant species or microhabitats that facilitate foraging and provide nest sites and protection from predators (Wiens and Rotenberry 1981, Turner et al. 2003, De Stefano et al. 2012).

The family Tyrannidae is represented by 100 genera and 430 species, with the greatest diversity in the Neotropics (Gabriel and Pizo 2005, Ohlson et al. 2008, Rheindt et al. 2008). Although these birds mainly feed on arthropods and capture their prey through flycatching, gleaning, and hovering from the air, flycatchers also feed on the ground, a variety of vegetation strata, and many species are also opportunistic frugivores (Fitzpatrick 1980, Murphy 1983). Flycatchers can modify their foraging strategies according to vegetation structure, composition, and the distribution of their prey (Fitzpatrick 1981). This behavioral flexibility is particularly evident in open habitats with scattered trees where flycatchers have access to different

<sup>1</sup> Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Ciudad de México, México

<sup>3</sup> Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México

<sup>4</sup> Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

\* Corresponding author: pcmr@xanum.uam.mx

strata, plant species, and insect prey available on the air and different plant substrates (Brodhead 2005).

The Cassin's Kingbird (*Tyrannus vociferans*) is distributed from the southwestern United States to Guatemala (Peterson and Chalif 1994) and is semi-endemic to Mexico (González-García and Gómez de Silva 2003, Berlanga et al. 2008). This kingbird is sexually monomorphic (Hespenheide 1964), generally monogamous, and feeds on insects and fruits (MacGregor-Fors et al. 2010). It defends territories from different animal species and even from raptors, mostly during the parental care period (Davies 1976, Murphy 1986, Murphy et al. 1997, Armstrong 2011). Although there are very few studies on this particular kingbird, existing evidence indicates that it has a preference for open sites during the nonbreeding season, presumably in order to detect both its prey and enemies (Goldberg 1979). However, in the breeding season and particularly during nesting, some observations suggest that Cassin's Kingbird occupies well-protected sites in riparian habitats and/or patches of trees to place its nest (Blancher and Robertson 1984).

There is little information on the behavioral changes between the breeding and the nonbreeding seasons and on the possible influence of vegetation in behaviors associated with foraging and courtship. Here, we studied the foraging, agonistic, and mating behavioral patterns of the Cassin's Kingbird over 2 different years in a small urban protected area with contrasting habitats. Our main aim was to describe the mating and foraging behaviors of this species in 2 different seasons with different vegetation types. Our study aims to answer 3 main questions: (1) Do Cassin's Kingbirds preferentially use specific habitats for foraging and for mating? (2) Which distinctive behaviors are associated with the different habitats present in our study sites? (3) Are there behavioral changes between the breeding and the nonbreeding seasons? We hypothesize that intraspecific competition will be more intense during the mating season and that gleaning and hovering, both maneuvers used to collect fruit, will be more frequent during the mistletoe (*Cladocolea loniceroides*) fruiting period in our study site. Flycatching will be more frequent in open areas, since Cassin's Flycatchers can locate flying prey more easily, whereas gleaning and hovering would occur

mainly in sites with mistletoe-infested trees, since this is a stationary resource.

## Methods

### Study area

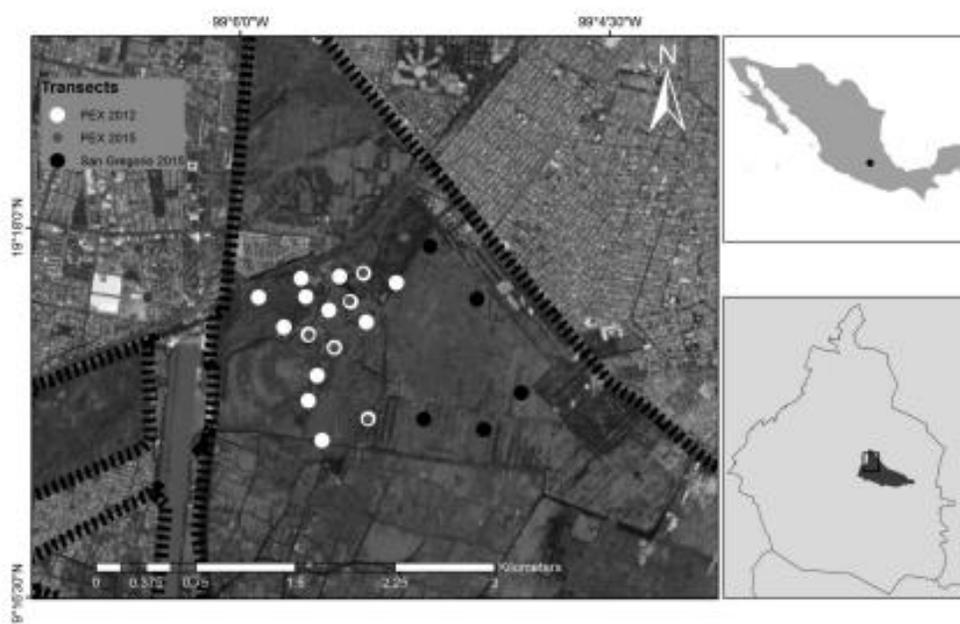
The study was carried out in an urban protected area comprising the Parque Ecológico de Xochimilco (19°17'20"N, 99°05'39"W) and the adjacent area of Ejidos de San Gregorio Atlapulco (19°16'37"N, 99°02'58"W), with an altitude of 2,240 m above sea level, within the limits of Mexico City. This 2,450 ha area has a 57 ha network of water channels and water bodies (Otto-Parrodi 1999). The main vegetation types were grassland (39%), groves and woodland (29%), and maize (*Zea mays*) fields (4%). Five of our sampling transects were located near water bodies (Fig. 1).

### Vegetation structure and composition

Sixteen 250 × 50 m transects were established in 2012: 5 near water channels, 4 in grasslands, and 7 in woodland areas (4 with Montezuma cypresses [*Taxodium mucronatum*], 2 with willows [*Salix bonplandiana*], and 1 with *Eucalyptus* trees). Ten transects were established in the second sampling year (2015), including 5 previously sampled (2 near water channels and 3 in open grasslands) and 5 new sites in maize fields where willows and *Eucalyptus* were present. The mean distance between transects was 180 m. The 2 years were treated separately because in the second year we included additional vegetation types (maize fields with scattered trees) and we wanted to expand our knowledge of habitat use in a wider variety of habitats.

In both years, at the beginning of July, we assessed vegetation structure by drawing an imaginary line every 10 m across the width of each of the 21 transects. At each point, a 2 m rod graduated every 10 cm was placed vertically and we recorded the identity of each plant that contacted it. To assess the vegetation of the highest strata, we used an optical square marked with 2 perpendicular axes (Montaña and Ezcurra 1980). The total vegetation was calculated by adding up the total number of contacts.

The main vegetation categories and plant species recorded in 2012 were (1) grassland,



**Figure 1.** The Parque Ecológico de Xochimilco, an urban park in Mexico City, and the location of the bird sampling transects used in 2012 and 2015.

where the grass *Bromus* sp. was dominant; (2) grassland with *Eucalyptus*; (3) willow forest, in which the majority of the tree stratum was represented by *S. bonplandiana* infested with mistletoe; (4) shrubland; (5) Montezuma cypress forest; and (6) riparian vegetation dominated by the cattail *Typha latifolia*. In 2015, we made observations in 5 of the transects established in 2012 (open grassland, grassland with *Eucalyptus*, willow forest, and riparian vegetation). In addition, we included 4 maize field plots where *S. bonplandiana*, *Casuarina equisetifolia*, and *E. globulus* trees were present (Table 1).

#### Behavioral patterns

We recorded the frequency of behavioral events during visual foot surveys along the established transects. We used binoculars (8 × 40 mm; Eagle Optics, Madison, Wisconsin, USA) and a voice recorder to register our observations. Sampling was carried out 2 d per week January–December in both 2012 and 2015 (204 visits) from 0700 to 1100 h, which is the time of the day when birds are more active (Ralph et al. 1997, Botero et al. 2005). We

changed the order in which transects were visited to avoid bias in the number of observations per transect. Observed behaviors were recorded in an ethogram and were based on Remsen and Robinson (1990).

Because the Cassin's Kingbird is gregarious, behavioral observations consisted of records of the first behavior displayed by each member of the group (Lehner 1979, López-Rull 2014). Behavioral observations in each transect took 30 min to complete. Each time a Cassin's Kingbird was observed, we recorded the foraging maneuver and the vegetation strata from which the individual obtained a food item. We also documented agonistic interactions, courtship, and copulation. In addition, the following foraging types were recorded: tree gleaning, when an individual collected fruits from vegetation; grass gleaning, when an individual caught insects from grasses and ground vegetation; flycatching, when an individual caught insects in flight; and hovering, when an individual foraged for food on vegetation in stationary flight. Courtship was recorded when a zig-zag flight (Rylander 2002, Tweit and Tweit 2020) or dance was performed between a male and

**Table 1.** Plant cover of the vegetation types of various transects in the Xochimilco reserve, an urban park in Mexico City in 2012 and 2015. The units are the number of contacts that each plant species made with a 2 m rod (for lower vegetation) or with an optical square (for higher vegetation) as explained in the methodology section. Figures in parenthesis indicate the number of replicates.

Vegetation type	<i>Montenana cypress</i>	<i>Willow</i>	<i>Willow-mistletoe</i>	<i>Eucalyptus</i>	<i>Casahuate</i>	<i>Shrubs</i>	<i>Bromus</i>	<i>Herbs</i>	<i>Typha</i>	<i>Maize</i>
2012										
Open grassland (5)	63.0	97.0	19.0	0.0	0.0	13.6	271.8	92.4	5.0	–
Grass- <i>Eucalyptus</i> (1)	49.0	180.0	21.0	15.0	0.0	15.0	382.0	86.0	4.0	–
<i>Salix</i> -Mistletoe (5)	138.2	350.6	30.6	10.0	0.0	42.0	287.6	78.0	103.0	–
Shrub (1)	111.0	79.0	9.0	0.0	0.0	126.0	126.0	86.0	121.0	–
<i>Taxodium</i> (1)	365.0	110.0	12.0	0.0	0.0	68.0	223.0	101.0	88.0	–
<i>Typha</i> (3)	99.7	28.3	8.7	0.0	0.0	15.7	178.3	70.0	204.0	–
2015										
Open Grassland (4)	50.8	42.8	29.0	9.0	8.5	17.3	206.5	200.0	2.5	0.0
Grass- <i>Eucalyptus</i> (1)	49.0	180.0	21.0	15.0	0.0	15.0	382.0	86.0	4.0	0.0
Maize fields (3)	0.0	0.0	6.0	32.0	6.3	41.5	416.0	141.3	0.0	229.3
<i>Salix</i> -Mistletoe (1)	186.0	312.0	60.0	0.0	0.0	39.0	255.0	111.0	36.0	0.0
<i>Typha</i> (1)	112.0	13.0	6.0	0.0	0.0	3.0	284.0	55.0	165.0	0.0

a female. Reproduction included mating, when a male and a female joined their cloacae. Finally, we also recorded intraspecific and interspecific agonistic encounters. Typically, these attacks consisted of an individual bird chasing or fluttering and pecking at others to displace them from a perch.

### Statistical analyses

We used a kernel density analysis (Salgado-Ugarte 2002) in order to inspect changes in mating and agonistic behaviors over time. This type of nonparametric estimation shows the differences in the distribution of the frequencies and the multimodal outliers can be easily detected (Salgado-Ugarte 2002, Brufman et al. 2005). The diagrams of the smoothed curves were obtained using Gaussian kernels with an optimal bandwidth (Stata 12; StataCorp, College Station, Texas, USA). Intraspecific and interspecific agonistic interactions were also analyzed with this statistical approach to determine their annual fluctuation and visualize temporal patterns.

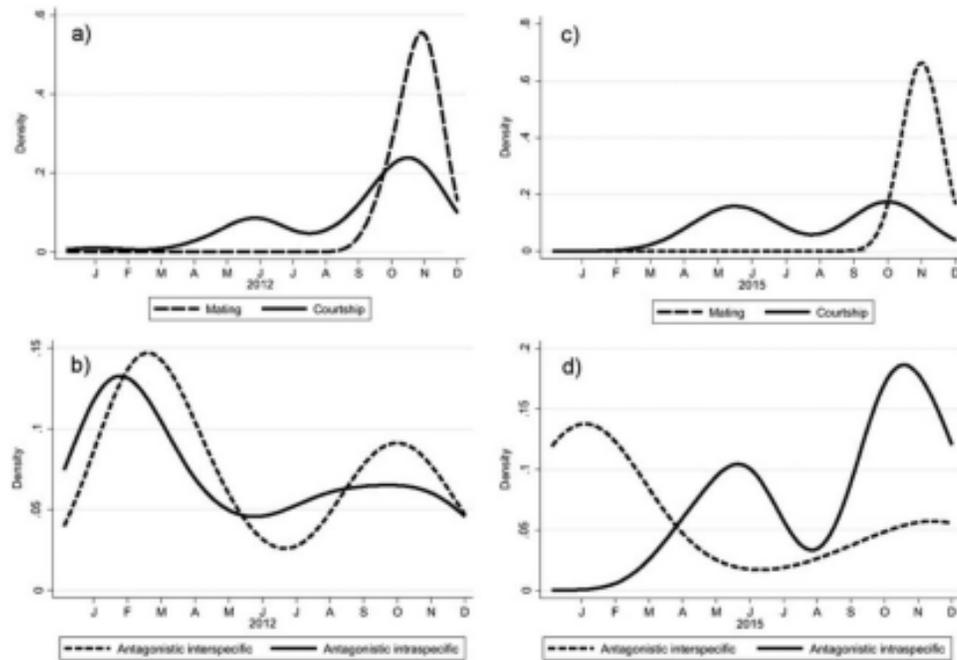
We used a linear mixed model (LMM) and a log link function in R (R Development Core Team 2014) to determine the effects of season (breeding and nonbreeding) and vegetation type (fixed factors) on foraging (gleaning, flycatching, and hovering) and agonistic behaviors (intraspecific and interspecific) as response variables for each sampled year. Courtship and mating were not included in these models because their small

sample size prevented us from including them in these analyses following this method. Transect identity was included in the models as random effects. The full model was simplified using Akaike Information Criterion (AIC) to select the final model using stepwise backward elimination with likelihood ratio tests as described by Crawley (2005). Before carrying out statistical tests of all LMM models, we assessed the normality of residuals of all continuous variables using the probability Q-Q (quantile-quantile) plots to compare the shapes of probability distributions (Wilk and Gnanadesikan 1968). For each set of statistical tests, we applied a sequential Holm-Bonferroni adjustment to balance the type I/type II error distribution (Holm 1979).

## Results

### Temporal behavioral patterns

We observed an increase in courtship behavior during 2 periods of both years: the first occurred in mid-May and the second in October. Mating began in September, reaching its peak during the second half of October and then decreasing toward the end of the year (Fig. 2a, 2c). At the end of 2015 we also found active nests in the 5 new sites added in this year. We used these results to separate the year into 2 seasons, breeding (from Aug, when mating began, to Dec, the end of the nesting period) and nonbreeding (Jan-Jul). The first courtship period (mid-May) was not included in the breeding



**Figure 2.** Frequency curves smoothed by kernel density for reproductive and antagonistic behaviors of Cassin's Kingbird at the Parque Ecologico Xochimilco and Ejidos de San Gregorio Atlapulco in Mexico City recorded in 2012 (a, b) and 2015 (c, d). Legends for months: J = January, F = February, M = March, A = April, M = May, J = June, J = July, A = August, S = September, O = October, N = November, and D = December.

season because it did not lead to breeding. During the 2 sampling years, the frequency of agonistic interspecific behaviors was higher at the beginning and at the end of the year (Fig. 2b, 2d). Agonistic intraspecific behavior had 2 peaks that varied between years: a frequency peak in spring and a small increase at the end of 2012, and a high frequency in the middle (May–Jun) and end of 2015 (Fig. 2b, 2d). The increase in frequencies at the end of the year coincided with mating.

#### Vegetation–behavior relationship

We found significant differences in the frequency of the 3 foraging behaviors between years and between vegetation types (Table 2, Fig. 3). In the nonbreeding season, gleaning, flycatching, and hovering were significantly more frequent in open grassland. In the breeding season, gleaning and hovering were more frequent in grasslands in which *Eucalyptus* were present. Hovering was significantly more frequent in grasslands with

*Eucalyptus* and gleaning was frequent in sites where willows were infested by mistletoes. In 2015 hovering was common in maize fields in which scattered *Eucalyptus* were present (Fig. 3).

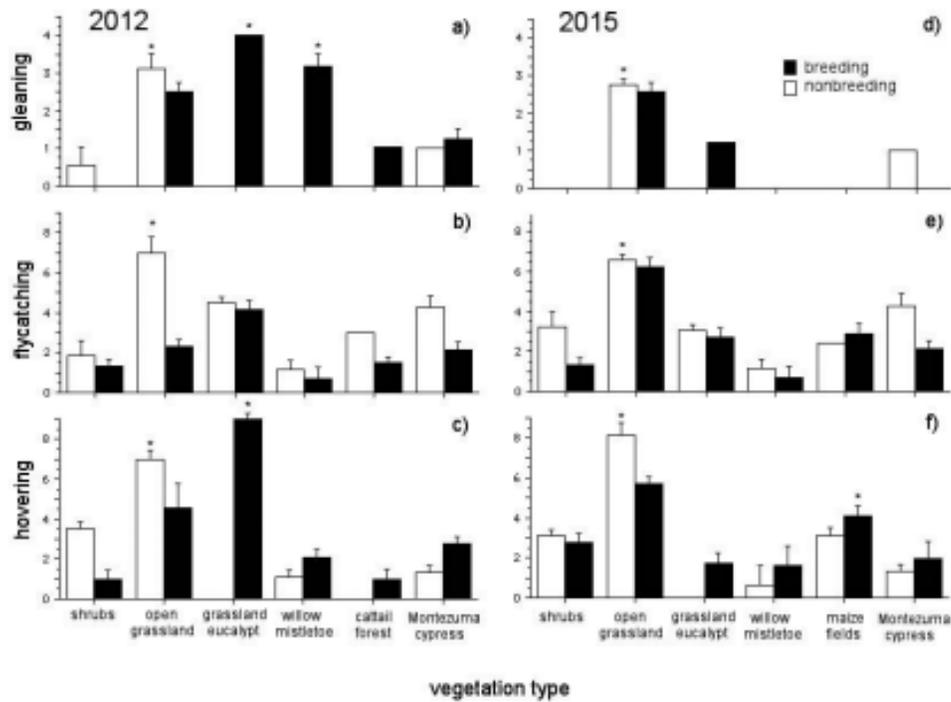
There were also differences in intraspecific and interspecific agonistic interactions between years but not among vegetation types (Table 2). In 2012, intraspecific and interspecific agonistic behaviors were most intense in the nonbreeding season (Fig. 3). However, in 2015 intraspecific agonistic interactions were most frequent in the breeding season, while interspecific agonistic behaviors were more intense in the nonbreeding season.

#### Discussion

In northern latitudes, the reproduction of Cassin's Kingbird occurs in the months of May and July (Goldberg 1979). It was therefore surprising for us to find that reproduction in our study site occurred in the fall and early winter. The

**Table 2.** Summary of simplified linear mixed models (LMM) analyzing the effect of season (breeding and nonbreeding), vegetation type, and their interaction on behavioral components of Cassin's Kingbird in an urban park in Mexico City in 2012 and 2015.

Sampled year	Bird behavior	Numerator d.f.	Denominator d.f.	F	P
2012	(a) Gleaning				
	(Intercept)	1	62	54.67	<0.001
	Season	1	62	4.55	0.036
	Vegetation type	5	62	2.99	0.017
	Season × Vegetation type	4	62	0.68	0.602
	(b) Flycatching				
	(Intercept)	1	86	92.51	<0.001
	Season	1	86	15.78	0.001
	Vegetation type	6	86	4.37	0.233
	Season × Vegetation type	5	86	2.13	0.069
	(c) Hovering				
	(Intercept)	1	42	22.20	0.357
	Season	1	42	0.867	0.460
	Vegetation type	6	42	0.951	0.749
	Season × Vegetation type	5	42	0.405	0.837
	(d) Agonistic interspecific				
	(Intercept)	1	24	25.58	<0.001
	Season	1	24	5.175	0.075
	Vegetation type	6	24	1.289	0.329
	Season × Vegetation type	5	24	2.175	0.117
(e) Agonistic intraspecific					
(Intercept)	1	24	54.82	<0.001	
Season	1	24	3.782	0.049	
Vegetation type	6	24	1.518	0.473	
Season × Vegetation type	5	24	3.181	0.276	
2015	(a) Gleaning				
	(Intercept)	1	46	20.33	<0.001
	Season	1	46	4.897	0.045
	Vegetation type	5	46	3.288	0.019
	Season × Vegetation type	4	46	0.774	0.535
	(b) Flycatching				
	(Intercept)	1	77	64.400	<0.001
	Season	1	77	16.998	0.010
	Vegetation type	6	77	8.721	0.034
	Season × Vegetation type	5	77	1.891	0.191
	(c) Hovering				
	(Intercept)	1	42	13.774	<0.001
	Season	1	42	5.485	0.039
	Vegetation type	6	42	4.485	0.048
	Season × Vegetation type	5	42	2.244	0.147
	(d) Agonistic interspecific				
	(Intercept)	1	24	27.78	<0.001
	Season	1	24	5.558	0.019
	Vegetation type	5	24	1.399	0.466
	Season × Vegetation type	4	24	2.224	0.350
(e) Agonistic intraspecific					
(Intercept)	1	24	31.233	<0.001	
Season	1	24	4.100	0.047	
Vegetation type	5	24	0.152	0.974	
Season × Vegetation type	4	24	0.726	0.466	



**Figure 3.** The effect of season and vegetation type on back-transformed means ( $\pm$ SE) foraging behaviors of Cassin's Kingbird in an urban park in Mexico City during 2012 and 2015. (a, d) gleaning, (b, e) flycatching, (c, f) hovering. Asterisks represent significantly different ( $P < 0.05$ ) values between seasons based on post hoc mean comparisons (adjustment by Tukey's method).

temperature of this period is relatively mild in central Mexico and therefore nesting would not be affected by this condition as it is in higher latitudes. There is evidence suggesting that the breeding season for birds in the Neotropics is less clearly defined by seasons in comparison to that of higher latitudes (Echeverry-Galvis and Córdoba-Córdoba 2008). For instance, according to Tweit and Tweit (2020), Miller et al. (1957), Binford (1989), and Russell and Monson (1998) found that the breeding season in Mexico was from May to June and documented breeding as late as September. In addition, Hanna (1942) in California reported a Cassin's Kingbird nest out of season, extending its reproduction to the month of August, while Skutch (1997) reported likely second broods in Mexico, due to resource availability and mild climatic conditions during the second clutch.

Food plays an important role in the timing of Cassin's Kingbird reproduction and an adequate

supply of food is essential to allow birds to nest (Goldberg 1979). For Neotropical birds, there are more available food resources during the rainy season, a period that frequently coincides with their breeding season (Jahn et al. 2010). In our study site, winter rains can occur from October to December. This precipitation pattern favors plant growth and prey availability (Morrison and Bolger 2002). This could explain why the Cassin's Kingbird breeds during these months. In addition, the Cassin's Kingbird is a facultative frugivore (MacGregor-Fors et al. 2010) that takes advantage of the appearance of the mistletoe fruit (Sep–Mar) as a supplement to its diet while it is nesting.

Intraspecific aggression among Cassin's Kingbirds had a bimodal temporal distribution in our study site. A first peak occurred in January–April 2012, during the establishment of territories for feeding and reproduction, and the second in July to December. This pattern was similar to that

recorded in 2015, where there was a higher peak of these agonistic behaviors in September–December that coincided with the breeding season. It is possible that confrontations increased during the breeding season due to male competition for females, a possibility that requires further research.

Numerous conflicts with individuals of other bird species were also recorded throughout the year. This phenomenon has also been documented in other species of the family (Klavins and Bodrati 2007, Alessio et al. 2008, Armstrong 2011, Camacho-García 2013). The frequency of interspecific aggressions was also bimodal during both sampling years, with a high frequency in February–March and October–November in 2012 and in January–February and November of 2015. Attacks were carried out against species of a greater size such as the Black-crowned Night-Heron (*Nycticorax nycticorax*) and the American Kestrel (*Falco sparverius*). The Red-tailed Hawk (*Buteo jamaicensis*) was the only species that did not flee from attacks. The attacks we observed against American Kestrels were generally carried out by a group of Cassin's Kingbirds that would continually harass them. Mobbing attacks are one of the strategies that small species have to defend themselves against predators (Martin and Ghilambor 2014). It appears that these attacks were the result of the defense of prey observation perches. In 2015, the interspecific antagonistic displays also peaked at the beginning and at the end of the year. During these periods Cassin's Kingbirds were looking for mistletoe fruits in host trees. Other birds also feed on this resource (e.g., Rufous-backed Robin [*Turdus rufopalliat*], American Robin [*T. migratorius*], and Black-headed Grosbeak [*Pheucticus melanocephalus*]) and, presumably, these attacks were related to competition for mistletoe fruit.

Throughout our study, we observed 10 active nests in grassland–*Eucalyptus* habitat and 5 active nests in maize fields with *Eucalyptus* trees (NAC-G, pers. obs.). Ohlendorf (1974) found that individuals that nested in forested microhabitats had a greater reproductive success because trees protected them from predation. Other authors found a similar pattern (Fitzpatrick 1980, Blancher and Robertson 1982, 1984; Johnsgard 2009, Cruz-Palacios et al. 2011).

Flycatching is one of the most frequently used foraging strategies by tyrant flycatchers (Johnsgard

2009), particularly in open areas and riparian habitats (Blancher and Robertson 1982, Brodhead 2005). Cassin's Kingbirds typically use aerial maneuvers to capture prey, although they also search for arthropods on the ground (Blancher and Robertson 1984). As seen in the LMM results, flycatching was mainly observed in grasslands and in maize fields with scattered trees, from which the Cassin's Kingbird sallied after aerial prey. This confirms the importance of the open areas for tyrant flycatchers. In addition, we observed that ground insect gleaning was relatively common. This strategy occurred frequently in open grasslands with low shrubs and herbaceous plants. Tree gleaning was associated with willows infested with mistletoe during both seasons of the first year of our study but was more common during the breeding season. The consumption of mistletoe fruits by Cassin's Kingbird has been documented by Ortiz-Pulido (1997) and Díaz-Infante et al. (2016). Other studies have also reported the use of fruit by kingbirds during the breeding season (Murphy et al. 1997, Jahn et al. 2010).

In short, we found that Cassin's Kingbird foraging and breeding behavior maintains a close relationship with vegetation structure and floristic composition. Tree gleaning was used when mistletoe fruit was available, while aerial flycatching, ground gleaning, and hovering were more frequent in open grassland. Courtship and mating were more frequent in open habitats. Mating was associated with intraspecific agonistic behaviors during the 2 years of this study. In the second year we observed nest construction in trees near maize fields. Interestingly, this activity, as well as mating, took place during the fall and winter. This is the first study to document winter reproductive behavior for this species.

#### Acknowledgments

We thank the shareholders of the Área Natural Protegida San Gregorio Atlapulco and the staff of the Parque Ecológico de Xochimilco for allowing us to access their facilities. N.A. Camacho-García was supported by a doctoral scholarship (266002) from CONACYT. This work was done in partial fulfillment of N.A. Camacho-García's doctoral degree at UAM.

#### Literature cited

Alessio VG, Beltzer AH, Quiroga MA. 2008. Biología alimentaria del suiriri amarillo, *Satrapa icterophrys* y

- del suiriri grande, *Tyrannus melancholicus* (Aves: Tyrannidae) en el valle aluvial del Paraná, Argentina [Food biology of the Yellow-browed Tyrant, *Satrapa icterophrys*, and the Tropical Kingbird, *Tyrannus melancholicus* (Aves: Tyrannidae) in the Paraná River Valley, Argentina]. Rev. FABICIB. 12:149–159.
- Armstrong DD. 2011. Eastern Kingbird (*Tyrannus tyrannus*). In: Chartier AT, Baldy JJ, Breneman JM, editors. The second Michigan breeding bird atlas [cited 14 Feb 2019]. Kalamazoo (MI): Kalamazoo Nature Center. www.mibirdatlas.org/Portals/12/MBA2010/EAKIaccount.pdf
- Berlanga H, Rodríguez-Contreras V, Oliveras de Ita A, Escoba M, Rodríguez L, Vieyra L, Vargas V. 2008. Red de conocimientos sobre las aves de México [Knowledge network about the birds of Mexico] [cited 11 Mar 2019]. CONABIO. Spanish. http://avesmx.conabio.gob.mx
- Binford LC. 1989. A distributional survey of the birds of the Mexican state of Oaxaca. Ornithological Monographs. 43:1–418.
- Blancher PJ, Robertson RJ. 1982. Kingbird aggression: Does it deter predation? Animal Behaviour. 30:929–930.
- Blancher PJ, Robertson RJ. 1984. Resource use by sympatric kingbirds. Condor. 86:305–313.
- Blendinger PG. 2005. Abundance and diversity of small-bird assemblages in the Monte desert, Argentina. Journal of Arid Environments. 61:567–587.
- Botero JE, Lentijo GM, López AM, Castellanos O, Aristizábal C, et al. 2005. Adiciones a la lista de aves del municipio de Manizales [Additions to the list of birds of the municipality of Manizales]. Boletín SAO. 15:69–88. Spanish.
- Brodhead KM. 2005. The influence of riparian-canopy structure and coverage on the breeding distribution of the Southwestern Willow Flycatcher [master's thesis]. Bozeman (MT): Montana State University.
- Brufman JZ, Urbisaia HL, Trajtenberg LA. 2005. Distribución del ingreso según género: un enfoque no paramétrico [Income distribution according to gender: A nonparametric approach]. Cuadernos del CIM-BAGE. 8:129–168. Spanish.
- Camacho-García NA. 2013. Uso del hábitat y pautas conductuales de *Pyrocephalus rubinus* y *Tyrannus vociferans* en el Parque Ecológico Xochimilco [Habitat use and behavioral patterns of Scarlet Flycatcher, *Pyrocephalus rubinus*, and Cassin's Kingbird, *Tyrannus vociferans*, in Parque Ecológico de Xochimilco] [master's thesis]. Ciudad de México (México): Universidad Autónoma Metropolitana. Spanish.
- Crawley MJ. 2005. Statistics: An introduction using R. Chichester (UK): Wiley Publishing.
- Cruz-Palacios MT, Almazán-Núñez RC, Bahena-Toribio R. 2011. Distribución geográfica y ecológica de la familia Tyrannidae (Aves: Passeriformes) en Guerrero, México [Geographic and ecological distribution of family Tyrannidae (Aves: Passeriformes) in Guerrero state, Mexico]. Mesoamericana. 15:15–24. Spanish.
- Cueto VR, López De Casenave J, Cecilia Sagario M, Damonte J. 2005. Relación aves-vegetación: importancia de los algarrobales para la avifauna del desierto del monte [Bird-vegetation relationship: The importance of the *Prosopis* trees for the avifauna from the Monte desert]. La situación ambiental Argentina. 2005:234–239. Spanish.
- Davies NB. 1976. Food, flocking and territorial behaviour of the Pied Wagtail (*Motacilla alba yarrellii* Gould) in winter. Journal of Animal Ecology. 45:235–253.
- De Stefano K, Merler JA, Magnano AL, Nanni AS, Kandus P, Quintana RD. 2012. Relación entre la heterogeneidad ambiental y el patrón de distribución y la riqueza de aves en dos unidades de paisajes del delta del Paraná, Argentina [Relationship between environmental heterogeneity and bird distribution pattern and richness in two landscape units of Paraná delta]. Ornitología Neotropical. 23:169–184.
- Díaz-Infante S, Lara C, Arizmendi C, Eguarte LE, Ornelas JF. 2016. Pollination ecology, breeding system and reproductive isolation of *Psittacanthus calycularis* mistletoes (Loranthaceae) in sympatry with *P. auricularis*. PeerJ. 4:e2491.
- Echeverry-Galvis MA, Córdoba-Córdoba S. 2008. Una visión general de la reproducción y muda de aves en el Neotrópico [A general vision of reproduction and molt of birds in the Neotropics]. Ornitología Neotropical. 19:197–205. Spanish.
- Fitzpatrick JW. 1980. Foraging behavior of Neotropical tyrant flycatchers. Condor. 82:43–57.
- Fitzpatrick JW. 1981. Search strategies of tyrant flycatchers. Animal Behavior. 29:810–821.
- Gabriel VDA, Pizo MA. 2005. Foraging behavior of tyrant flycatchers (Aves, Tyrannidae) in Brazil. Revista Brasileira de Zoologia. 22:1072–1077.
- Goldberg NH. 1979. Behavioral flexibility and foraging strategies in Cassin's and Western kingbirds (*Tyrannus vociferans* and *T. verticalis*) breeding sympatrically in riparian habitats in central Arizona [dissertation]. Urbana-Champaign (IL): University of Illinois.
- González-García F, Gómez de Silva H. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación [Endemic species: Richness, distribution patterns, and challenges for their conservation]. Conservación de aves: experiencias en México, H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita. (eds.). CIPAMEX/CONABIO/NFWF, México, DF; p. 150–194. Spanish.
- Hanna WC. 1942. Late breeding record for the Cassin Kingbird. Condor. 44:76.
- Hespenheide HA. 1964. Competition and the genus *Tyrannus*. Wilson Bulletin. 76:265–281.
- Holm S. 1979. A simple sequentially rejective multiple test procedure. Scandinavian Journal of Statistics. 6:65–70.
- Hutto RL. 1985. Habitat selection by nonbreeding, migratory land birds. In: Cody ML, editor. Habitat selection in birds. New York (NY): Academic Press; p. 455–476.
- Jahn A, Levey DJ, Mamani AM, Saldias M, Alcoba A, et al. 2010. Seasonal differences in rainfall, food availability, and the foraging behavior of Tropical Kingbirds in the southern Amazon Basin. Journal of Field Ornithology. 81:340–348.

- Johnsgard P. 2009. Family Tyrannidae (tyrant flycatchers). Birds of the Great Plains. Lincoln (NE): University of Nebraska Press; p. 247–264.
- Klavins A, Bodrati A. 2007. La viudita enmascarada (*Fluvicola nengeta*): Nueva especie para Paraguay y segundo registro en Argentina [The Masked Water Tyrant (*Fluvicola nengeta*): New species for Paraguay and second record in Argentina]. *Homero*. 22:43–45. Spanish.
- Lehner P. 1979. Handbook of ethological methods. New York (NY): Garland STMP Press.
- López-Rull I. 2014. Métodos de medición del comportamiento [Behavior measurement methods]. In: Martínez-Gómez M, Rodríguez J (eds). *Biología del Comportamiento: Aportaciones desde la Fisiología*. Universidad Autónoma de Tlaxcala. México; p. 47–59.
- MacArthur RH, MacArthur JW. 1961. On bird species diversity. *Ecology*. 42:594–598.
- MacGregor-Fors I, Blanco-García A, Lindig-Cisneros R. 2010. Bird community shifts related to different forest restoration efforts: A case study from a managed habitat matrix in Mexico. *Ecological Engineering*. 36:1492–1496.
- Martin PR, Ghalambor CK. 2014. When David beats Goliath: The advantage of large size in interspecific aggressive contests declines over evolutionary time. *PLOS One*. 9:e108741.
- Milesi FA, De Casenave JL, Cueto VR. 2008. Selection of foraging sites by desert granivorous birds: Vegetation structure, seed availability, species-specific foraging tactics, and spatial scale. *Auk*. 125:473–484.
- Miller AH, Friedmann H, Griscom L, Moore RT. 1957. Distributional checklist of the birds of Mexico. Part II. Pacific Coast Avifauna. 33:1–436.
- Montaña C, Ezcurra E. 1980. Simple instrument for quick measurement of crown projections. *Journal of Forestry*. 78:699.
- Morrison SA, Bolger DT. 2002. Variation in a sparrow's reproductive success with rainfall: Food and predator-mediated processes. *Oecologia*. 133:315–324.
- Murphy MT. 1983. Ecological aspects of the reproductive biology of Eastern Kingbirds: Geographic comparisons. *Ecology*. 64:914–928.
- Murphy MT. 1986. Temporal components of reproductive variability in Eastern Kingbirds (*Tyrannus tyrannus*). *Ecology*. 67:1483–1492.
- Murphy MT, Cummings CL, Palmer MS. 1997. Comparative analysis of habitat selection, nest site and nest success by Cedar Waxwings (*Bombus cedrorum*) and Eastern Kingbirds (*Tyrannus tyrannus*). *American Midland Naturalist*. 138:344–356.
- Oehlendorf HM. 1974. Competitive relationships among kingbirds (*Tyrannus*) in trans-Pecos Texas. *Wilson Bulletin*. 86:357–373.
- Ohlson J, Fjeldså J, Ericson PGP. 2008. Tyrant flycatchers coming out in the open: Phylogeny and ecological radiation of Tyrannidae (Aves, Passeriformes). *Zoologica Scripta*. 37:315–335.
- Ortiz-Pulido R. 1997. Actividades frugívoras de *Tyrannus forficatus* en un mosaico de vegetación durante la migración [Frugivorous activities of Scissor-tailed Flycatcher, *Tyrannus forficatus*, in a vegetation mosaic during migration]. *Ornitología Neotropical*. 8:237–239. Spanish.
- Otto-Parrodi ES. 1999. Conservación del ajolote (*Ambystoma mexicanum*) mediante su cultivo y siembra en el Parque Ecológico de Xochimilco [Conservation of the Mexican Axolotl (*Ambystoma mexicanum*) through farming and planting in the Parque Ecológico de Xochimilco]. Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco AC. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J087.
- Peck KM. 1989. Tree species preferences shown by foraging birds in forest plantations in northern England. *Biological Conservation*. 48:41–57.
- Peterson RT, Chalif EL. 1994. Aves de México: guía de campo: identificación de todas las especies encontradas en México, Guatemala, Belice y El Salvador [Birds of Mexico: A field guide: Identification of all species found in Mexico, Guatemala, Belize, and El Salvador]. Diana. Mexico; p. 229–252. Spanish.
- Ralph CJ, Forest PS, Station RE. 1997. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres [Manual of field methods for terrestrial bird monitoring]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. Spanish.
- R Development Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing [cited 19 Oct 2019]. <http://www.R-project.org/>
- Remsen JV, Robinson SK. 1990. A classification scheme for foraging behaviour of birds in terrestrial habitats. *Studies in Avian Biology*. 13:144–160.
- Rheindt FE, Norman JA, Christidis L. 2008. Phylogenetic relationships of tyrant-flycatchers (Aves: Tyrannidae), with an emphasis on the Elaeniine assemblage. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 46:88–101.
- Russell S, Monson G. 1998. The birds of Sonora. Tucson (AZ): University of Arizona Press.
- Rylander K. 2002. The behavior of Texas birds. Austin (TX): University of Texas Press.
- Salgado-Ugarte IH. 2002. Suavización no paramétrica para análisis de datos [Nonparametric smoothing for data analysis]. Universidad Nacional Autónoma de México. Spanish.
- Skutch AF. 1997. Life of the flycatcher. Norman (OK): University of Oklahoma Press.
- Turner MG, Pearson SM, Bolstad P, Wear DN. 2003. Effects of land-cover change on spatial pattern of forest communities in the southern Appalachian Mountains (USA). *Landscape Ecology*. 18:449–464.
- Tweit RC, Tweit JC. 2020. Cassin's Kingbird (*Tyrannus vociferans*). In: Poole AF, Gill FB, editors. *Birds of the world*. Ithaca (NY): Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.caskin.01>
- Wiens JA, Rotenberry JT. 1981. Habitat associations and community structure of birds in shrub steppe environments. *Ecological Monographs*. 51:21–42.
- Wilk MB, Gnanadesikan R. 1968. Probability plotting methods for the analysis of data. *Biometrika*. 55:1–17.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# ACTA DE DISERTACIÓN PÚBLICA

No. 00133

Matrícula: 2143800375

Cambios espacio-temporales en la conducta de *Pyrocephalus rubinus* y *Tyrannus vociferans* en función de los recursos disponibles en dos áreas de Xochimilco.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 5 del mes de diciembre del año 2022 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. PABLO CORCUERA MARTINEZ DEL RIO  
DR. ISAIAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE  
DR. ROBERTO CARLOS ALMAZAN NUÑEZ  
DR. UBALDO MARQUEZ LUNA  
DR. CARLOS ALBERTO LARA RODRIGUEZ



NORMA ANGELICA CAMACHO GARCIA  
ALUMNA

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron a la presentación de la Disertación Pública cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DE: NORMA ANGELICA CAMACHO GARCIA

y de acuerdo con el artículo 78 fracción IV del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

*Aprobar*

REVISÓ

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ  
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBS

DR. JOSE LUIS GOMEZ OLIVARES

PRESIDENTE

DR. PABLO CORCUERA MARTINEZ DEL RIO

VOCAL

DR. ISAIAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE

VOCAL

DR. ROBERTO CARLOS ALMAZAN NUÑEZ

VOCAL

DR. UBALDO MARQUEZ LUNA

SECRETARIO

DR. CARLOS ALBERTO LARA RODRIGUEZ