



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EFFECTO DE LA PRESENCIA DE LA ARDILLA GRIS *Sciurus
aureogaster* (MAMMALIA: RODENTIA) SOBRE LA
OCUPACIÓN DE HÁBITAT DE DIVERSAS ESPECIES DE AVES
PASERIFORMES DENTRO DE LA RESERVA ECOLÓGICA
DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL, CIUDAD DE MÉXICO,
MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A :

ESTRELLA SERRANO GARCÍA

TUTOR

M. en C. GONZALO ÁNGEL RAMÍREZ CRUZ



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno

Estrella
Serrano
García
044-55-61-55-83-48
EstrellaSerrano@ciencias.unam.mx
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
309269788

2. Datos del tutor

M. en C.
Gonzalo Ángel
Ramírez
Cruz

3. Datos del sinodal 1

Dra.
Livia Socorro
León
Paniagua

4. Datos del sinodal 2

M. en C.
Yolanda
Hortelano
Moncada

5. Datos del sinodal 3

M. en C.
Verónica
Aguilar
Zamora

6. Datos del sinodal 4

Dr.
José Jaime
Zúñiga
Vega

7. Datos del trabajo escrito

Efecto de la presencia de la ardilla gris *Sciurus aureogaster* (Mammalia: Rodentia) sobre la ocupación de hábitat de diversas especies de aves paseriformes dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México, México
69 pp
2018

“Siente menos curiosidad por la gente y más curiosidad por las ideas”

- Marie Curie

“El amor desinteresado por todas las criaturas vivientes es el más noble atributo del hombre”

- Charles Darwin

“Mira y recuerda. Mira esta tierra,
lejos, muy lejos, a través de las fábricas y de la hierba.
Seguramente, ahí, seguramente te dejarán pasar.
Habla entonces e interroga a las rocas y a los bosques.

¿Qué escuchas? ¿Qué ordena la tierra?
La tierra está ocupada: este no es tu hogar.”

- Karl Shapiro, *Travelogue for Exiles*

AGRADECIMIENTOS

A mis papás, Reyna y Víctor, por enseñarme que el amor por los nuestros es el tesoro más invaluable que una persona puede tener. Por enseñarme que la vida se enfrenta con dignidad y esfuerzo. Por enseñarme a enfrentar mis miedos. Por ser mis guías y mi apoyo incondicional en cada uno de los pasos que he dado por la vida. Por enseñarme que la compasión por todo ser viviente está íntimamente ligada a la bondad de carácter. Por enseñarme a perseverar, pues el querer es poder y no importa cuánto cueste o cuánto me tarde, lo realmente importante es concluir y hacerlo siempre dando lo mejor de mí. ¡Gracias por darme la vida y por su amor infinito, los amo!

A mi hermana Jocelyn, mi compañera de vida. Porque aun siendo niñas me enseñó sobre lealtad, valentía y esmero. Por enseñarme a defender con fiereza lo más importante que tenemos, el amor y la lealtad hacia nuestra familia. Por enseñarme a ser valiente sin importar que tan sinuoso se vea el camino. Por ser mi ejemplo de excelencia. Por enseñarme que la vida también se enfrenta con justicia, determinación y nobleza. ¡Te amo hermana!

A mi alma máter, la Universidad Nacional Autónoma de México y sus profesores que durante mis años en el Colegio de Ciencias y Humanidades y la Facultad de Ciencias dedicaron trabajo, tiempo y esfuerzo para que pudiera desarrollarme como ser humano y profesionista.

A mi tutor, Gonzalo Ramírez Cruz, por su dedicación y paciencia, ya que sin su guía y supervisión hubiera sido muy difícil avanzar de forma tan satisfactoria. Gracias por contagiarme el afán de ser más crítica con mi trabajo.

Al Dr. José Jaime Zúñiga Vega, por la oportunidad de unirme a un extraordinario grupo de trabajo y por ser parte fundamental en la realización de este trabajo.

Al Laboratorio de Ecología Evolutiva y Demografía Animal donde tuve la oportunidad de conocer a excelentes personas: Gonzalo Ramírez, Jaime Zúñiga, Pedro Eloy, Israel Solano, Rubén Ortega, Bruno Barrales, Víctor Arguez, Nabila Saleh y Selene Vargas, a los cuales agradezco sus opiniones y retroalimentación para mi trabajo.

A mis sinodales, Livia, Yolanda, Verónica y Jaime por sus comentarios y su interés en mejorar mi formación como científica.

A Gonz, Marce, Monse, Isra, Pedro, Laura, Fer, Daniel, Montse, Rubén, Víctor y Nabila, por ser parte del extenuante trabajo de campo. Sin ustedes no habría sido posible la realizar este trabajo.

A toda la comunidad de la Facultad de Ciencias, por tratar de salvar este planeta.

A mi mejor ejemplo de bondad, mi abue Geno. Por enseñarme a persistir y aguantar. Por enseñarme que todas las etapas de la vida se deben afrontar con buena actitud. Por enseñarme que no importa a cuántos tengas en tu círculo, siempre habrá espacio para uno más, así como no importa cuánto hayas comido, siempre debe haber espacio para algo más. ¡Te amaré por siempre abue!

A mi Golos, por quien aprendí que un animalito se vuelve parte de tu familia. Porque fue un gran amigo incondicional, lleno de bondad, siempre tan divertido y sensacional. Mi perro, por quien aprendí a amar a los animales, pues en sus ojos descubrí que el amor y la lealtad en su forma más pura solo te lo puede obsequiar un ser tan noble e inocente como un amigo de otra especie.

A mi tía Estrella, por su apoyo y amor infinito, por compartir conmigo su nombre. Por enseñarme a ser una mujer fuerte, noble y poderosa.

A mis tíos Betty y Meli, por sus consejos, apoyo y amor incondicional.

A mis tíos Blanca y Nitos, por su apoyo y cariño, porque la espera será recompensada.

A mis primos, Ivonne, Javier, Itzel y Citlali, por preguntar por mi carrera y este trabajo, además por su recién adquirido interés por la biología.

A Carolina Cabrera, porque contigo descubrí la verdadera amistad. Porque he compartido contigo casi tres cuartos de mi vida y estoy segura compartiré el resto.

A Paola Guadarrama, porque ha sido una de mis más gratas casualidades en la vida. Porque no pude haber encontrado mejor persona para compartir tantas cosas mágicas, como el amor por la biología.

A Demian Ulloa, porque fue el plus que acompañó a esa muy grata casualidad.

A Paola Vargas, por siempre estar presente y ser la mejor compañía de caminatas nocturnas por Ciudad Universitaria.

¡Gracias a todos!

CONTENIDO

Resumen	8
Introducción	9
Objetivos e hipótesis	16
Materiales y métodos	19
Área de estudio	19
Especies de estudio	21
Métodos	30
Métodos de campo	30
Modelos de ocupación condicional para dos especies	31
Factor de Interacción de Especies (SIF).....	36
Resultados	37
Probabilidades de detección (p)	37
Probabilidades de ocupación (ψ)	39
Modelos de ocupación condicional para dos especies.....	42
Factor de Interacción de Especies (SIF).....	47
Discusión	50
Literatura citada	55
Anexos	62

I. RESUMEN

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel es una reserva natural que está inmersa en una de las ciudades más pobladas del planeta. Su ecosistema se encuentra sometido a los efectos de la urbanización del campus de la Universidad Nacional Autónoma de México. En las últimas décadas la introducción de flora exótica por acción antropogénica ha provocado el establecimiento de fauna exótica generalista que a falta de competidores y depredadores naturales han multiplicado sus poblaciones de forma considerable. Tal es el caso del establecimiento de la ardilla gris *Sciurus aureogaster nigrescens* la cual llegó a la REPSA y Ciudad Universitaria gracias a la forestación de áreas verdes artificiales con árboles exóticos. La condición generalista de esta ardilla la puede convertir en un problema para las aves del Pedregal presumiblemente debido a depredación de los huevos o competencia por sitios de anidación. Para determinar el efecto que tiene la presencia de *Sciurus aureogaster* sobre la presencia de ciertas especies de aves residentes durante todo el año en la REPSA y Ciudad Universitaria este trabajo presenta un estudio sobre la ocupación de ambos grupos. El análisis del tipo de interacción espacial entre estas especies se realizó por medio de modelos de ocupación condicional para dos especies, los cuales estiman la probabilidad de ocupación de las aves en función de la probabilidad de ocupación de la ardilla. Estos modelos estiman un Factor de Interacción de Especies (SIF por sus siglas en inglés “Species Interaction Factor”) el cual indica el sentido de la interacción. Los resultados muestran que la presencia de la ardilla gris (*Sciurus aureogaster nigrescens*) de reciente introducción en el Pedregal no afecta negativamente la ocupación de hábitat de las aves estudiadas en este trabajo excepto por *Psaltriparus minimus* que presentó una interacción espacial negativa con *Sciurus*

aureogaster durante una temporada de invierno. Esto pudo deberse a que al ser una época seca en el Pedregal *P. minimus* buscó árboles perennifolios para alimentarse en los cuales no estuviera presente *S. aureogaster* ya que esta ardilla también ocupa estos árboles introducidos en Ciudad Universitaria. Por último se destaca la necesidad de obtener más información acerca de cómo se desarrollan las interacciones entre mamíferos exóticos y aves residentes en este sistema que se encuentra sujeto a cambios de composición y estructura debido a la urbanización. Además de continuar con el monitoreo de la densidad poblacional de *S. aureogaster* para evitar que en un futuro pueda convertirse no solo en un problema para las aves sino también para otros organismos nativos del Pedregal.

II. INTRODUCCIÓN

Las interacciones bióticas son relaciones que se establecen entre individuos de una o más especies (Elton, 1968; Del Val y Boege, 2012; Wani y Ahmad, 2014), ya sea de manera directa o indirecta, y dentro de un área geográfica definida (Agrawal, 2007; Ricklefs, 2008; Brooker, 2009; Wani y Ahmad, 2014). Dependiendo de los costos y beneficios que implican estas interacciones para los organismos, se clasifican como negativas (competencia y depredación), positivas para ambos o al menos uno de los participantes (mutualismo y comensalismo), o neutras (neutralismo); (Wani y Ahmad, 2014). Las interacciones entre individuos de una comunidad pueden variar de acuerdo con el tipo y la cantidad de recursos en el área, la presencia y el número de otras especies, así como por la magnitud y frecuencia de las perturbaciones ambientales (Gaxiola y Armesto, 2012). Dado que las interacciones

entre diferentes organismos de una comunidad son la base de las redes tróficas y el ciclo de los nutrientes (Jennifer y Bendow, 2013; Wani y Ahmad, 2014), si alguna de estas relaciones se ve afectada, se producirá un cambio en el ecosistema. Es por esto que la ecología de comunidades busca entender cómo las interacciones de una especie con su entorno determinan su abundancia y distribución, así como la estructura y diversidad de dichas comunidades (Boege y Carmona, 2012).

Una aproximación experimental para definir el impacto ecológico de las interacciones entre individuos es la manipulación de la presencia de una especie dentro de su comunidad para describir los efectos directos o indirectos que tiene sobre la abundancia y distribución de otra especie (Wootton, 1994; Boege y Carmona, 2012). Sin embargo, esto no siempre es posible dado que controlar la presencia o ausencia de una especie en su medio natural puede resultar difícil al tratar de extraer a toda una población de su nicho para determinar el tipo de impacto que su ausencia ocasiona en las otras especies. Dado que estas interacciones son difíciles de observar, medir y definir pueden pasar desapercibidas y por lo tanto surge la necesidad de implementar métodos analíticos en los que no se requiere la manipulación física de las especies bajo estudio.

El Valle de México contiene una de las megaciudades más pobladas del mundo y su caótica urbanización ha provocado que este sea uno de los sitios más transformados del planeta ya que sus extensas lagunas, humedales, islotes, ríos, bosques, matorrales, pastizales y pedregales se han reducido considerablemente gracias al asentamiento humano (Del Olmo-Linares, 2013). Es por esto que se debe dar gran importancia a los espacios naturales que aún existen como la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) ya que esta es un área que provee de valiosos servicios ambientales a la Ciudad, tales como la captura de agua

para el manto friático, el amortiguamiento del ruido y la limpieza del aire (Nava-López *et al.*, 2009; Estañol-Tecuatl, 2014). Adicionalmente puede servir como un laboratorio vivo de donde se puede extraer conocimiento acerca de la dinámica de una comunidad natural que antecede al establecimiento de la urbe.

La REPSA es una reserva natural localizada al suroeste de la Ciudad de México, perteneciente y resguardada por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Esta reserva alberga el ecosistema relicto de matorral xerófilo de palo loco que se estableció y desarrolló en el pedregal a partir de la erupción del Volcán Xitle hace aproximadamente 1670 años (Siebe, 2000; Estañol-Tecuatl, 2014; Palacio-Prieto y Guilbaud, 2015). El matorral fue colonizado por una gran variedad de organismos (Lot y Camarena, 2009; Méndez de la Cruz *et al.*, 2009; Chávez-Castañeda y Gurrola-Hidalgo, 2009; Hortelamo-Moncada *et al.*, 2009) que con el paso del tiempo vieron acelerada la reducción de su hábitat por consecuencia de la construcción de inmuebles y caminos, la extracción de roca basáltica, los incendios y la acumulación de desechos orgánicos e inorgánicos (Estañol-Tecuatl, 2014). Aunado al problema de la fragmentación del matorral xerófilo se encuentra la presencia continua de personas, la introducción de especies exóticas y la extracción de flora y fauna nativa (Cano-Santana y Meave 1996; Lot *et al.*, 2013; Estañol-Tecuatl, 2014). Debido a que las interacciones entre fauna nativa y exótica han sido poco exploradas dentro de este ambiente seminatural resulta innovador la implementación de métodos analíticos que proporcionan nuevos conocimientos acerca de cómo es que se dan las relaciones entre los individuos de este ecosistema único que se encuentra bajo condiciones de perturbación.

La ardilla gris o de vientre rojo (*Sciurus aureogaster nigrescens*) es un organismo arbóreo de reciente introducción en el Pedregal. El primer registro que se tiene de esta ardilla en la

REPSA corresponde a un ejemplar colectado en el año de 1999 (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009) y a la fecha esta especie ha ampliado de manera abundante su distribución en Ciudad Universitaria y la reserva. Debido a que *Sciurus aureogaster nigrescens* no había sido nombrada en publicaciones anteriores (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009), y al apreciable aumento de su población en poco menos de dos décadas, es que se le considera una especie exótica en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (SEREPSA, 2018).

La distribución invasiva de esta ardilla tiene como posible causa la urbanización de la zona ya que este tipo de ambientes urbanizados les otorga a estas especies recursos de hábitat junto con una potencial ausencia de depredadores y competidores (Warren *et al.* 2006; Francis y Chadwick, 2015). Aunado a esto, existen estudios que indican la presencia del “síndrome de la fauna silvestre urbana” en *S. aureogaster* (Koprowski *et al.*, 2005; Warren *et al.* 2006; Pernas y Clark, 2007; Mora-Ascencio *et al.*, 2010; Cabrera-Luna, 2013); que se refiere a un conjunto de modificaciones que presentan algunas especies en parte de sus parámetros ecológicos básicos, los cuales conducen a un mayor crecimiento en el tamaño poblacional, mayor agresividad intraespecífica, mayor longevidad, menor temor a los humanos (cautela), variaciones en las proporciones de sexos y edades y cambios en el comportamiento, la supervivencia y el uso de hábitat (Gliwicz *et al.*, 1994; Adams *et al.*, 2005; Warren *et al.* 2006; Parker y Nilon, 2008; Cabrera-Luna, 2013).

Las consecuencias de este síndrome podrían conducir a problemas ecológicos graves como la pérdida de biodiversidad de un lugar. Los organismos que presentan este síndrome por lo regular son especies generalistas que tienden a adaptarse con mayor facilidad a diferentes condiciones lo que les da ventajas competitivas sobre los organismos más especializados que se vuelven vulnerables y desplazados. Estas especies aprovechan las

nuevas condiciones (urbanización) y tienden a tener una reproducción acelerada que las convierte en especies nocivas para otros organismos (González-Romero, 1980; Ceballos y Oliva, 2005; Zalapa *et al.*, 2005; Álvares-Romero *et al.*, 2008; Cabrera-Luna, 2013). Dado lo anterior, es posible pensar que *S. aureogaster* es una especie con el potencial de convertirse en un problema para las aves, pues además de que han multiplicado sus poblaciones de forma alarmante, se tiene registro de competencia y depredación hacia los huevos y/o polluelos de algunas aves (Nour *et al.*, 1993; Koprowski, 1994; Hewson y Fuller, 2003; Valdés-Alarcón, 2003; Thorington y Ferrell, 2006; Del Olmo-Linares, 2013; SEREPSA, 2018).

Las aves desempeñan un papel ecológico muy significativo en el ecosistema del Pedregal ya que algunas de ellas polinizan y dispersan semillas promoviendo la regeneración natural de la vegetación, otras son indicadores de ciertas características del ambiente y otras más brindan servicios ambientales al actuar como control de plagas de insectos y roedores (Chávez-Castañeda y Gurrola-Hidalgo, 2009). En la REPSA habitan 148 especies de aves, de las cuales 84 son residentes y 64 migratorias (Chávez-Castañeda y Gurrola-Hidalgo, 2009). Sin embargo, desde hace más de tres décadas se han observado cambios drásticos en sus comunidades. Esto sugiere que el acelerado proceso de urbanización, los cambios ambientales experimentados en los últimos 30 años y el establecimiento de aves urbanas explotadoras (MacGregor-Fors y Schondube, 2012) han intervenido en la entrada y salida de especies, tanto residentes como migratorias, así como en los cambios en el tamaño poblacional de éstas (Ramos, 1974; Arizmendi *et al.*, 1994; Arenas, 2004; Chávez-Castañeda y Gurrola-Hidalgo, 2009).

Por lo anterior es que este trabajo busca conocer el efecto que tiene la presencia de la ardilla gris (*Sciurus aureogaster nigrescens*) sobre la ocupación de hábitat de ciertas aves

que son residentes durante todo el año en la REPSA y Ciudad Universitaria, lo cual podría lograrse por medio de modelos de ocupación. El concepto de “ocupación” se define como “la probabilidad de que un sitio esté ocupado por una especie”; y es una variable que puede usarse para cuantificar el estado actual de una comunidad o de una población (MacKenzie *et al.*, 2002; MacKenzie *et al.*, 2003; MacKenzie *et al.*, 2004; MacKenzie *et al.*, 2006). Un modelo es una abstracción de un sistema del mundo real, que puede utilizarse para describir el comportamiento observado en el sistema y predecir cómo puede responder a cambios o perturbaciones (MacKenzie *et al.*, 2006). Por ello es que los modelos matemáticos son un método de estimación que permiten inferir acerca de la ocupación basándose en los datos de presencia-ausencia (MacKenzie *et al.*, 2006) y sirven como una alternativa flexible para dilucidar asociaciones entre especies que coexisten en un mismo lugar al tiempo que explotan hipótesis sobre el medio ambiente que influye en la ocurrencia de estas especies (Cooch y White, 2017).

Para este trabajo se utilizarán específicamente modelos de ocupación condicional para dos especies, los cuales estiman la probabilidad de ocupación (p) y detección (ψ) de una especie en función de la probabilidad de ocupación y detección de la otra especie mediante procedimientos de máxima verosimilitud (MacKenzie *et al.* 2006). Estos modelos estiman un “Factor de Interacción de Especies” que es una relación de la probabilidad de que dos especies coincidan en un mismo lugar comparado con lo que se esperaría bajo el supuesto de que las especies nunca coinciden y habitan en total independencia (Richmond *et al.*, 2010).

Los resultados permitirán evaluar si existe una interacción espacial negativa (posiblemente por depredación de los huevos o competencia por sitios de anidación) entre *S. aureogaster* y ciertas especies de aves que habitan en la REPSA y CU con lo cual las aves

experimentarían una reducción de su presencia en los sitios ocupados por la ardilla como resultado de la interferencia de esta especie de roedor.

Lo anterior podría comprobar lo que se ha visto en otros lugares como Gales, Inglaterra y el sur de Escocia, donde la ardilla gris (*Sciurus carolinensis*) es una especie introducida en estos lugares y se ha convertido en un residente abundante de los bosques de estos países en donde ha sobrepasado la densidad poblacional de la ardilla roja nativa (*Sciurus vulgaris*) (Hewson y Fuller, 2003). Aunado a esto, el hecho de que varias especies de aves de bosque han disminuido en las últimas décadas ha dado lugar a la preocupación de que *S. carolinensis* puede haberse convertido en un importante depredador de los huevos y los polluelos de aves cantoras en los bosques británicos (Hewson y Fuller, 2003). Sin embargo, no hay pruebas suficientes con las cuales se pueda asegurar que las disminuciones de las aves forestales sean causadas por la depredación de la ardilla gris (*Sciurus carolinensis*) dado que hay gran escasez de información en lo relacionado con este tema (Hewson y Fuller, 2003). Es por esto que resulta importante y novedoso la información obtenida de este estudio ya que podría proporcionar un atisbo de cómo es que las especies nativas hacen frente a las especies no nativas de su entorno.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1. Objetivo general: Determinar si existe algún efecto en la ocupación de hábitat de ciertas especies de aves paseriformes ocasionado por la presencia de la ardilla gris *Sciurus aureogaster nigrescens* en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Ciudad Universitaria.

3.2. Objetivos particulares

- Estimar la probabilidad de ocupación de la ardilla gris.
- Conocer si existe un efecto negativo de la ocupación de la ardilla gris sobre la ocupación de ciertas aves.
- Conocer si el efecto de la presencia de la ardilla gris varía a través del año y en particular durante las temporadas de anidación.

3.3. Hipótesis

Hipótesis 1: La presencia de la ardilla gris afecta negativamente la presencia de ciertas aves paseriformes dentro la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Ciudad Universitaria como posible consecuencia de la competencia por sitios de anidación y/o depredación de los huevos (Fig. 1).

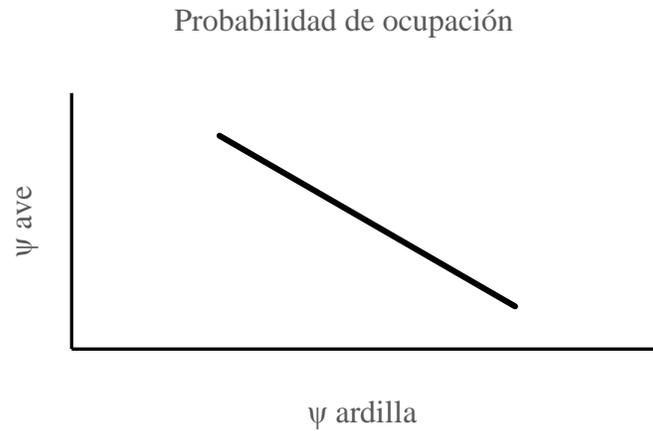


FIGURA 1. Representación gráfica de la hipótesis 1. A mayor probabilidad de ocupación (ψ) de la ardilla gris, será menor la probabilidad de ocupación (ψ) de aves.

Predicción 1: El Factor de Interacción de Especies será menor a uno dado que la probabilidad de que las aves coexistan con las ardillas es bajo (Fig. 2).

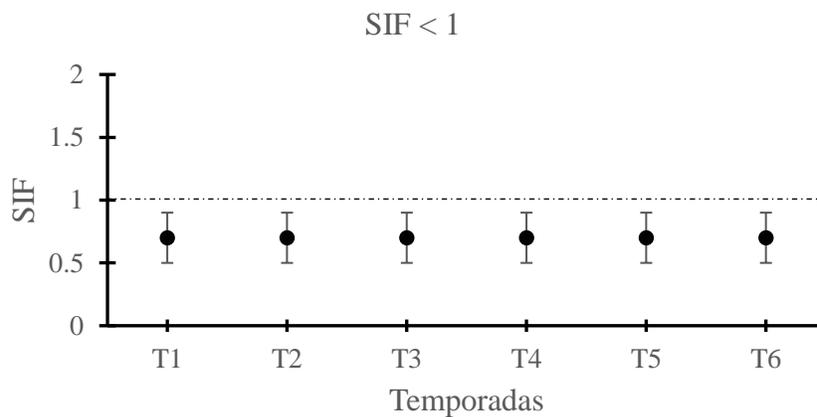


FIGURA 2. Representación gráfica de la predicción de la hipótesis 1. El Factor de Interacción de Especies (SIF) entre la ardilla gris y las aves será menor a uno en todas las temporadas.

Hipótesis 2: El efecto de la presencia de la ardilla gris será mucho más fuerte durante las temporadas de anidación cuando tanto aves como ardillas anidan sobre los árboles.

Predicción 2: El Factor de Interacción de Especies será mucho menor a uno en las temporadas de anidación que en las temporadas no reproductivas (Fig. 3).

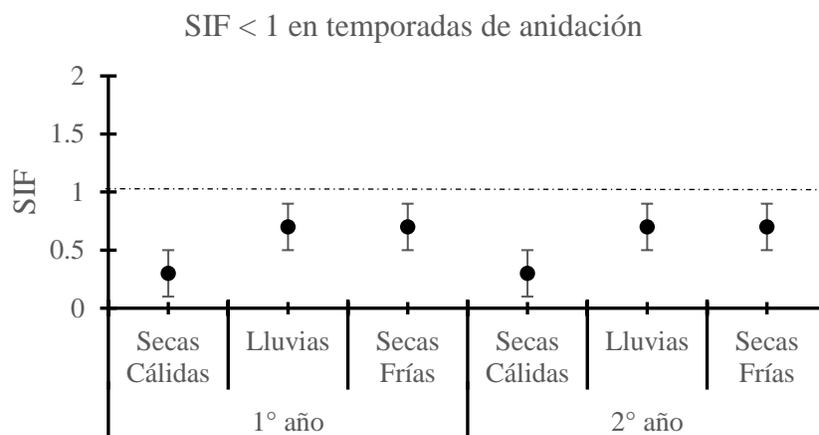


FIGURA 3. Representación gráfica de la predicción de la hipótesis 2. El Factor de Interacción de Especies (SIF) entre la ardilla gris y las aves será mucho menor a uno durante las temporadas de anidación.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El estudio se llevó a cabo dentro de las 733 hectáreas que conforman la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) y las instalaciones de Ciudad Universitaria (UNAM) que se localizan al suroeste de la Ciudad de México, a una altitud de entre 2,280 y 2,320 msnm y entre 19° 19' 30.08'' - 19° 18' 37.31'' latitud norte y 99° 11' 57.70'' - 99° 10' 13.07'' latitud oeste (Valiente-Banuet y Luna-García, 1990). El clima, es templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano (Soberón *et al.*, 1994).

Después del derrame volcánico del Xitle que forma parte de la Sierra Chichinautzin, los escurrimientos de la roca basáltica dieron lugar a una heterogeneidad espacial y temporal que provocó un nuevo ecosistema de sucesión primaria que abarcaba un área de 80 km² (Cano-Santana y Meave, 1996; Estañol-Tecuatl, 2014) al cual Rzedowski en 1954 nombró como *Senecionetum praecosis* por ser el matorral xerófilo de palo loco (*Pittocaulon praecox* antes *Senecio praecox*) la comunidad vegetal más característica (Lot y Camarena, 2009).

Actualmente el ecosistema del matorral xerófilo tiene una extensión de 237 hectáreas distribuidas en 3 áreas de protección estricta (zonas núcleo) y 13 áreas de uso restringido para protección ambiental (zonas de amortiguamiento) (Peralta y Prado, 2009; Estañol-Tecuatl, 2014); (Fig. 4). Es por esto que la REPSA representa el último relicto del Pedregal de la Cuenca de México ya que se ha perdido más del 80% de la cobertura original debido al acelerado crecimiento de la ciudad, sobre todo desde la segunda mitad del siglo XX (Estañol-Tecuatl, 2014).

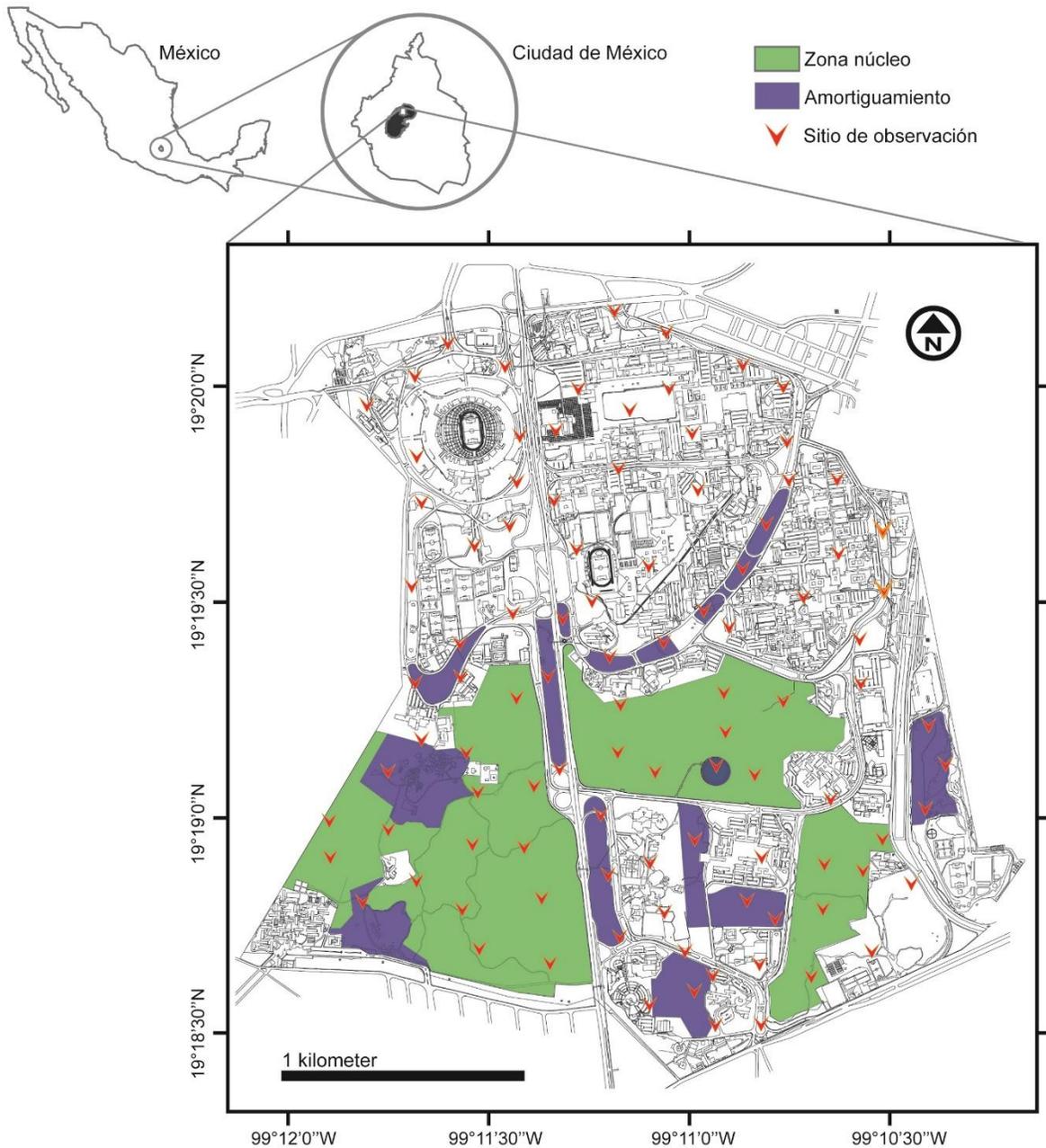


FIGURA 4. Mapa de Ciudad Universitaria y la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Se muestran las zonas núcleo, de amortiguamiento, la zona urbana, y los puntos de observación. Modificada de Ramírez-Cruz *et al.*, 2018.

4.2. Especies de estudio

Ardilla gris, *Sciurus aureogaster nigrescens*

Las ardillas son roedores (Orden Rodentia) de la Familia *Sciuridae* cuyo antepasado común vivió hace unos 30 o 40 millones de años (Eoceno) y el cual dio origen a los 58 géneros y 285 especies de ardillas que se encuentran dentro de esta familia (Wilson y Reeder, 2011). Estas se encuentran entre los mamíferos más reconocidos en el mundo ya que habitan todos los continentes excepto la Antártida, Australia y la isla de Madagascar. En muchas partes de su distribución ocupan hábitats urbanos, ya que los humanos les proporcionan una constante fuente de recursos (Thorington y Ferrell, 2006).

En este trabajo se analizó a *Sciurus aureogaster nigrescens* (Fig. 5), cuyas características se detallan a continuación:

Familia: *Sciuridae*

Nombre científico: *Sciurus aureogaster nigrescens*

Nombre común: Ardilla gris o vientre rojo (Gómez y Dredge, 2003).

Distribución: Desde Tamaulipas a Tabasco en el oriente y de Colima a Chiapas en el occidente de México, así como en el suroeste de Guatemala (Musser, 1968; Hall, 1981).

Hábitat: Se le encuentra en diferentes tipos de vegetación, como bosques de pino, encino, cedro, enebro y oyamel (Ceballos y Galindo, 1984). En muchas partes de su distribución ocupan hábitats urbanos (Thorington y Ferrell, 2006) ya que son comunes en áreas perturbadas y parques en ciudades (Hortelano-Moncada *et al.*, 2009).

Alimentación: Omnívoros. Desde materia vegetal como frutos, hasta materia animal como pequeños reptiles, insectos y huevos de aves (Cabrera-Luna, 2013). En zonas urbanizadas se alimentan casi de cualquier cosa proveniente de los humanos incluyendo barras dulces, alitas de pollo, galletas, incluso sobras de pizza. Sin embargo, los alimentos que consumen pueden variar según la temporada en función de la disponibilidad de recursos (Thorington y Ferrell, 2006).

Temporada de anidación: La reproducción se puede realizar en cualquier época del año, aunque primavera o verano es la época más común asociado generalmente con los periodos de lluvia y mayor disponibilidad de recursos (Cabrera-Luna, 2013).

Materiales, forma y sitios de anidación: Construyen sus nidos acumulando hojas (Setoguchi, 1991) y lo forran con materiales suaves como corteza deshecha, musgo, pelo, e incluso guata de algodón (Thorington y Ferrell, 2006). Son abiertos en forma de copa (Ceballos y Galindo, 1984; Pacheco, 2011). Los nidos se localizan en las ramas superiores de los árboles con hojas o encajados en los pliegues de las ramas contra el tronco (Ceballos y Galindo, 1984; Thorington y Ferrell, 2006; Pacheco, 2011) a una altura de aproximadamente 4.5 metros de alto (Thorington y Ferrell, 2006). Es común que en zonas urbanizadas en Norte América las ardillas hembras aniden en áticos, los cuales les ofrecen protección cálida y seca para albergar a sus crías (Thorington y Ferrell, 2006).



FIGURA 5. *Sciurus aureogaster nigrescens*. Fotografía: Israel Montiel Hernández

Aves

La riqueza ornitológica de la REPSA se caracteriza por 14 órdenes y 37 familias, de las cuales 26 son residentes todo el año y 15 pertenecen al orden de los Passeriformes: *Tyrannidae* (mosqueros), *Laniidae* (verduguillos), *Vireonidae* (vireos), *Corvidae* (urracas y cuervos), *Aegithalidae* (sastrecillos), *Troglodytidae* (saltaparedes y matraquitas), *Turdidae* (primaveras y jilgueros), *Mimidae* (centzontles y cuitlacoques), *Sturnidae* (estorninos), *Ptiliognatidae* (capulineros), *Parulidae* (verdines y gusaneros), *Emberizidae* (rascadores y zacatoneros), *Icteridae* (tordos y calandrias), *Fringillidae* (pinzones y piñoneros) y *Passeridae* (gorriones); (Del Olmo-Linares, 2013; Chávez-Castañeda y Gurrola-Hidalgo, 2009).

Para este trabajo se analizaron seis especies de aves paseriformes residentes durante todo el año en la REPSA *Pyrocephalus rubinus* (Fig. 6), *Psaltriparus minimus* (Fig. 7), *Ptiliogonys cinereus* (Fig. 8), *Haemorhous mexicanus* (Fig. 9), *Turdus rufopalliatus* (Fig. 10) y *Passer domesticus* (Fig. 11); cuyas características se detallan en el cuadro 1.

CUADRO 1. Especies de estudio. Aves paseriformes residentes durante todo el año en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Ciudad Universitaria.

Familia Nombre científico	Nombre común	Distribución	Hábitat	Alimentación	Temporada de anidación	Materiales, forma y sitios de anidación
TYRANNIDAE <i>Pyrocephalus rubinus</i>	Cardenalito (Fig. 6)	Suroeste de Estados Unidos, México, Centro América, Argentina, Ecuador y Perú [1].	Matorrales áridos, tierras de cultivo, parques, campos de golf, tierras de cultivo y bosques ribereños [1] siendo de su preferencia zonas abiertas urbanas y rurales [2].	Insectos: abejas (Hymenoptera), saltamontes, escarabajos (Coleoptera) y grillos (Orthoptera) [1] [2].	En el Centro de México va de marzo a principios de agosto [3]. En América del Norte de abril a junio [1].	Ramitas, hierbas, fibras y capullos vacíos, forro de plumas y cabello, además de trozos de hojas secas a los lados y con ayuda de la telaraña evitan que los huevos salgan del nido [1]. Nido abierto en forma de copa [1]. Árboles como mesquite, huisache y roble; el nido es discreto y casi siempre encajado en la horquilla horizontal de la rama en un área libre de hojas, típicamente bajo el dosel, ya sea que este expuesto directamente al sol o no [1].
AEGITHALIDAE <i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo (Fig. 7)	Occidente de Norte América y las partes altas de América Central [4].	Desde montañas boscosas hasta matorrales áridos. En general, en todas las partes de su área de distribución prefiere bosques mixtos abiertos con	Insectos y arañas, principalmente lepidópteros (orugas y pupas) [4].	Abril a julio [4].	Telaraña y material vegetal, camuflado con material vegetal local usualmente de especies arbóreas; además es reforzado con

Familia Nombre científico	Nombre común	Distribución	Hábitat	Alimentación	Temporada de anidación	Materiales, forma y sitios de anidación
			<p>un follaje perennifolio. Se adapta fácilmente a ambientes suburbanos y de borde [4].</p> <p>En la Ciudad de México habita en áreas de matorral, bosques templados circundantes y zonas urbanas arboladas [2].</p>			<p>materiales aislantes suaves como plumas, pelo y/o material vegetal [4].</p> <p>Nido cerrado en forma de un saco largo y suelto [4].</p> <p>La ubicación del nido puede estar en lo bajo, en lo alto o en cualquier lugar intermedio de los árboles [4].</p>
<p>PTILIOGONATIDAE</p> <p><i>Ptiliogonys cinereus</i></p>	<p>Capulinero gris (Fig. 8)</p>	<p>México, Guatemala y Estados Unidos [7].</p>	<p>Áreas abiertas de bosques de pino-encino y en huertos frutales [5]. En la Ciudad de México habita en claros de bosques templados circundantes como el Desierto de los Leones y zonas de matorral como la Reserva Ecológica de la UNAM [2].</p>	<p>Semillas, frutas, bayas e insectos [2] [6].</p>	<p>Mayo a junio [13].</p>	<p>Materiales vegetales muy finos y líquenes [7].</p> <p>Nido abierto en forma de copa [6].</p> <p>Montado en la parte alta de arbustos o árboles [7].</p>
<p>FRINGILLIDAE</p> <p><i>Carpodacus mexicanus</i> (<i>Haemorhous mexicanus</i>)</p>	<p>Pinzón mexicano (Fig. 9)</p>	<p>México, Estados Unidos y sur de Canadá [8]</p>	<p>Zonas áridas, semiáridas, matorral espinoso, áreas abiertas de bosque, tierras de cultivo y zonas urbanas [5].</p> <p>Habita en toda la Ciudad de México [2].</p>	<p>Retoños, semillas y frutos [2].</p>	<p>En el Centro de México de enero a octubre [3].</p> <p>En América del Norte de abril a junio [8].</p>	<p>Ramas finas, hojas, pastos, plumas y raicillas. En las zonas urbanas usan comúnmente hilos, fibras, papel, pelo de perro y caballo, celofán y especialmente filtros de cigarrillos en el forro del nido [8] [14].</p> <p>Nido abierto en forma de copa.</p> <p>Colocan el nido en la parte media del</p>

Familia Nombre científico	Nombre común	Distribución	Hábitat	Alimentación	Temporada de anidación	Materiales, forma y sitios de anidación
						nivel superior de los árboles [7], arbustos, cactus, rocas salientes y rejillas de ventilación [8].
<p>TURDIDAE</p> <p><i>Turdus rufopalliatus</i></p>	<p>Mirlo dorso rufo</p> <p>(Fig. 10)</p>	<p>Especie introducida del Oeste de México. Se le encuentra desde el sur de Sonora y por toda la vertiente del Pacífico hasta el Istmo de Tehuantepec y la cuenca del Balsas [7].</p>	<p>Bosques secos y semisecos, plantaciones y jardines [7].</p> <p>En la Ciudad de México prefiere zonas urbanas arboladas como Ciudad Universitaria [2].</p>	<p>Lombrices y frutos [2].</p>	<p>Marzo a agosto [9] [11].</p> <p>Otros autores reportan que la temporada de anidación se limita de junio a agosto que coincide con el inicio de las lluvias en verano [10].</p>	<p>Fibras vegetales [7], musgo y a veces reforzado con barro [9].</p> <p>Nido abierto en forma de copa voluminosa [9].</p> <p>Colocado en la parte baja o media de árboles, arbustos [11] [9], o bancos de tierra; incluso a veces en el suelo [7].</p>
<p>PASSERIDAE</p> <p><i>Passer domesticus</i></p>	<p>Gorrión inglés</p> <p>(Fig. 11)</p>	<p>Especie originaria de Europa y el Norte de África. Fue introducida en Norte América desde donde se ha dispersado hacia México y Panamá [7].</p>	<p>Habita en ciudades, pueblos, parques, granjas y en general en zonas de hábitat humano [7].</p> <p>En México está presente en todas partes de la ciudad [2].</p>	<p>Omnívoro [2]</p>	<p>Abril a agosto [12].</p>	<p>Vegetación seca; en el exterior material grueso y en el interior material fino. A menudo incluyen plumas, fibras y papel [12] y especialmente filtros de cigarrillos [14].</p> <p>Nidos en árboles son generalmente estructuras globulares cerradas y aplastadas con una entrada lateral [12].</p> <p>En árboles, rincones y dentro de grietas, en edificios, lámparas y otras estructuras. También pueden construir nidos en las enredaderas de</p>

Nota. Fuentes: [1] Ellison *et al.*, 2009; [2] Del Olmo-Linares, 2013; [3] Rendón-Hernández, 2008; [4] Sloane, 2001; [5] Peterson y Chalif, 1989; [6] Gray Silky-flycatcher (*Ptiliogonys cinereus*) Cornell Lab Neotropical Birds, 2017; [7] Howell y Webb, 1995; [8] Badyaev y Hill, 2012; [9] Carbó-Ramírez *et al.*, 2015; [10] Collar, 2005; [11] Rufous-backed Robin (*Turdus rufopalliatu*s) Cornell Lab Neotropical Birds, 2017; [12] Lowther y Cink, 2006.; [13] Gray Silky-flycatcher (*Ptiliogonys cinereus*). Handbook of the Birds of the World Alive. 2017; [14] Suárez-Rodríguez, 2012.



FIGURA 6. *Pyrocephalus rubinus*. Fotografía: William y Hannah Meddaugh



FIGURA 7. *Psaltriparus minimus*. Fotografía: Israel Solano Zavaleta



FIGURA 8. *Ptiliogonys cinereus*. Fotografía: Pablo Garrido Casillas



FIGURA 9. *Haemorhous mexicanus*. Fotografía: Pablo Garrido Casillas



FIGURA 10. *Turdus rufopalliatus*. Fotografía: Israel Solano Zavaleta



FIGURA 11. *Passer domesticus*. Fotografía: Pablo Garrido Casillas

4.3. Métodos

4.3.1. Métodos de campo

El estudio se realizó de mayo del 2015 a enero del 2017, representando la estacionalidad de secas y lluvias de la Reserva del Pedregal. Se escogieron al azar un total de 100 sitios de observación dentro de las 733 hectáreas del territorio correspondiente a la UNAM. De los 100 puntos de observación, 52 pertenecen a la REPSA (25 en zonas núcleo y 27 en zonas de amortiguamiento) y 48 a las instalaciones de Ciudad Universidad o también llamada “zona urbana” (Fig. 4). Se visitaron los 100 sitios durante 6 temporadas: secas-cálidas (mayo 2015), lluvias (septiembre 2015), secas-frías (enero 2016), secas-cálidas (mayo 2016), lluvias (septiembre 2016) y secas-frías (enero 2017) cumpliendo con un total de 4 a 10 ocasiones de muestreo/observaciones por sitio y por temporada. En cada uno de los puntos se hacían observaciones del lugar durante aproximadamente 15 minutos y se registraban las especies

de animales y plantas haciendo un especial énfasis en la identificación de aves y ardillas detectadas dentro de una circunferencia de 20 metros a partir del sitio. Adicionalmente se hacían registros de variables ambientales como las coberturas vegetales de cada sitio (porcentaje de árboles, arbustos y hierbas), y la distancia a la que se encontraba la infraestructura humana más cercana a partir del punto de observación.

4.3.2. Modelos de ocupación condicional para dos especies

El protocolo de muestreo básico comúnmente utilizado para estimar ocupación implica seleccionar aleatoriamente un conjunto de sitios que representen al área de interés y darles seguimiento a cada uno varias veces durante una misma temporada durante la cual suponemos que la proporción de sitios ocupados no cambia; es decir, pasar tiempo en cada uno buscando a las especies focales o evidencia de que están presentes en los sitios. Este tipo de muestreo es algunas veces llamado encuesta de “presencia-ausencia” y como resultado tenemos una colección de sitios muestreados en los cuales hubo “especies detectadas” y “especies no detectadas” (MacKenzie *et al.*, 2002; MacKenzie *et al.*, 2003; MacKenzie *et al.*, 2004; MacKenzie *et al.*, 2006).

Por consiguiente, en los modelos de ocupación, la unidad de muestreo no es un “individuo” sino un “sitio” que se define basado en el objetivo del estudio. Una vez obtenidos los datos de presencia-ausencia de las especies en campo, se prosiguió a hacer “historias de encuentro” que consisten en secuencias de 1 y 0 para cada visita u ocasión de muestreo en los N sitios durante un periodo de muestreo dado (temporada); (Richmond *et al.*, 2010).

En estas historias de encuentro el 1 representa la detección o avistamiento del organismo, lo que significa que la especie está presente en el sitio; y por otro lado, el 0 representa que

no se observó al individuo, lo cual podría significar dos cosas: que la especie (i) estaba presente en el sitio y no fue detectada por el observador o (ii) no estaba presente en ese momento en el sitio (MacKenzie *et al.*, 2002; MacKenzie *et al.*, 2003; MacKenzie *et al.*, 2004; MacKenzie *et al.*, 2006; Cooch y White, 2017). Esto quiere decir que el modelo de ocupación estático básico (única temporada, única especie) tiene dos procesos estocásticos que determinan si la especie focal se detecta en un sitio: el primero, la probabilidad de ocupación de la especie en el sitio (ψ_i), o su ausencia ($1-\psi_i$); el segundo, la probabilidad de detectar a la especie en el sitio durante una visita (p_{ij}) o su no detección ($1-p_{ij}$); (Lebreton *et al.*, 1992; White y Burnham, 1999; MacKenzie *et al.*, 2002; MacKenzie *et al.*, 2003; MacKenzie *et al.*, 2004; MacKenzie *et al.*, 2006; Cooch y White, 2017).

La parametrización que se utilizó para este trabajo se denomina “modelo de ocupación condicional para dos especies” y puede utilizarse para examinar hipótesis alternativas acerca de los patrones de distribución de las especies. Este modelo estima que la probabilidad de ocupación de una especie (B) depende de la probabilidad de ocupación de otra especie (A); (Richmond *et al.*, 2010).

Para este trabajo se asume que la especie A es *Sciurus aureogaster* y las especies B son *Pyrocephalus rubinus*, *Psaltriparus minimus*, *Ptiliogonys cinereus*, *Haemorrhous mexicanus*, *Turdus rufopalliatus* y *Passer domesticus* ya que estas últimas podrían verse afectadas por la presencia de la ardilla gris.

Esta parametrización calcula cinco parámetros (Cuadro 2). El principal representa la probabilidad de ocupación de la especie A (ψ^A) o su ausencia ($1-\psi^A$) que no está condicionada. Los dos siguientes parámetros representan la probabilidad de ocupación de la

especie B (ψ^{BA}) o su ausencia ($1-\psi^{BA}$) cuando la especie A está presente; y la probabilidad de ocupación de la especie B (ψ^{Ba}) o su ausencia ($1-\psi^{Ba}$) cuando la especie A está ausente. Los últimos dos parámetros representan las probabilidades de detección (p) para las especies A y B (Richmond *et al.*, 2010).

CUADRO 2. Descripción de los parámetros utilizados en el modelo de ocupación condicional de dos especies.

Parámetro	Descripción
ψ^A	Probabilidad de ocupación de la especie A
ψ^{BA}	Probabilidad de ocupación de la especie B, dado que la especie A está presente
ψ^{Ba}	Probabilidad de ocupación de la especie B, dado que la especie A está ausente
p^A	Probabilidad de detección de la especie A
p^B	Probabilidad de detección de la especie B

La estimación de ocupación condicional se realizó a través de procedimientos de máxima verosimilitud implementados en el programa demográfico MARK (White y Burnham, 1999). El proceso que realiza el programa MARK es probar el efecto de la presencia de una especie sobre la otra estimando las probabilidades de ocupación (ψ) y detección (p) a través de máxima verosimilitud (Richmond *et al.*, 2010). Dado que para este trabajo fue de gran interés el análisis de cómo la probabilidad de ocupación y la probabilidad de detección varía entre los sitios, se incorporaron a la estimación covariables que responden a hipótesis sobre procesos ecológicos o de observación tales como: coberturas de árboles, arbustos y hierbas, así como los lugares con mayor influencia de humanos, los cuales parametriza MARK por medio de modelos lineales (Cooch y White, 2017). El ajuste de los modelos construidos se evaluó utilizando el Criterio de Información de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc) (Akaike, 1973; Burnham y Anderson, 2002). El menor valor de AICc identifica al

mejor modelo que se acerca más a la realidad de acuerdo con los datos. Este AICc es una medida de la información que se pierde al intentar aproximarse a la verdad a través de un modelo (Anderson, 2008). Cuando dos modelos difieren en sus valores de AICc en menos de 2 unidades (ΔAICc), ambos modelos tienen un ajuste similar a los datos y por lo tanto, un modelo con un $\Delta\text{AICc} < 2$ (con respecto al mejor modelo) también tiene apoyo en los datos y no puede ser descartado (Burnham y Anderson, 2002). Adicionalmente, MARK calcula el peso de cada modelo (w_{AICc}), que es una medida del apoyo relativo que tiene cada modelo en los datos (Amstrup *et al.*, 2005).

Los parámetros de ocupación (ψ) y detección (p) se calcularon como una función de las distintas variables ambientales que se registraron en campo. Primero, se buscaron las mejores parametrizaciones de las probabilidades de detección (p) de *S. aureogaster* para cada temporada a partir de las variables que potencialmente la afectaban. Para ello, se construyeron modelos en los que p es una función lineal de los tipos de zonas (núcleo, amortiguamiento o urbana), las coberturas de árboles, arbustos y hierbas y las distancias a las estructuras humanas más cercanas, modelos con efectos aditivos entre pares de variables y además modelos con interacciones entre pares de variables (los cuales finalmente no se consideraron debido a que en todos los casos el coeficiente de regresión del término de la interacción no pudo ser estimado adecuadamente). En total para las 6 temporadas se construyeron 66 modelos que probaron diferentes fuentes de variación para la detección (p) de *S. aureogaster* incluyendo los modelos en los que p se mantuvo constante (modelo nulo). En todos estos modelos, la probabilidad de ocupación (ψ) de *S. aureogaster* se mantuvo constante.

Posteriormente, una vez seleccionados los modelos que indicaban las mejores fuentes de variación de p se buscaron las mejores parametrizaciones de las probabilidades de ocupación (ψ) de *S. aureogaster* para cada temporada (manteniendo siempre a p como una función de las variables ambientales seleccionadas previamente) a partir de las variables que potencialmente la afectaban. Para ello se construyeron modelos en los que ψ es una función lineal de los tipos de zonas (núcleo, amortiguamiento o urbana), las coberturas de árboles, arbustos y hierbas y las distancias a las estructuras humanas, modelos con efectos aditivos entre pares de variables y además modelos con interacciones entre pares de variables (los cuales tal como sucedió con p no se consideraron debido a que en todos los casos el coeficiente de regresión del término de la interacción no pudo ser estimado adecuadamente). En total para las 6 temporadas se construyeron 42 modelos que probaron diferentes fuentes de variación para la probabilidad de ocupación (ψ) de *S. aureogaster*.

Una vez obtenidas las mejores parametrizaciones de las probabilidades de detección y ocupación de *S. aureogaster* para cada temporada, se procedió a buscar las mejores parametrizaciones de las probabilidades de detección (p) de cada una de las aves (especie B), manteniendo siempre las parametrizaciones ψ y p de *S. aureogaster* (especie A) que se seleccionaron previamente y las probabilidades de ocupación (ψ) de las aves constantes. Una vez obtenidas las mejores parametrizaciones de las probabilidades de detección de las aves se construyeron modelos para encontrar las mejores parametrizaciones de sus probabilidades de ocupación (ψ). En total se construyeron 132 modelos para *P. rubinus*, 102 para *P. minimus*, 102 para *P. cinereus*, 126 para *H. mexicanus*, 156 para *T. rufopalliatatus* y 126 para *P. domesticus*. El número de modelos difirió entre especies debido a que no son las mismas variables las que afectan la ψ y p de las aves y de la ardilla.

Finalmente a partir de las mejores parametrizaciones que afectaron ψ y p de ambas especies se ajustaron dos tipos de modelos (condicional y no condicional). El primer modelo se denomina ocupación condicional porque la presencia del ave en un sitio se ve afectada por la presencia o ausencia de la ardilla. Se representa como un escenario en el que la probabilidad de ocupación de las aves es diferente cuando la ardilla está presente con respecto a cuando está ausente (es decir, la ocupación del ave depende del estado de ocupación de la ardilla). El segundo modelo se denomina ocupación no condicional porque la presencia del ave en un sitio es independiente de la presencia o ausencia de la ardilla. Se representa como un escenario en el que la probabilidad de ocupación del ave no difiere cuando la ardilla está ausente con respecto a cuando está presente (es decir, la ocupación del ave no depende del estado de ocupación de la ardilla). En el caso de que el modelo de ocupación condicional resulte mejor apoyado, es necesario conocer la dirección de la interacción entre ambas especies, la cual puede estimarse por medio del Factor de Interacción de Especies.

4.3.2.1. Factor de Interacción de Especies

La parametrización condicional estima un “Factor de Interacción de Especies” (SIF por sus siglas en inglés “Species Interaction Factor”) el cual es una relación de la probabilidad de que dos especies coexistan en un mismo lugar comparado con lo que se esperaría bajo el supuesto de que las especies habitan el sitio en total independencia (Richmond *et al.*, 2010).

El SIF se puede calcular como:

$$\text{SIF} = \frac{\psi^A \psi^{BA}}{\psi^A(\psi^A \psi^{BA} + (1 - \psi^A) \psi^{Ba})}$$

Si las dos especies coexisten de forma independiente, entonces el SIF será igual a 1 (es decir, no hay interacción). Un SIF menor a 1 indicaría que es menos probable que la especie B coexista con la especie A de lo esperado bajo un supuesto de independencia (es decir, hay una interacción negativa, se evitan). Un SIF mayor a 1 indicaría que es más probable que la especie B coexista con la especie A de lo esperado bajo un supuesto de independencia (es decir, hay una interacción positiva, se congregan); (Richmond *et al.*, 2010).

V. RESULTADOS

5.1. Probabilidades de detección (p)

En términos generales, las probabilidades de detección de cada especie fue afectada por diferentes variables ambientales o por los efectos aditivos entre pares de variables en cada temporada. (Cuadro 3). La probabilidad de detectar a *Sciurus aureogaster* estuvo dada en función de las zonas de amortiguamiento y las zonas urbanas. A mayor cobertura de árboles se hizo más probable la detección de esta especie. Sin embargo, bajó la probabilidad de detección en sitios con una mayor cobertura de arbustos.

La probabilidad de detección de *Pyrocephalus rubinus* estuvo asociada con las zonas de amortiguamiento y a distancias más cercanas a las estructuras humanas ya que a mayor cobertura de hierbas y árboles aumentó la detectabilidad de esta especie, esto indica que la detectabilidad del cardenalito se hace más probable en los lugares que tienen mayor influencia antropogénica. La probabilidad de detectar a *Psaltriparus minimus* aumentó en

lugares más alejados de la actividad humana como las zonas de amortiguamiento. La probabilidad de detección de *Ptiliogonys cinereus* estuvo dada positiva y negativamente por las coberturas de árboles; en temporada de lluvias los capulineros tuvieron una relación positiva con la cobertura de árboles y durante la época seca se detectaron con mayor probabilidad en lugares con una menor cobertura de árboles. La probabilidad de detectar a *Haemorhous mexicanus* aumentó en aquellos sitios con mayor influencia de humanos que tuvieran poca cobertura de arbustos y árboles. La probabilidad de detección de *Turdus rufopalliatu*s estuvo asociada a las zonas urbanas ya que se detectó con mayor probabilidad en sitios cercanos a la urbanización que tuvieran mayor cobertura de hierbas y árboles. La probabilidad de detección de *Passer domesticus* estuvo asociada a las zonas urbanas ya que se detectó con mayor probabilidad en sitios cercanos a la urbanización que tuvieran menor cobertura de arbustos y árboles.

CUADRO 3. Variables explicativas de las probabilidades de detección (*p*) de *Sciurus aureogaster*, *P. rubinus*, *P. minimus*, *P. cinereus*, *H. mexicanus*, *T. rufopalliatu*s y *P. domesticus*.

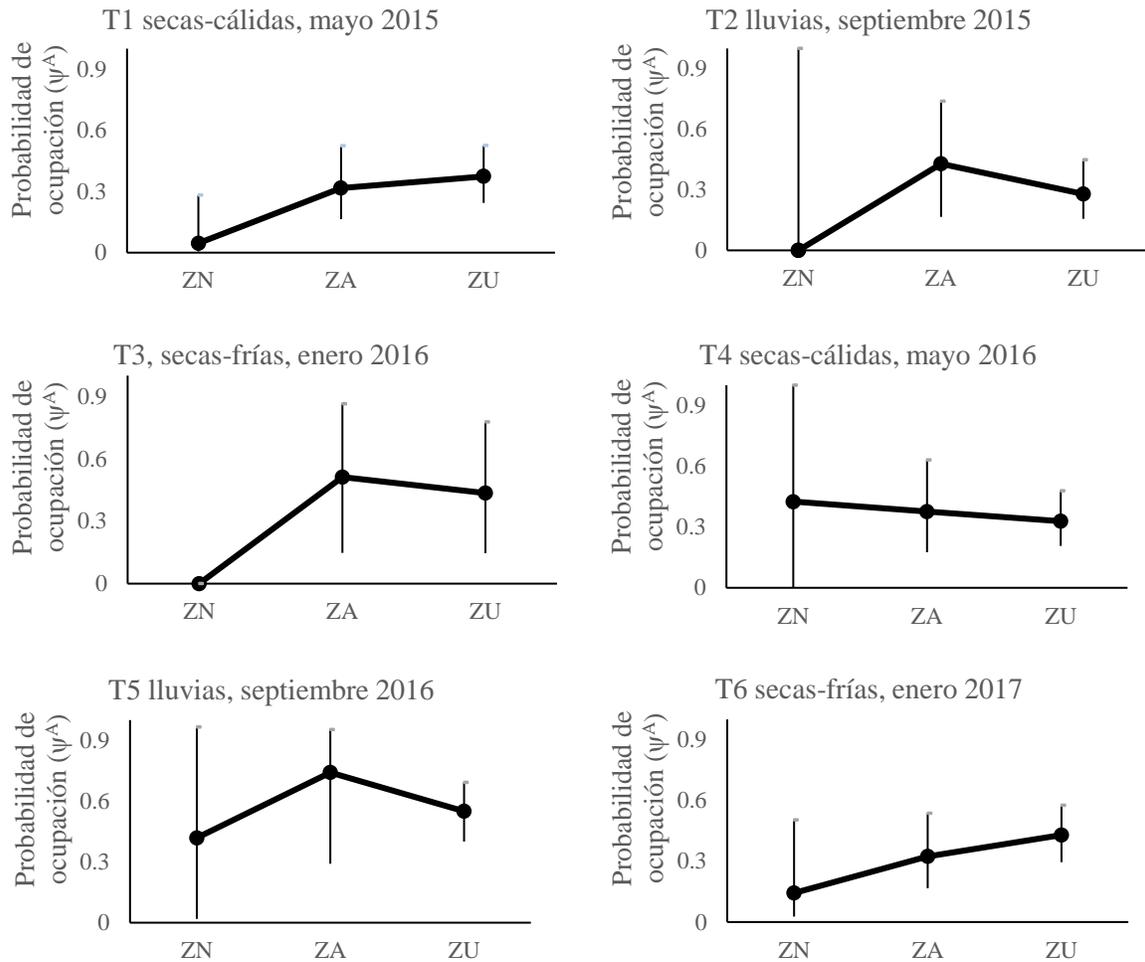
Temporadas	VARIABLES explicativas
<i>Sciurus aureogaster nigrescens</i>	
T1 secas-cálidas (mayo 2015)	tipos de zonas
T2 lluvias (septiembre 2015)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana
T3 secas-frías (enero 2016)	cobertura de árboles + cobertura de arbustos
T4 secas-cálidas (mayo 2016)	tipos de zonas + cobertura de arbustos
T5 lluvias (septiembre 2016)	tipos de zonas + cobertura de arbustos
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	
T1 secas-cálidas (mayo 2015)	cobertura de hierbas + distancia a la estructura humana más cercana
T2 lluvias (septiembre 2015)	tipos de zonas + cobertura de hierbas
T3 secas-frías (enero 2016)	cobertura de árboles + distancia a la estructura humana más cercana
T4 secas-cálidas (mayo 2016)	tipos de zonas + cobertura de hierbas
T5 lluvias (septiembre 2016)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana
T6 secas-frías (enero 2017)	distancia a la estructura humana más cercana
<i>Psaltriparus minimus</i>	
T1 secas-cálidas (mayo 2015)	distancia a la estructura humana más cercana
T2 lluvias (septiembre 2015)	distancia a la estructura humana más cercana
T3 secas-frías (enero 2016)	tipos de zonas + distancia a la estructura humana más cercana

T4	secas-cálidas (mayo 2016)	cobertura de arbustos
T5	lluvias (septiembre 2016)	distancia a la estructura humana más cercana
T6	secas-frías (enero 2017)	distancia a la estructura humana más cercana
<i>Ptiliogonys cinereus</i>		
T1	secas-cálidas (mayo 2015)	cobertura de árboles
T2	lluvias (septiembre 2015)	tipos de zonas + cobertura de árboles
T3	secas-frías (enero 2016)	cobertura de árboles
T4	secas-cálidas (mayo 2016)	no se encontró variables explicativas
T5	lluvias (septiembre 2016)	cobertura de árboles
T6	secas-frías (enero 2017)	no se encontró variables explicativas
<i>Haemorhous mexicanus</i>		
T1	secas-cálidas (mayo 2015)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana
T2	lluvias (septiembre 2015)	distancia a la estructura humana más cercana
T3	secas-frías (enero 2016)	cobertura de arbustos
T4	secas-cálidas (mayo 2016)	cobertura de arbustos
T5	lluvias (septiembre 2016)	cobertura de árboles + distancia a la estructura humana más cercana
T6	secas-frías (enero 2017)	distancia a la estructura humana más cercana
<i>Turdus rufopalliatus</i>		
T1	secas-cálidas (mayo 2015)	tipos de zonas + cobertura de hierbas
T2	lluvias (septiembre 2015)	distancia a la estructura humana más cercana
T3	secas-frías (enero 2016)	distancia a la estructura humana más cercana
T4	secas-cálidas (mayo 2016)	tipos de zonas + cobertura de hierbas
T5	lluvias (septiembre 2016)	cobertura de árboles
T6	secas-frías (enero 2017)	tipos de zonas + cobertura de hierbas
<i>Passer domesticus</i>		
T1	secas-cálidas (mayo 2015)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana
T2	lluvias (septiembre 2015)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana
T3	secas-frías (enero 2016)	cobertura de árboles + distancia a la estructura humana más cercana
T4	secas-cálidas (mayo 2016)	tipos de zonas + cobertura de arbustos
T5	lluvias (septiembre 2016)	tipos de zonas + cobertura de arbustos
T6	secas-frías (enero 2017)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana

5.2. Probabilidades de ocupación (ψ)

Las probabilidades de ocupación de la ardilla gris (*Sciurus aureogaster nigrescens*) estuvieron directamente asociadas a las zonas de amortiguamiento y a zonas urbanas. Las covariables que afectaron estas probabilidades de ocupación fueron poco consistentes de una

estación a otra (Cuadro 4). Sin embargo, en términos generales ocupó con mayor probabilidad los sitios cercanos a la urbanización que tuvieran mayor cobertura de árboles (Anexo 1)



Las covariables que afectaron las probabilidades de ocupación de las aves (*Pyrocephalus rubinus*, *Psaltriparus minimus*, *Ptiliogonys cinereus*, *Haemorhous mexicanus*, *Turdus rufopalliatus* y *Passer domesticus*) también fueron poco consistentes de una estación a otra (Cuadro 4). Las probabilidades de ocupación de *Pyrocephalus rubinus* estuvieron dadas en función de los sitios con mayor cobertura de árboles (Anexo 2). *Psaltriparus minimus* ocupó

de forma general sitios cercanos a la urbanización. Sin embargo, hubo una temporada de lluvias (T5 lluvias, septiembre 2016) en la que su ocupación estuvo asociada a las zonas de amortiguamiento y a las zonas núcleo (Anexo 3). *Ptiliogonys cinereus* ocupó sitios cercanos a la urbanización que tuvieran una mayor cobertura de arbustos y árboles (Anexo 4). La probabilidad de ocupación de *Haemorrhous mexicanus* estuvo asociada en mayor media a las zonas urbanas que contaran con poca cobertura de arbustos (Anexo 5). *Turdus rufopalliatus* ocupó sitios cercanos a la urbanización que tuvieran mayor cobertura de árboles y hierbas y menor cobertura de arbustos (Anexo 6). La probabilidad de ocupación de *Passer domesticus* estuvo asociada a las zonas urbanas y a una baja cobertura de arbustos (Anexo 7)

CUADRO 4. Variables explicativas de las probabilidades de ocupación (ψ) de *Sciurus aureogaster*, *P. rubinus*, *P. minimus*, *P. cinereus*, *H. mexicanus*, *T. rufopalliatus* y *P. domesticus*.

Temporadas	Variables explicativas
<i>Sciurus aureogaster nigrescens</i>	
T1 secas-cálidas (mayo 2015)	cobertura de árboles + distancia a la estructura humana más cercana
T2 lluvias (septiembre 2015)	distancia a la estructura humana más cercana
T3 secas-frías (enero 2016)	distancia a la estructura humana más cercana
T4 secas-cálidas (mayo 2016)	cobertura de árboles
T5 lluvias (septiembre 2016)	cobertura de árboles
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	
T1 secas-cálidas (mayo 2015)	cobertura de árboles
T2 lluvias (septiembre 2015)	no se encontró variables explicativas
T3 secas-frías (enero 2016)	no se encontró variables explicativas
T4 secas-cálidas (mayo 2016)	tipos de zonas + cobertura de árboles
T5 lluvias (septiembre 2016)	cobertura de árboles
T6 secas-frías (enero 2017)	cobertura de árboles
<i>Psaltriparus minimus</i>	
T1 secas-cálidas (mayo 2015)	distancia a la estructura humana más cercana
T2 lluvias (septiembre 2015)	no se encontró variables explicativas
T3 secas-frías (enero 2016)	distancia a la estructura humana más cercana
T4 secas-cálidas (mayo 2016)	distancia a la estructura humana más cercana
T5 lluvias (septiembre 2016)	tipos de zonas
T6 secas-frías (enero 2017)	distancia a la estructura humana más cercana
<i>Ptiliogonys cinereus</i>	
T1 secas-cálidas (mayo 2015)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana

T2	lluvias (septiembre 2015)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana
T3	secas-frías (enero 2016)	cobertura de árboles
T4	secas-cálidas (mayo 2016)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana
T5	lluvias (septiembre 2016)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana
T6	secas-frías (enero 2017)	cobertura de árboles + distancia a la estructura humana más cercana
<i>Haemorhous mexicanus</i>		
T1	secas-cálidas (mayo 2015)	cobertura de arbustos
T2	lluvias (septiembre 2015)	tipos de zonas
T3	secas-frías (enero 2016)	cobertura de arbustos
T4	secas-cálidas (mayo 2016)	cobertura de árboles
T5	lluvias (septiembre 2016)	distancia a la estructura humana más cercana
T6	secas-frías (enero 2017)	tipos de zonas
<i>Turdus rufopalliatus</i>		
T1	secas-cálidas (mayo 2015)	distancia a la estructura humana más cercana
T2	lluvias (septiembre 2015)	cobertura de árboles
T3	secas-frías (enero 2016)	cobertura de hierbas
T4	secas-cálidas (mayo 2016)	cobertura de árboles + distancia a la estructura humana más cercana
T5	lluvias (septiembre 2016)	cobertura de arbustos
T6	secas-frías (enero 2017)	cobertura de arbustos
<i>Passer domesticus</i>		
T1	secas-cálidas (mayo 2015)	tipos de zonas
T2	lluvias (septiembre 2015)	cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana
T3	secas-frías (enero 2016)	cobertura de arbustos
T4	secas-cálidas (mayo 2016)	distancia a la estructura humana más cercana
T5	lluvias (septiembre 2016)	tipos de zonas + cobertura de arbustos
T6	secas-frías (enero 2017)	cobertura de arbustos

5.3. Modelos de ocupación condicional para dos especies

Sciurus aureogaster y *Pyrocephalus rubinus* tuvieron una única temporada (T2 lluvias, septiembre 2015) en la que el mejor modelo fue el condicional con un SIF = 1.50 (posible interacción positiva). Adicionalmente, hubo tres temporadas (T1 secas-cálidas, mayo 2015; T3 secas-frías, enero 2016; T5 lluvias, septiembre 2016) en las que los modelos condicionales tuvieron un ajuste similar a los datos del mejor modelo (no condicional) por lo que hay cierta ambigüedad en los resultados que no permite descartar si hay o no un SIF. Hubo una

temporada en la que no se consideró el modelo condicional porque los coeficientes de regresión correspondientes al efecto de la presencia o ausencia de la ardilla sobre el ave no se estimaron adecuadamente (Cuadro 5).

Se encontró una leve evidencia de interacción espacial entre *Sciurus aureogaster* y *Psaltriparus minimus* durante una única temporada (T6 secas-frías, enero 2017). El modelo condicional tuvo un ajuste demasiado similar a los datos del mejor modelo (no condicional) pues sus valores AICc fueron demasiado parecidos y el $\Delta AICc$ varió en menos de una unidad (Cuadro 5).

En una temporada (T6 secas-frías, enero 2017) los modelos condicional y no condicional de *Sciurus aureogaster* y *Ptiliognys cinereus* tuvieron un apoyo parecido. Por lo tanto hay cierta ambigüedad en los resultados que no permite descartar si hay o no un SIF (Cuadro 5).

Sciurus aureogaster y *Haemorrhous mexicanus* tuvieron una única temporada (T4 secas-cálidas, mayo 2016) en la que el mejor modelo fue el condicional. Hubo dos temporadas en las que el modelo condicional tuvo que ser descartado porque los coeficientes de regresión correspondientes al efecto de la presencia o ausencia de la ardilla sobre el ave no se estimaron adecuadamente (Cuadro 5).

El modelo condicional y no condicional de *Sciurus aureogaster* y *Turdus rufopalliatus* en una temporada (T6 secas-frías, enero 2017) tuvieron un ajuste similar a los datos. Por lo tanto hay cierta ambigüedad en los resultados que no permite descartar si hay o no hay un SIF (Cuadro 5).

CUADRO 5. Modelos de ocupación condicional de dos especies: *Sciurus aureogaster* – *Pyrocephalus rubinus*, *Psaltriparus minimus*, *Ptiliogonys cinereus*, *Haemorrhous mexicanus*, *Turdus rufopalliatius*, *Passer domesticus*. Temporadas 1 – 6. El Criterio de Información de Akaike (AICc), el valor Δ AICc y los pesos AICc.

Modelos	AICc	Δ AICc	w AICc
<i>Sciurus aureogaster nigrescens</i> – <i>Pyrocephalus rubinus</i>			
Temporada 1 (secas-cálidas, mayo 2015)			
{ ψ^A (árboles + distancia) ψ^B (árboles) p^A (zonas) p^B (hierbas + distancia)}	748.04	0	0.689
{ ψ^A (árboles + distancia) ψ^{BA} (árboles) ψ^{Ba} (árboles) p^A (zonas) p^B (hierbas + distancia)}	749.63	1.59	0.311
CONDICIONAL			
Temporada 2 (lluvias, septiembre 2015)			
{ ψ^A (distancia) $\psi^{BA}(\cdot)$ $\psi^{Ba}(\cdot)$ p^A (arbustos + distancia) p^B (zonas + hierbas)}	457.64	0	0.709
CONDICIONAL			
{ ψ^A (distancia) $\psi^B(\cdot)$ p^A (arbustos + distancia) p^B (zonas + hierbas)}	459.42	1.78	0.291
Temporada 3 (secas-frías, enero 2016)			
{ ψ^A (distancia) $\psi^B(\cdot)$ p^A (árboles + arbustos) p^B (árboles + distancia)}	619.80	0	0.694
{ ψ^A (distancia) $\psi^{BA}(\cdot)$ $\psi^{Ba}(\cdot)$ p^A (árboles + arbustos) p^B (árboles + distancia)}	621.44	1.64	0.306
CONDICIONAL			
Temporada 4 (secas-cálidas, mayo 2016)			
{ ψ^A (árboles) ψ^B (zonas + árboles) p^A (zonas + arbustos) p^B (zonas + hierbas)}	750.58	0	1
-	-	-	-
Temporada 5 (lluvias, septiembre 2016)			
{ ψ^A (árboles) ψ^B (árboles) p^A (zonas + arbustos) p^B (arbustos + distancia)}	850.11	0	0.663
{ ψ^A (árboles) ψ^{BA} (árboles) ψ^{Ba} (árboles) p^A (zonas + arbustos) p^B (arbustos + distancia)}	851.46	1.35	0.337
CONDICIONAL			
Temporada 6 (secas-frías, enero 2017)			
{ ψ^A (distancia) ψ^B (árboles) p^A (zonas + arbustos) p^B (distancia)}	716.27	0	0.927
{ ψ^A (distancia) ψ^{BA} (árboles) ψ^{Ba} (árboles) p^A (zonas + arbustos) p^B (distancia)}	721.35	5.08	0.073
CONDICIONAL			
<i>Sciurus aureogaster nigrescens</i> – <i>Psaltriparus minimus</i>			
Temporada 1 (secas-cálidas, mayo 2015)			
{ ψ^A (árboles + distancia) ψ^B (distancia) p^A (zonas) p^B (distancia)}	730.72	0	0.901
{ ψ^A (árboles + distancia) ψ^{BA} (distancia) ψ^{Ba} (distancia) p^A (zonas) p^B (distancia)}	735.14	4.42	0.099
CONDICIONAL			
Temporada 2 (lluvias, septiembre 2015)			
{ ψ^A (distancia) $\psi^B(\cdot)$ p^A (arbustos + distancia) p^B (distancia)}	494.24	0	0.758
{ ψ^A (distancia) $\psi^{BA}(\cdot)$ $\psi^{Ba}(\cdot)$ p^A (arbustos + distancia) p^B (distancia)}	496.53	2.29	0.242
CONDICIONAL			
Temporada 3 (secas-frías, enero 2016)			
{ ψ^A (distancia) ψ^B (distancia) p^A (árboles + arbustos) p^B (zonas + distancia)}	416.87	0	0.899

{ $\psi^A(\text{distancia}) \psi^{BA}(\text{distancia}) \psi^{Ba}(\text{distancia}) p^A(\text{árboles} + \text{arbustos}) p^B(\text{zonas} + \text{distancia})$ }	421.25	4.38	0.101
CONDICIONAL			
Temporada 4 (secas-cálidas, mayo 2016)			
{ $\psi^A(\text{árboles}) \psi^B(\text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{arbustos})$ }	653.28	0	0.899
{ $\psi^A(\text{árboles}) \psi^{BA}(\text{distancia}) \psi^{Ba}(\text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{arbustos})$ }	657.64	4.36	0.101
CONDICIONAL			
Temporada 5 (lluvias, septiembre 2016)			
{ $\psi^A(\text{árboles}) \psi^B(\text{zonas}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{distancia})$ }	911.72	0	1
-	-	-	-
Temporada 6 (secas-frías, enero 2017)			
{ $\psi^A(\text{distancia}) \psi^B(\text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{distancia})$ }	679.13	0	0.590
{ $\psi^A(\text{distancia}) \psi^{BA}(\text{distancia}) \psi^{Ba}(\text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{distancia})$ }	679.85	0.73	0.410
CONDICIONAL			
<i>Sciurus aureogaster nigrescens – Ptiliogonys cinereus</i>			
Temporada 1 (secas-cálidas, mayo 2015)			
{ $\psi^A(\text{árboles} + \text{distancia}) \psi^B(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^A(\text{zonas}) p^B(\text{árboles})$ }	569.44	0	0.961
{ $\psi^A(\text{árboles} + \text{distancia}) \psi^{BA}(\text{arbustos} + \text{distancia}) \psi^{Ba}(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^A(\text{zonas}) p^B(\text{árboles})$ }	575.86	6.42	0.039
CONDICIONAL			
Temporada 2 (lluvias, septiembre 2015)			
{ $\psi^A(\text{distancia}) \psi^B(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^A(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^B(\text{zonas} + \text{árboles})$ }	420.33	0	0.956
{ $\psi^A(\text{distancia}) \psi^{BA}(\text{arbustos} + \text{distancia}) \psi^{Ba}(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^A(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^B(\text{zonas} + \text{árboles})$ }	426.47	6.14	0.044
CONDICIONAL			
Temporada 3 (secas-frías, enero 2016)			
{ $\psi^A(\text{distancia}) \psi^B(\text{árboles}) p^A(\text{árboles} + \text{arbustos}) p^B(\text{árboles})$ }	509.22	0	0.811
{ $\psi^A(\text{distancia}) \psi^{BA}(\text{árboles}) \psi^{Ba}(\text{árboles}) p^A(\text{árboles} + \text{arbustos}) p^B(\text{árboles})$ }	512.14	2.91	0.189
CONDICIONAL			
Temporada 4 (secas-cálidas, mayo 2016)			
{ $\psi^A(\text{árboles}) \psi^B(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(.)$ }	774.63	0	0.940
{ $\psi^A(\text{árboles}) \psi^{BA}(\text{arbustos} + \text{distancia}) \psi^{Ba}(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(.)$ }	780.15	5.52	0.060
CONDICIONAL			
Temporada 5 (lluvias, septiembre 2016)			
{ $\psi^A(\text{árboles}) \psi^B(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(.)$ }	840.63	0	0.972
{ $\psi^A(\text{árboles}) \psi^{BA}(\text{arbustos} + \text{distancia}) \psi^{Ba}(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(.)$ }	847.75	7.12	0.028
CONDICIONAL			
Temporada 6 (secas-frías, enero 2017)			
{ $\psi^A(\text{distancia}) \psi^B(\text{árboles} + \text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(.)$ }	826.88	0	0.648
{ $\psi^A(\text{distancia}) \psi^{BA}(\text{árboles} + \text{distancia}) \psi^{Ba}(\text{árboles} + \text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(.)$ }	828.11	1.22	0.352
CONDICIONAL			
<i>Sciurus aureogaster nigrescens – Haemorrhous mexicanus</i>			
Temporada 1 (secas-cálidas, mayo 2015)			

{ ψ^A (árboles + distancia) ψ^B (arbustos) p^A (zonas) p^B (arbustos + distancia)}	957.89	0	0.856
{ ψ^A (árboles + distancia) ψ^{BA} (arbustos) ψ^{Ba} (arbustos) p^A (zonas) p^B (arbustos + distancia)}	961.46	3.57	0.144
CONDICIONAL			
Temporada 2 (lluvias, septiembre 2015)			
{ ψ^A (distancia) ψ^B (zonas) p^A (arbustos + distancia) p^B (distancia)}	730.13	0	1
-	-	-	-
Temporada 3 (secas-frías, enero 2016)			
{ ψ^A (distancia) ψ^B (arbustos) p^A (árboles + arbustos) p^B (arbustos)}	822.29	0	0.916
{ ψ^A (distancia) ψ^{BA} (arbustos) ψ^{Ba} (arbustos) p^A (árboles + arbustos) p^B (arbustos)}	827.08	4.79	0.084
CONDICIONAL			
Temporada 4 (secas-cálidas, mayo 2016)			
{ ψ^A (árboles) ψ^{BA} (árboles) ψ^{Ba} (árboles) p^A (zonas + arbustos) p^B (arbustos)}	1012.56	0	0.558
CONDICIONAL			
{ ψ^A (árboles) ψ^B (árboles) p^A (zonas + arbustos) p^B (arbustos)}	1013.02	0.46	0.442
Temporada 5 (lluvias, septiembre 2016)			
{ ψ^A (árboles) ψ^B (distancia) p^A (zonas + arbustos) p^B (árboles + distancia)}	1409.14	0	0.849
{ ψ^A (árboles) ψ^{BA} (distancia) ψ^{Ba} (distancia) p^A (zonas + arbustos) p^B (árboles + distancia)}	1412.58	3.45	0.152
CONDICIONAL			
Temporada 6 (secas-frías, enero 2017)			
{ ψ^A (distancia) ψ^B (zonas) p^A (zonas + arbustos) p^B (distancia)}	1078.87	0	1
-	-	-	-
<i>Sciurus aureogaster nigrescens – Turdus rufopalliatu</i>			
Temporada 1 (secas-cálidas, mayo 2015)			
{ ψ^A (árboles + distancia) ψ^B (distancia) p^A (zonas) p^B (zonas + hierbas)}	859.67	0	0.866
{ ψ^A (árboles + distancia) ψ^{BA} (distancia) ψ^{Ba} (distancia) p^A (zonas) p^B (zonas + hierbas)}	863.41	3.73	0.134
CONDICIONAL			
Temporada 2 (lluvias, septiembre 2015)			
{ ψ^A (distancia) ψ^B (árboles) p^A (arbustos + distancia) p^B (distancia)}	354.54	0	0.914
{ ψ^A (distancia) ψ^{BA} (árboles) ψ^{Ba} (árboles) p^A (arbustos + distancia) p^B (distancia)}	359.27	4.73	0.086
CONDICIONAL			
Temporada 3 (secas-frías, enero 2016)			
{ ψ^A (distancia) ψ^B (hierbas) p^A (árboles + arbustos) p^B (distancia)}	346.99	0	1
-	-	-	-
Temporada 4 (secas-cálidas, mayo 2016)			
{ ψ^A (árboles) ψ^B (árboles + distancia) p^A (zonas + arbustos) p^B (zonas + hierbas)}	787.31	0	0.950
{ ψ^A (árboles) ψ^{BA} (árboles + distancia) ψ^{Ba} (árboles + distancia) p^A (zonas + arbustos) p^B (zonas + hierbas)}	793.22	5.91	0.050
CONDICIONAL			
Temporada 5 (lluvias, septiembre 2016)			
{ ψ^A (árboles) ψ^B (arbustos) p^A (zonas + arbustos) p^B (árboles)}	763.58	0	0.924
{ ψ^A (árboles) ψ^{BA} (arbustos) ψ^{Ba} (arbustos) p^A (zonas + arbustos) p^B (árboles)}	768.57	4.99	0.076

CONDICIONAL			
Temporada 6 (secas-frías, enero 2017)			
$\{\psi^A(\text{distancia}) \psi^B(\text{arbustos}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{zonas} + \text{hierbas})\}$	561.88	0	0.643
$\{\psi^A(\text{distancia}) \psi^{BA}(\text{arbustos}) \psi^{Ba}(\text{arbustos}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{zonas} + \text{hierbas})\}$	563.05	1.17	0.357
CONDICIONAL			
<i>Sciurus aureogaster nigrescens – Passer domesticus</i>			
Temporada 1 (secas-cálidas, mayo 2015)			
$\{\psi^A(\text{árboles} + \text{distancia}) \psi^B(\text{zonas}) p^A(\text{zonas}) p^B(\text{arbustos} + \text{distancia})\}$	841.28	0	1
-	-	-	-
Temporada 2 (lluvias, septiembre 2015)			
$\{\psi^A(\text{distancia}) \psi^B(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^A(\text{arbustos} + \text{distancia}) p^B(\text{arbustos} + \text{distancia})\}$	589.72	0	1
-	-	-	-
Temporada 3 (secas-frías, enero 2016)			
$\{\psi^A(\text{distancia}) \psi^B(\text{arbustos}) p^A(\text{árboles} + \text{arbustos}) p^B(\text{árboles} + \text{distancia})\}$	715.80	0	0.861
$\{\psi^A(\text{distancia}) \psi^{BA}(\text{arbustos}) \psi^{Ba}(\text{arbustos}) p^A(\text{árboles} + \text{arbustos}) p^B(\text{árboles} + \text{distancia})\}$	719.45	3.65	0.139
CONDICIONAL			
Temporada 4 (secas-cálidas, mayo 2016)			
$\{\psi^A(\text{árboles}) \psi^B(\text{distancia}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{zonas} + \text{arbustos})\}$	876.78	0	1
-	-	-	-
Temporada 5 (lluvias, septiembre 2016)			
$\{\psi^A(\text{árboles}) \psi^B(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{zonas} + \text{arbustos})\}$	1113.38	0	1
-	-	-	-
Temporada 6 (secas-frías, enero 2017)			
$\{\psi^A(\text{distancia}) \psi^B(\text{arbustos}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{arbustos} + \text{distancia})\}$	897.35	0	0.915
$\{\psi^A(\text{distancia}) \psi^{BA}(\text{arbustos}) \psi^{Ba}(\text{arbustos}) p^A(\text{zonas} + \text{arbustos}) p^B(\text{arbustos} + \text{distancia})\}$	902.10	4.75	0.085
CONDICIONAL			

5.3.1. Factor de Interacción de Especies

Debido a que hubo modelos condicionales que estuvieron apoyados en los datos, fue necesario conocer el sentido de la interacción por medio del Factor de Interacción de Especies (Cuadro 6).

CUADRO 6. Factor de Interacción de Especies (SIF) de los modelos condicionales que estuvieron apoyados en los datos.

Especies	Temporada	SIF	Tipo de interacción	Intervalo de confianza (95%)	Figura
<i>Sciurus aureogaster</i> y <i>Pyrocephalus rubinus</i>	T1 secas-cálidas mayo 2015	1.21	(posible interacción positiva)	0.7218 a 1.7034 el cual incluye a 1, lo que no descarta que estas dos especies coexistan de forma independiente	(Fig. 12. A)
<i>Sciurus aureogaster</i> y <i>Pyrocephalus rubinus</i>	T2 lluvias septiembre 2015	1.50	(posible interacción positiva)	-0.2045 a 3.2215 el cual incluye a 1, lo que no descarta que estas dos especies coexistan de forma independiente	(Fig. 12. B)
<i>Sciurus aureogaster</i> y <i>Pyrocephalus rubinus</i>	T3 secas-frías enero 2016	0.78	(posible interacción negativa)	0.3582 a 1.2211 el cual incluye a 1, lo que no descarta que estas dos especies coexistan de forma independiente	(Fig. 12. C)
<i>Sciurus aureogaster</i> y <i>Pyrocephalus rubinus</i>	T5 lluvias septiembre 2016	0.91	(posible interacción negativa)	0.5663 a 1.2589 el cual incluye a 1, lo que no descarta que estas dos especies coexistan de forma independiente	(Fig. 12. D)
<i>Sciurus aureogaster</i> y <i>Psaltriparus minimus</i>	T6 secas-frías enero 2017	0.15	(interacción negativa)	-0.3746 a 0.6928 el cual no incluye a 1, lo que podría significar que estas especies se evitaron durante esta temporada	(Fig. 12. E)
<i>Sciurus aureogaster</i> y <i>Ptiliogonys cinereus</i>	T6 secas-frías enero 2017	1.03	(posible interacción positiva)	0.2505 a 1.8245 el cual incluye a 1, lo que no descarta que estas dos especies coexistan de forma independiente	(Fig. 12. F)
<i>Sciurus aureogaster</i> y <i>Haemorrhous mexicanus</i>	T4 secas-cálidas mayo 2016	1.06	(posible interacción positiva)	0.8586 a 1.2799 el cual incluye a 1, lo que no descarta que estas dos especies coexistan de forma independiente	(Fig. 12. G)
<i>Sciurus aureogaster</i> y <i>Turdus rufopalliatu</i> s	T6 secas-frías enero 2017	0.00001	(posible interacción negativa)	-0.0004 a 0.0004 el cual no incluye a 1. Sin embargo, dado que este SIF fue mal estimado (muy cercano al cero) se descartó.	

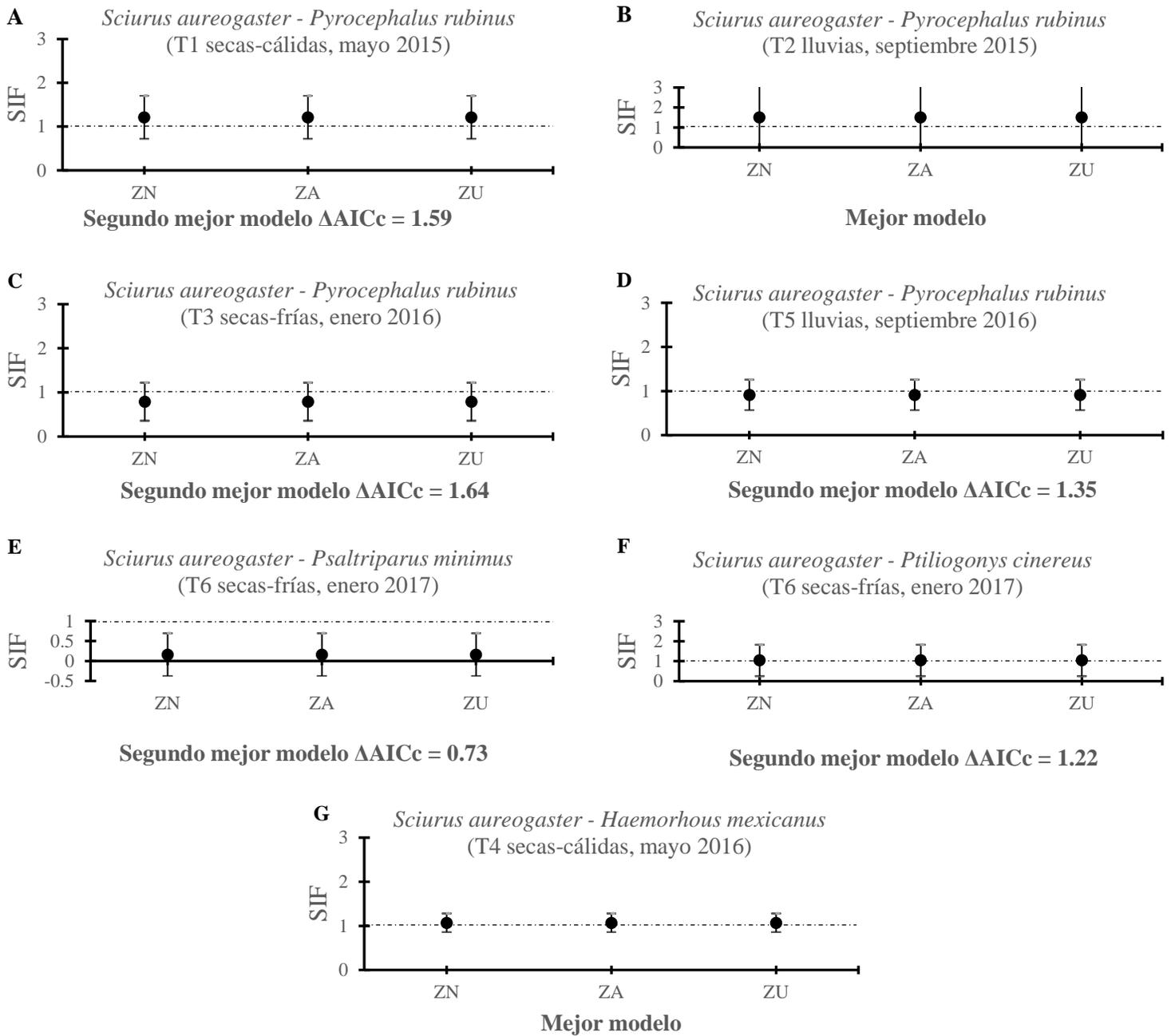


FIGURA 12. Factor de Interacción de Especies (SIF) calculado a partir de los modelos condicionales que tuvieron apoyo en los datos para los tres tipos de zonas: zona núcleo (ZN), zona de amortiguamiento (ZA) y zona urbana (ZU). Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Las líneas con origen en 1 indican la coexistencia independiente entre los pares de especies.

VI. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que *Sciurus aureogaster nigrescens* se distribuye en sitios con mayor influencia humana (zonas urbanas y de amortiguamiento) ya que habita en árboles introducidos como fresno (*Fraxinus uhdei*), eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), pino (*Pinus patula*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*), y pirul (*Schinus molle*) que llegaron a Ciudad Universitaria como resultado de la forestación de las áreas verdes artificiales de las facultades y demás edificios. Esto mismo se ve reflejado en la baja probabilidad de detección y ocupación de la ardilla gris estimada en las zonas núcleo de la REPSA. Posiblemente *S. aureogaster* no ocupa tanto las zonas núcleo debido a que en las zonas de amortiguamiento y urbanas la actividad antropogénica les proporcionan sitios en los cuales anidar (árboles) y una fuente constante de alimentación gracias a los árboles, jardines y basureros.

La detectabilidad de *Pyrocephalus rubinus* está dada en función de las estructuras humanas, pues su dieta se basa en insectos los cuales atrapa por medio de halconeos y para lo cual requiere espacios abiertos. En Ciudad Universitaria los lugares con estas características son las áreas verdes artificiales las cuales también tienen un periódico manejo de jardinería, lo que vuelve al cardenalito una especie explotadora de áreas verdes artificiales urbanas. *Psaltriparus minimus* es una especie que aprovecha los árboles con hojas perennifolias como los árboles que fueron introducidos a Ciudad Universitaria para la forestación de áreas verdes artificiales. *Ptiliogonys cinereus* aprovecha frutos e insectos de los árboles introducidos en Ciudad Universitaria. *Haemorhous mexicanus* aprovecha material antropogénico para la fabricación de sus nidos. *Turdus rufopalliatus* aprovecha las áreas verdes artificiales para la obtención de frutos en los árboles y lombrices en la hierba. Y *Passer domesticus* aprovecha

materiales y lugares antropogénicos para la fabricación de sus nidos, además de los respectivos recursos alimenticios que también le ofrecen los humanos.

En cuanto a la interacción con las aves, los resultados muestran que la presencia de *Sciurus aureogaster nigrescens* no afectan la presencia de *Pyrocephalus rubinus*, *Ptiliogonys cinereus*, *Haemorhous mexicanus*, *Turdus rufopalliatus* y *Passer domesticus*. La ausencia de interacciones espaciales evidentes entre estas especies pudo deberse a gran variedad de factores. Uno de ellos podría ser la baja agresividad que exhiben tanto *S. aureogaster* hacia sus conespecíficos como hacia otras especies dentro del sistema de estudio (Ramos-Lara y Cervantes, 2011). Otra razón podría ser que el ambiente urbano y semiconservado proporcionan una mayor disponibilidad de recursos para todos los organismos (Hewson y Fuller, 2003). Un ambiente tan rico en recursos reduce la intensidad de diversas interacciones ecológicas debido a que las especies podrían no necesitar competir por sitios de anidación (Howell y Webb, 1995; Sloane, 2001; Lowther y Cink, 2006; Ellison *et al.*, 2009; Badyaev y Hill, 2012; Suárez-Rodríguez, 2012; Palmer *et al.*, 2014; Carbó-Ramírez *et al.*, 2015). Adicionalmente, a pesar de que ardillas y aves por lo general utilizan los árboles para la fabricación de sus nidos, estas últimas tienen una mayor diversidad de sitios de anidación en la REPSA y edificios de CU, como por ejemplo, *Passer domesticus* y *Haemorhous mexicanus* que son capaces de anidar en huecos de edificios y farolas (Suárez-Rodríguez, 2012), además de gozar de un mayor rango de desplazamiento en comparación con la ardilla gris. Por último, la ausencia de interacciones espaciales entre *S. aureogaster* y las aves estudiadas sugiere que dentro de este sistema la depredación de nidos por parte de la ardilla no ocurre, o bien no ocurre con suficiente intensidad como para provocar cambios en la ocupación de ninguna de las especies.

La única interacción espacial negativa que hubo fue entre *Sciurus aureogaster* y *Psaltriparus minimus* durante una temporada de invierno (T6 secas-frías, enero 2017) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Ciudad Universitaria. Debido a que esta interacción negativa entre *Sciurus aureogaster* y *Psaltriparus minimus* se presentó durante una temporada invernal (T6 secas-frías, enero 2017) se considera que la interacción espacial negativa no se dio por competencia por sitios de anidación o depredación de los huevos, ya es una época en la que ninguna de las dos especies se encuentra anidando. Por lo anterior, la segunda predicción de este estudio no tuvo evidencia a favor ya que de haber una interacción negativa entre las especies se esperaba que fuera más evidente durante alguna temporada reproductiva.

No obstante, la interacción entre *S. aureogaster* y *P. minimus* pudo deberse a que *P. minimus* es una especie de ave con hábitos casi exclusivamente arborícolas, pues viven en bandadas de entre 10 y 40 individuos los cuales básicamente vuelan distancias cortas de un árbol a otro y saltan entre las ramas de un mismo árbol buscando insectos o arañas de los cuales alimentarse entre el follaje.

Dado lo anterior es admisible considerar que la interacción negativa se dio en consecuencia por lugares de ocupación, ya que como se detalló previamente los sastrecillos prefieren habitar árboles con follaje perennifolio los cuales seguramente son de las principales fuentes de alimentación para varios organismos dentro de la REPSA y CU durante la época seca. Los árboles que permanecen siempre verdes en Ciudad Univeritaria son aquellos introducidos en las áreas verdes artificiales de las facultades y zonas de amortiguamiento que también son ocupados por las ardillas grises (fresno, eucalipto y pirul).

Por lo que se hace evidente que *Psaltriparus minimus* buscó alimento durante esta temporada de secas-frías 2016 en árboles donde no estuviera presente *Sciurus aureogaster*.

Este trabajo reafirma los resultados de un estudio previo que trató de definir el posible impacto negativo de la ardilla gris (*Sciurus carolinensis*) en las poblaciones de aves de los bosques en Inglaterra (Newson *et al.*, 2010). Los resultados del estudio mostraron que hay poca evidencia de que el aumento en la población de la ardillas grises introducidas en Inglaterra (*Sciurus carolinensis*) en los últimos años hayan impulsado las disminuciones de las poblaciones de especies de aves en los bosques británicos por la depredación de los huevos de los nidos (Newson *et al.*, 2010). Sugieren que los cambios en la estructura del bosque son la causa más probable de las disminuciones poblacionales en muchas aves de bosque (Amar *et al.*, 2006; Newson *et al.*, 2010).

La Reserva Ecológica del Pedral de San Ángel es una reserva natural inmersa en una de las ciudades más pobladas del mundo, que se encuentra sujeta a condiciones de perturbación, específicamente a los efectos asociados a la urbanización (Acevedo *et al.*, 1999; Andersson, 2006; Chace y Walsh, 2006; Gratani y Varone, 2007; MacGregor-Fors y Schondube, 2012). Sin embargo se hace evidente que todas las especies se han tenido que adaptar en mayor o menor medida a la urbanización pues en general todas las aves estudiadas en este trabajo se asocian a la suma de actividades antropogénicas ya que todas son especies explotadoras que se ven beneficiadas de alguna forma por la actividad humana.

Dado lo anterior se vuelve un poco más claro que en este ambiente semiconservado se relajan todas las interacciones debido a que hay muchos recursos extra por obra de los humanos. Las interacciones entre especies son muy importantes para entender la dinámica

de una comunidad y la competencia no necesariamente es la fuerza impulsora de la estructura de dicha comunidad (Wani y Ahmad, 2014), sobre todo en sistemas complejos como ciudades. Ahora entendemos que todos los tipos de interacciones, junto con los efectos indirectos y la variación de respuesta dentro y entre especies definen las comunidades y los ecosistemas (Agrawal, 2007). Las especies interactúan entre sí y por lo tanto existe una red de interacciones en una comunidad, las cuales plantean nuevos desafíos a las especies y para hacer frente a estos nuevos retos los organismos tal vez tengan que hacer desarrollar nuevos rasgos (Wani y Ahmad, 2014).

El estudio de las interacciones de una especie con su entorno físico y con otros organismos es importante para definir el impacto ecológico que estas ocasionan en un ecosistema y así tener una perspectiva más clara de cómo es que evolucionan las especies. Los resultados obtenidos se pueden utilizar como un complemento a la falta de información precisa sobre el impacto ecológico que tienen las interacciones entre individuos de la comunidad del Pedregal, más específicamente el impacto que tienen las especies introducidas sobre las especies nativas y cómo estas responden a los invasores de su entorno.

En general, este estudio destaca la necesidad de obtener más información acerca de cómo se desarrollan las interacciones entre mamíferos invasores y aves residentes en una reserva ecológica que está sujeta a cambios de composición y estructura debido a la alta actividad antropogénica. Además es necesario mantener monitoreada la densidad poblacional de *Sciurus aureogaster nigrescens* en la REPSA y CU porque aunque su ocupación en zonas de amortiguamiento y zonas urbanas no es particularmente alta (Ramírez-Cruz, *et al.*, 2018) su condición generalista con el paso del tiempo las podría llevar a aumentar exponencialmente su población y convertirse no solo en un problema para las aves sino también para otros

organismos nativos del Pedregal (Mack, 1995; Veltman y Crawley, 1996; Mack *et al.*, 2000; Richardson *et al.*, 2000; Rojas-Sandoval y Acevedo-Rodríguez, 2015). Para lograr esto, se requiere más tiempo de muestreo, más cantidad de datos y la realización de estudios experimentales y de historia natural que permitan comprender mejor la existencia y supervivencia de las especies en este ecosistema.

VII. LITERATURA CITADA

ACEVEDO, W., L. R. RICHARDS y J. T. BUCHANAN. 1999. Analyzing land use change in urban environments. USGS Fact Sheet 188:99.

ADAMS, L. W., L. W. VAN DRUFF y M. LUNIAK. 2005. Managing urban habitats and wildlife. Pp. 714–739, En: *Techniques for wildlife investigations and management*. (C.E. Braun, ed.) Allen Press, Inc., Lawrence, Kansas, USA.

AGRAWAL, A. A. 2007. Filling Key Gaps in Population and Community Ecology. *Frontiers Ecol. Environ.*, 5:145-152.

AKAIKE, H. 1973. Maximum likelihood identification of Gaussian autoregressive moving average models. *Biometrika*. 60(2), 255-265.

ÁLVARES-ROMERO, J. G., R. A. MEDELLÍN, A. OLIVERAS DE ITA, H. GÓMEZ DE SILVA y O. SÁNCHEZ. 2008. Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad. Instituto de Ecología, UNAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F., 518 pp.

AMAR, A., C. M. HEWSON, R. M. THEWLIS, K. W. SMITH, R. J. FULLER, J. A. LINDSELL, G. CONWAY, S. BUTLER y M. A. MACDONALD. 2006. What's happening to our woodland birds? Long-term changes in the populations of woodland birds. BTO Research Report no. 169, British Trust for Ornithology, Thetford.

AMSTRUP, S. C., T. L. MCDONALD y B. F. MANLY. 2005. Handbook of capture-recapture analysis. Princeton University Press, Nueva Jersey, EUA.

ANDERSON, D. R. 2008. Model Based Inference in the Life Sciences: A Primer on Evidence. Springer, New York, EUA.

- ANDERSSON, E. 2006. Urban landscapes and sustainable cities. *Ecology and Society* 11:34.
- ARENAS, S. 2004. Distribución y Fenología de la avifauna del Ajusco Medio y del Pedregal de San Ángel. D. F. México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ARIZMENDI, M., A. ESPINOZA y F. ORNELAS. 1994. Las aves del Pedregal de San Ángel. Pp. 239-260. En: Rojo, A. (comp.). La reserva ecológica “El Pedregal de San Ángel: ecológica, historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- BADYAEV, A. V., V. BELLONI y G. E. HILL. 2012. House Finch (*Haemorhous mexicanus*), The Birds of North America (P. G. Rodewald, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. [Recuperado de Birds of North America Online: <https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/houfin> en 2017].
- BOEGE, K. y D. CARMONA. 2012. Interacciones entre múltiples especies. Pp. 175-203, En: Del Val y Boege (Coords.) Ecología y evolución de las interacciones bióticas. Ediciones Científicas Universitarias. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- BROOKER, R. W. 2009. Don't Diss Integration: A Comment on Ricklefs's Disintegrating Communities. *Am. Nat.*, 174: 919-927.
- BURNHAM, K. P. y D. R. ANDERSON. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer Science and Business Media. New York. E. U.
- CABRERA-LUNA, J. J. 2013. Densidad poblacional de la ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), en el Distrito Federal, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 80 pp.
- CANO-SANTANA, Z y J. A. MEAVE. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle, *Ciencias*, 41: 58-68.
- CARBÓ-RAMÍREZ, P., R. A. GONZÁLEZ-ARRIETA e I. ZURITA. 2015. Breeding Biology of the Rufous-backed Robin (*Turdus rufopalliatu*s) in an Urban Area Outside its Original Distribution Range. *The Wilson Journal of Ornithology* 127(3):515–521.
- CEBALLOS y GALINDO, 1984. Mamíferos silvestres de la Cuenca de México. Ed. Limusa-Instituto de Ecología, México. Pp. 299.
- CEBALLOS, G. y G. OLIVA. 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. Páginas 980.
- CHACE, J. F. y J. J. WALSH. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning* 74:46-69.
- CHÁVEZ-CASTAÑEDA, N y M. A. GURROLA-HIDALGO. 2009. Avifauna. En: Lot y Cano-Santana (Eds.). Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel. UNAM, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica, D.F. México. Pp. 261-275.

- COLLAR**, N. J. 2005. Family Turdidae (thrushes). Pages 514–810 in Handbook of the birds of the world. Volume 10. Cuckoo-shrikes to thrushes (J. del Hoyo, A. Elliott, and D. A. Christie, Editors). Lynx Edicions, Barcelona, Spain.
- COOCH**, E. G. y G. C. **WHITE** (EDS.) 2016. Program MARK A Gentle Introduction. 14th edition.
- COOCH**, E. G. y G. C. **WHITE** (EDS.) 2017. Program MARK A Gentle Introduction. 17th edition.
- DEL OLMO-LINARES**, G. 2013. Aves Comunes de la Ciudad de México. CONABIO. México, D.F.
- DEL VAL**, E. y K. **BOEGE** (COORDS.). 2012. Ecología y evolución de las interacciones bióticas. Ediciones Científicas Universitarias. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- ELLISON**, K., B. O. **WOLF** y S. L. **JONES**. 2009. Vermilion Flycatcher (*Pyrocephalus rubinus*), The Birds of North America (P. G. Rodewald, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. [Recuperado de Birds of North America Online: <https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/verfly> en 2017].
- ELTON**, C. S. 1968. Animal Ecology. Great Britain. William Clowes and Sons Ltd.
- ESTAÑOL-TECUATL**, F. 2014. Estructura de la comunidad vegetal en zonas perturbadas, conservadas y sujetas a restauración ecológica en la Reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 63 pp.
- FRANCIS**, R. A. y M. A. **CHADWICK**. 2015. Urban invasions: non-native and invasive species in cities. *Geography* 100 (3): 144-151.
- GAXIOLA**, A. y J. J. **ARMESTO**. 2012. Competencia. Pp. 15-42, En: Del Val y Boege (Coords.) Ecología y evolución de las interacciones bióticas. Ediciones Científicas Universitarias. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- GLIWICZ**, J., J. **GOSZCZYNSKI**, y M. **LUNIAK**. 1994. Characteristic features of animal populations under synurbanization – the case of the blackbird and striped field mouse. *Memorabilia Zoologica* 49:237-244.
- GÓMEZ**, O. y D. **DREDGE**. 2003. Las ardillas de México. Biodiversidad Mexicana. Hacia un ecoturismo sustentable. CONABIO. *Biodiversitas*. 51:8-11.
- GONZÁLEZ-ROMERO**, A. 1980. Los roedores plaga en las zonas Agrícolas del Distrito Federal. Instituto de Ecología. México, D.F. Páginas 83.
- GRATANI**, L. y L. **VARONE**. 2007. Plant crown traits and carbon sequestration capability by *Platanus hybrida* Brot. in Rome. *Landscape and Urban Planning* 81:282-286.
- GRAY SILKY-FLYCATCHER (*Ptiliogonys cinereus*), En Neotropical Birds Online (T. S. Schulenberg, Ed.). Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, New York, USA. [Recuperado de Neotropical Birds Online: <https://neotropical.birds.cornell.edu/Species-Account/nb/species/grsfly1> en 2017].

GRAY SILKY-FLYCATCHER (*Ptiliogonys cinereus*), En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. y de Juana, E. (eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona. [Recuperado de <https://www.hbw.com/node/58079> en 2017].

HALL, E. R. 1981. *The Mammals of North America*. 2nd Edition. Vol. I. John Wiley and Sons. New York. Pp. 600.

HEWSON, C. M. y R. J. FULLER. 2003. Impacts of Grey Squirrels on Woodland Birds: An Important Predator of Eggs and Young?. British Trust for Ornithology and Woodland Heritage. BTO Research Report No. 328.

HORTELANO-MONCADA, Y., F. A. CERVANTES Y A. TREJO. 2009. Mamíferos silvestres. En: Lot y Cano-Santana (Eds.) Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel. UNAM, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica, D.F. México. Pp. 277-293.

HOWELL S. y S. WEBB. 1995. *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press.

JENNIFER, M.L. y E.M. BENBOW. 2013. Species Interaction and Competition. *Nat. Edu. Know.*, 4(4): 8-15.

KAUFMAN, K. 2005. *Guía de campo a las aves de Norteamérica*.

KOPROWSKI, J.L. 1994. *Sciurus carolinensis*. *Mammalian Species* 480: 1-9.

KOPROWSKI, J. L., G. T. KELLISON y S. L. MONEYSMITH. 2005. Status of Red-Bellied Squirrels (*Sciurus aureogaster*) Introduced To Elliott Key, Florida. *Florida Field Naturalist*. 33(4):128, 2005.

LEBRETON, J. D., K. P. BURNHAM, J. CLOBERT y D. R. ANDERSON. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological monographs*, 62(1), 67-118.

LOT, A. y P. CAMARENA, 2009. El Pedregal de San Ángel de la ciudad de México: reserva ecológica urbana de la Universidad Nacional. En: Lot y Cano-Santana (Eds.) Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel. UNAM, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica, D.F. México. Pp. 19-25.

LOT A. y Z. CANO-SANTANA. 2009. Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México.

LOT, A., M. PÉREZ-ESCOBEDO, G. GIL-ALARCÓN, S. RODRÍGUEZ-PALACIOS y P. CAMARENA. 2013. *La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Atlas de riesgos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 51 pp.

LOWTHER, P. E. Y C. L. CINK. 2006. House Sparrow (*Passer domesticus*), *The Birds of North America* (P. G. Rodewald, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. [Recuperado de Birds of North America Online: <https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/houspa> en 2017].

MACGREGOR-FORS, I. y **J. E. SCHONDUBE.** 2012. Urbanizing the wild: shifts in bird communities associated to small human settlements. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 477-486.

MACK, R. N. 1995. Understanding the processes of weed invasions: the influence of environmental stochasticity. In *Weeds in a changing world. Proceedings of a symposium, Brighton, UK, 20 November 1995* [chaired by Stirton, CH]. (pp. 65-74). British Crop Protection Council.

MACK, R. N., D. SIMBERLOFF, W. MARK LONSDALE, H. EVANS, M. CLOUT y F. A. BAZZAZ. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological applications*, 10(3), 689-710.

MACKENZIE, D.I., J.D. NICHOLS, G.B. LACHMAN, S. DROEGE, J.A. ROYLE, y C.A. LANGTIMM. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83:2248–2255.

MACKENZIE, D. I., J. D. NICHOLS, J. E. HINES, M. G. KNUTSON y A. B. FRANKLIN. 2003. Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. *Ecology*, 84(8), 2200-2207.

MACKENZIE, D.I., L.L. BAILEY, y J. D. NICHOLS. 2004. Investigating species co-occurrence patterns when species are detected imperfectly. *Journal of Animal Ecology* 73:546–555.

MACKENZIE, D. I., J. D. NICHOLS, J. A. ROYLE, K. H. POLLOCK, L. L. BAILEY y J. E. HINES. 2006. *Occupancy Estimation and Modeling. Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence.* Academic Press is an imprint of Elsevier, USA.

MÉNDEZ DE LA CRUZ, F. R., A. H. DÍAZ DE LA VEGA-PÉREZ y V. H. JIMÉNEZ ARCOS. 2009. Herpetofauna. En: Lot y Cano-Santana (Eds.) *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel.* UNAM, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y Coordinación de la Investigación Científica, D.F. México. Pp. 243-260.

MORA-ASCENCIO, P., A. MENDOZA-DURAN y C. CHÁVEZ. 2010. Densidad poblacional y daños ocasionados por la ardilla *Sciurus aureogaster*: implicaciones para la conservación de los viveros de Coyoacán, México.

MUSSER, G. G. 1968. A Systematic Study of the Mexican and Guatemalan Gray Squirrel, *Sciurus aureogaster* F. Cuvier (Rodentia: Sciuridae). *Miscellaneous Publicitions of Museum Zoology, University of Michigan.* 137:1-112.

NAVA-LÓPEZ, M., J. JUJNOVSKI, R. SALINAS-GARCÍA, J. ÁLVARES-SÁNCHEZ y L. ALMEIDA-LEÑERO. 2009. Servicios ecosistémicos. Pp. 51-60, En: A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel.* Universidad Nacional Autónoma de México, México.

NEWSON, S. E., D. I. LEECH, C. M. HEWSON, H. Q. P. CRICK y P. V. GRICE. 2010. Potential impact of grey squirrels *Sciurus carolinensis* on woodland bird populations in England. *J. Ornithol.* 151:211-218.

NOUR, N., MATTHYSEN, E. y DHONDT, A.A. 1993. Artificial nest predation and habitat fragmentation: different trends in bird and mammal predators. *Ecography*, 16: 111-116.

PACHECO, E. 2011. Depredación de Conos de *Pinus patula* Schl. et Cham, por la Ardilla Gris *Sciurus aureogaster* en el Área forestal de Santiago Comaltepec, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de la Sierra de Oaxaca. Ixtlán de Juárez, Oaxaca.

PALACIO-PRIETO, J. L. y M. N. GUILBAUD, 2015. Patrimonio natural de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y áreas cercanas: sitios de interés geológico y geomorfológico al sur de la Cuenca de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(2) pp. 227-244.

PALMER, G. H., J. L. KOPROWSKI. y A. J. PERNAS. 2014. Distribution and spread of an introduced insular population of red-bellied squirrels (*Sciurus aureogaster*) in Florida. *Mammalia* 78(1): 67-73.

PARKER, T. y C. H. NILON. 2008. Gray squirrel density habitat suitability and behavior in urban parks. *Springer Science. Urban Ecosystem*, 11:243-255.

PERALTA, H. A. y J. PRADO. 2009. Los límites y la cartografía. Pp. 27-42, en: A. Lot y Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

PERNAS, A. J. y D. W. CLARK. 2007. A summary of the current progress toward eradication of the Mexican gray squirrel (*Sciurus aureogaster* F. Cuvier, 1829) from Biscayne National Park, Florida, USA. En "Island invasives: eradication and management". Veitch, C. R., Clout, M. N. and Towns, D. R. (eds.). IUCN. Suiza. Pp. 222-224.

PETERSON, R. T. y E. L. CHALIF. 1989. Aves de México, Guía de campo. Editorial Diana, Mexico.

RAMÍREZ-CRUZ, G. A., P. E. MENDOZA-HERNÁNDEZ, I. SOLANO-ZAVALA y J. J. ZÚÑIGA-VEGA. 2018. How Widespread are Nonnative Species? Estimating Habitat Occupancy in an Ecological Reserve within a Megacity. *Natural Areas Journal*, 38(1), 68-87.

RAMOS, M. 1974. Estudio ecológico de las aves del Pedregal de San Ángel, D. F. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

RAMOS-LARA, N. y CERVANTES, F. A. 2011. Ecology of the Mexican Red-Bellied Squirrel (*Sciurus aureogaster*) in Michoacán, México. *The Southwestern Naturalist*, 56(3):400-403.

RENDÓN-HERNÁNDEZ, G. 2008. Biología reproductiva de aves residentes en un parque urbano: el parque ecológico cubitos, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

RICHARDSON, D. M., P. PYŠEK, M. REJMÁNEK, M. G. BARBOUR, F. D. PANETTA y C. J. WEST. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, 6(2), 93-107.

RICHMOND, O. M. W., J. E. HINES y S. R. BEISSINGER. 2010. Two-species occupancy models: a new parameterization applied to co-occurrence of secretive raptors. *Ecological Society of America, Ecological Applications*, 20(7), pp. 2036-2046.

RICKLEFS, R. E. 2008. Disintegration of the Ecological Community. *Am. Nat.*, **172**: 741-750.

ROJAS-SANDOVAL, J., y **P. ACEVEDO-RODRÍGUEZ**. 2015. Naturalization and invasion of alien plants in Puerto Rico and the Virgin Islands. *Biological Invasions*, 17(1), 149-163.

RUFIOUS-BACKED ROBIN (*Turdus rufopalliatu*s), En Neotropical Birds (T.S. Schulenberg, Ed.). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, USA. [Recuperado de Neotropical Birds Online <https://neotropical.birds.cornell.edu/Species-Account/nb/species/rubroben2017>].

Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Coordinación de la Investigación Científica. Universidad Nacional Autónoma de México. [Recuperado de REPSA En línea <http://www.repsa.unam.mx/> en 2018].

SETOGUCHI, M. 1991. Nest-site selection and nest-building behavior of red-bellied tree squirrels on Tomogashima Island, Japan. *Journal of Mammalogy*, 72: 163-170.

SIEBE, C. 2000. Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern basin of Mexico-City. *Journal of Vulcanology and Geothermal Research*, 104:45-64.

SLOANE, S. A. 2001. Bushtit (*Psaltriparus minimus*), The Birds of North America (P. G. Rodewald, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. [Recuperado de Birds of North America Online: <https://birdsna.org/Species-Account/bna/species/bushti> en 2017].

SOBERÓN, J., **M. DE LA CRUZ ROSAS** y **G. JIMÉNEZ**. 1994. Ecología hipotética de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Pp. 129-148, En: Rojo A. (Eds) Reserva ecológica “El Pedregal de San Ángel”. Ecología e historia natural y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

SUÁREZ-RODRÍGUEZ, M. 2012. Conducta de anidación y características del nido de dos aves urbanas (*Passer domesticus* y *Carpodacus mexicanus*) con énfasis en el uso de filtros de cigarro. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 53 pp.

THORINGTON, R. W., JR., y **R.S. HOFFMANN**. 2005. Family Sciuridae. In: (D.E. Wilson and D.M. Reeder, Eds.) Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. John Hopkins University Press, Baltimore, MD. pp. 754–818.

THORINGTON, R. W. y **K. FERRELL**. 2006. Squirrels The Animal Answer Guide. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, United States of America.

VALDÉS-ALARCÓN, M. 2003. Las ardillas de México. En CONABIO. *Biodiversitas* 51:8-11.

VALIENTE-BANUET, A. y **E. LUNA-GARCÍA**. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel, México D.F. *Acta Botánica Mexicana*, 9: 13-30.

VELTMAN, C. J., **S. NEE** y **M. J. CRAWLEY**. 1996. Correlates of introduction success in exotic New Zealand birds. *The American Naturalist*, 147(4), 542-557.

WANI, S. A. y **S. T. AHMAD**. 2014. Interactions between species in walnut orchard ecosystem of Kashmir Valley, India. *International Journal of Pure and Applied Zoology* 2(2): 200-204. India.

WARREN P., C. TRIPLER, D. BOLGER, S. FAETH, N. HUNTLY, C. LEPCZYK, J. MEYER, T. PARKER, E. SHOCHAT y J. WALKER. 2006. Urban food webs: predators, prey, and the people who feed them. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 87:387–393.

WHITE, G. Program MARK (Versión 6.2) [software]. Colorado State University. Obtenido de <http://www.phidot.org/software/mark/downloads/>

WHITE, G. C., y K. P. BURNHAM. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird study*, 46(sup1), S120-S139.

WILSON, D. E. y D. M. REEDER. 2011. Class Mammalia Linnaeus, 1758. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*. 3148: 56-60.

WOOTTON, J. T. 1994. The Nature and Consequence of Indirect Effects in Ecological Communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 25:443-466. En : *Interacciones entre múltiples especies*, Boege y Carmona Pp. 175-203 En: Del Val y Boege (Coords.) *Ecología y evolución de las interacciones bióticas*. Ediciones Científicas Universitarias. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

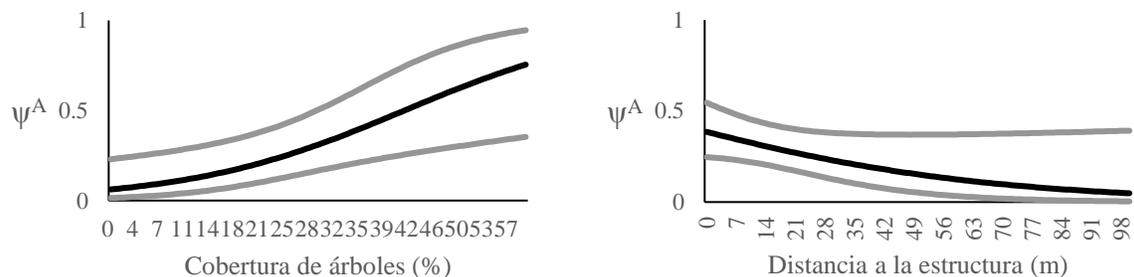
ZALAPA, S. S., M. H. BADI, F. A. CERVANTES y S. GUERRERO. 2005. Ecología poblacional de *Liomys pictus* en tres áreas de bosque tropical subcaducifolio con diferente tiempo de regeneración, en la costa norte de Jalisco México. *Acta Zoológica Mexicana*. Instituto de Ecología. Xalapa, México. 21(2): 1-14.

VIII. ANEXOS

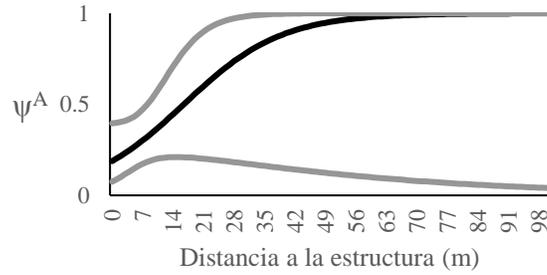
Anexo 1

Probabilidad de ocupación (ψ) de *Sciurus aureogaster nigrescens*. Se muestra el efecto de las distintas covariables explicativas en diferentes temporadas.

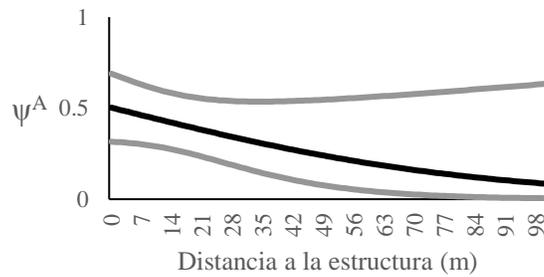
T1 (secas-cálidas, mayo 2015): cobertura de árboles + distancia a la estructura humana más cercana



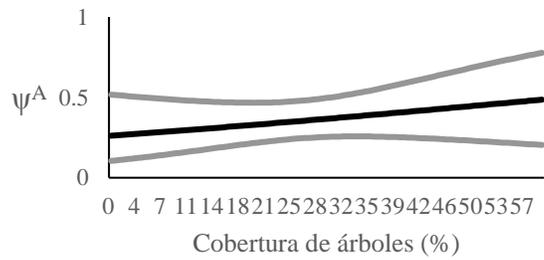
T2 (lluvias, septiembre 2015): distancia a la estructura humana más cercana



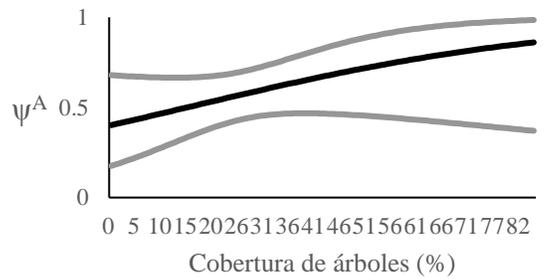
T3 (secas-frías, enero 2016): distancia a la estructura humana más cercana



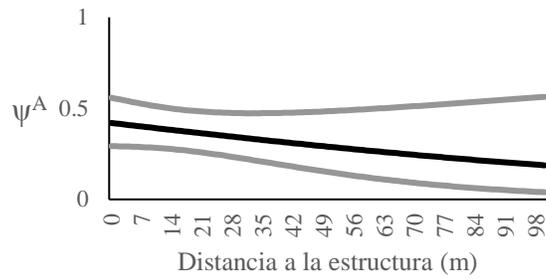
T4 (secas-cálidas, mayo 2016): cobertura de árboles



T5 (lluvias, septiembre 2016): cobertura de árboles



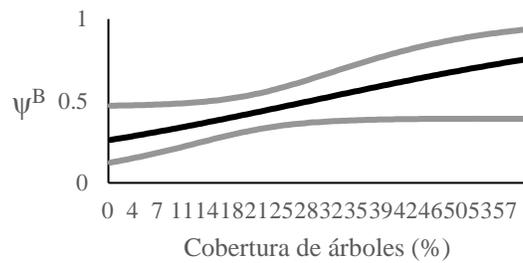
T6 (secas-frías, enero 2017): distancia a la estructura humana más cercana



Anexo 2

Probabilidad de ocupación (ψ) de *Pyrocephalus rubinus*. Se muestra el efecto de las distintas covariables explicativas en diferentes temporadas.

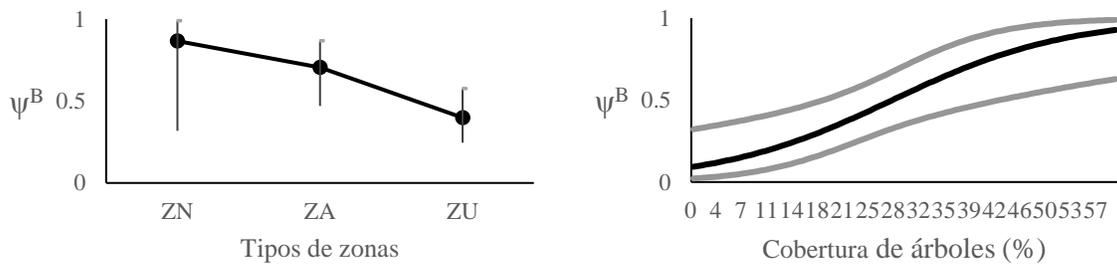
T1 (secas-cálidas, mayo 2015): cobertura de árboles



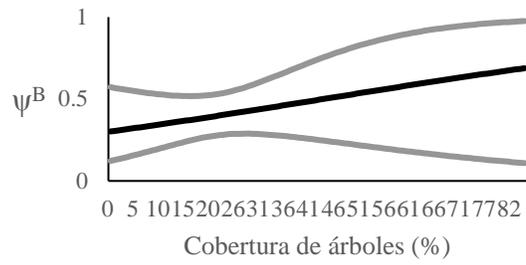
T2 (lluvias, septiembre 2015): no se encontró variables explicativas

T3 (secas-frías, enero 2016): no se encontró variables explicativas

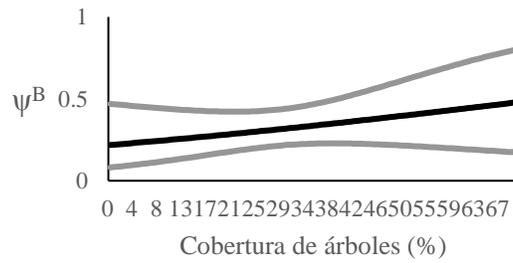
T4 (secas-cálidas, mayo 2016): tipos de zonas + cobertura de árboles



T5 (lluvias, septiembre 2016): cobertura de árboles



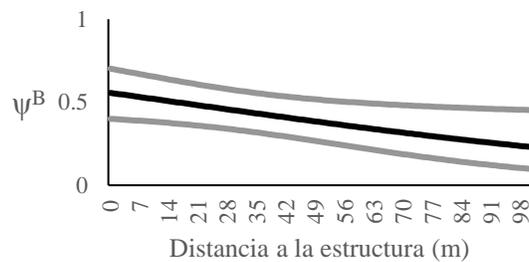
T6 (secas-frías, enero 2017): cobertura de árboles



Anexo 3

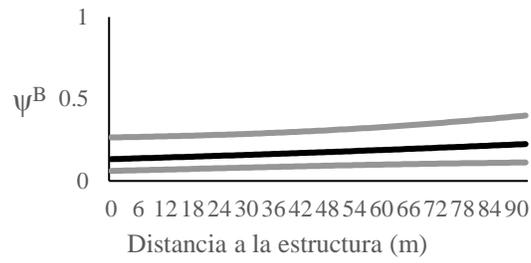
Probabilidad de ocupación (ψ) de *Psaltriparus minimus*. Se muestra el efecto de las distintas covariables explicativas en diferentes temporadas.

T1 (secas-cálidas, mayo 2015): distancia a la estructura humana más cercana

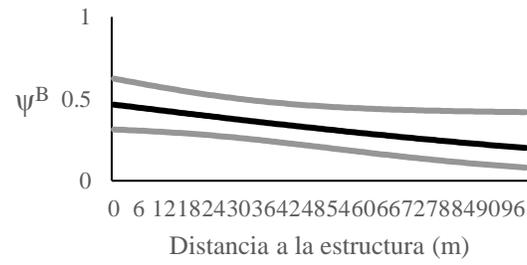


T2 (lluvias, septiembre 2015): no se encontró variables explicativas

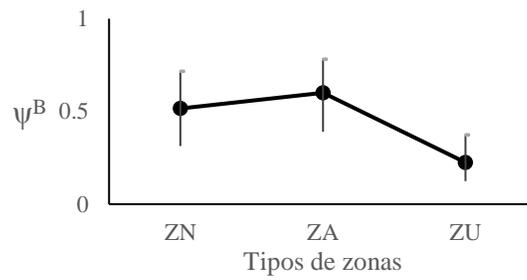
T3 (secas-frías, enero 2016): distancia a la estructura humana más cercana



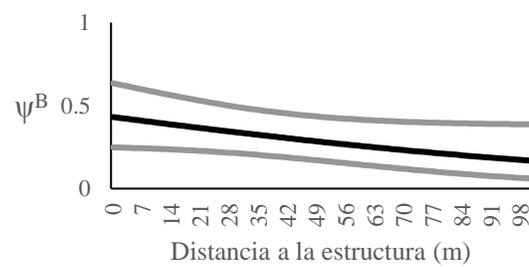
T4 (secas-cálidas, mayo 2016): distancia a la estructura humana más cercana



T5 (lluvias, septiembre 2016): tipos de zonas



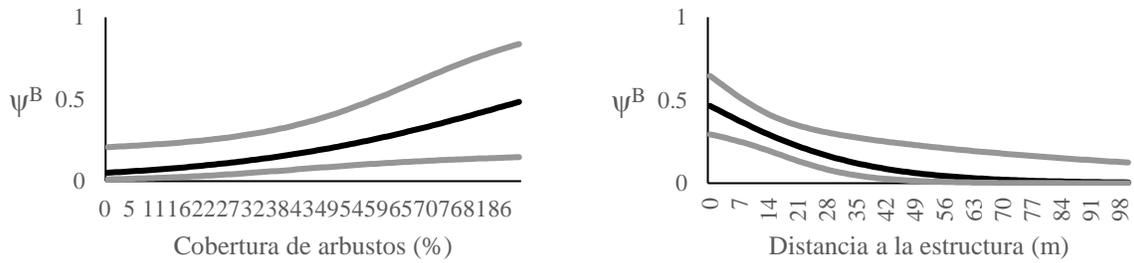
T6 (secas-frías, enero 2017): distancia a la estructura humana más cercana



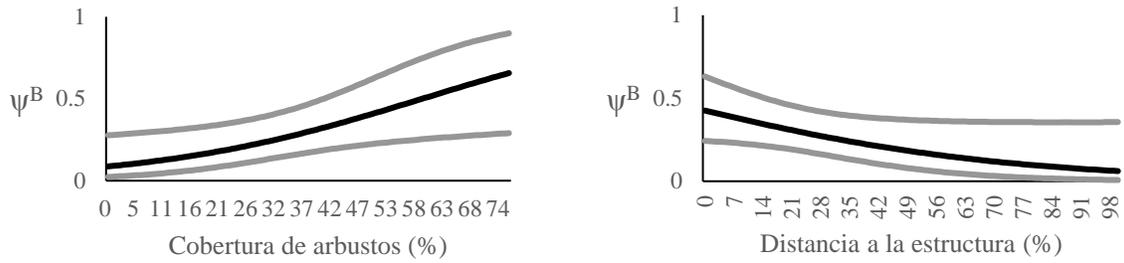
Anexo 4

Probabilidad de ocupación (ψ) de *Ptiliogonys cinereus*. Se muestra el efecto de las distintas covariables explicativas en diferentes temporadas.

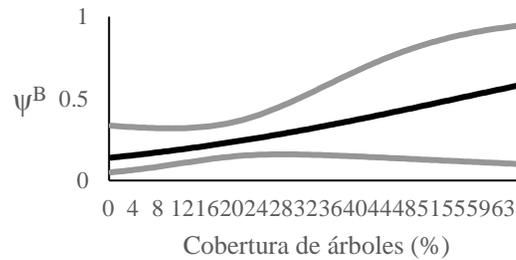
T1 (secas-cálidas, mayo 2015): cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana



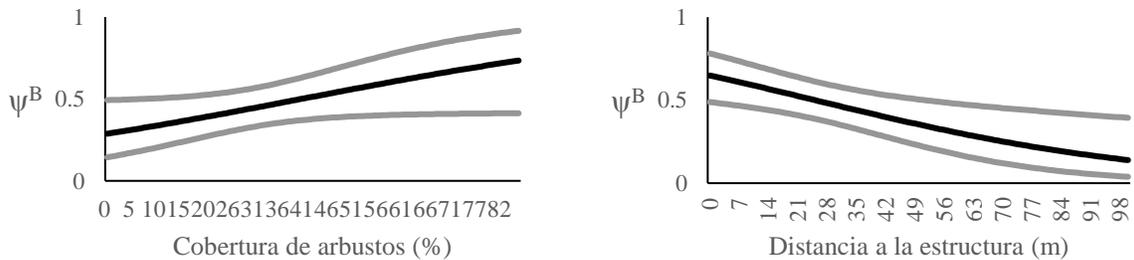
T2 (lluvias, septiembre 2015): cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana



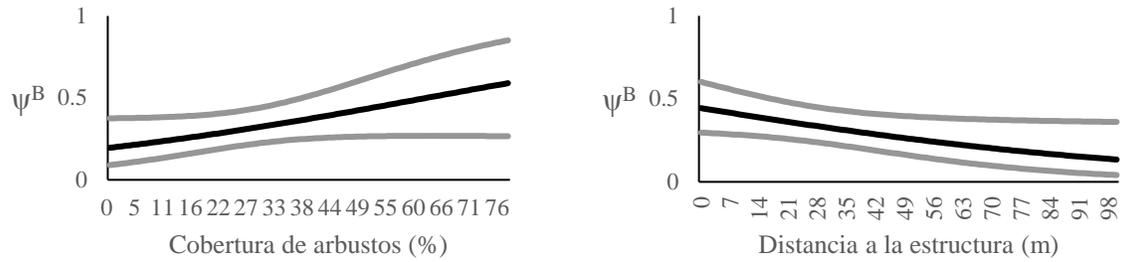
T3 (secas-frías, enero 2016): cobertura de árboles



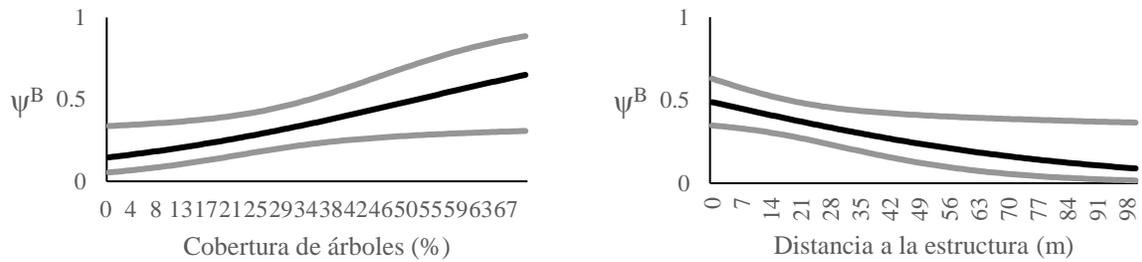
T4 (secas-cálidas, mayo 2016): cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana



T5 (lluvias, septiembre 2016): cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana



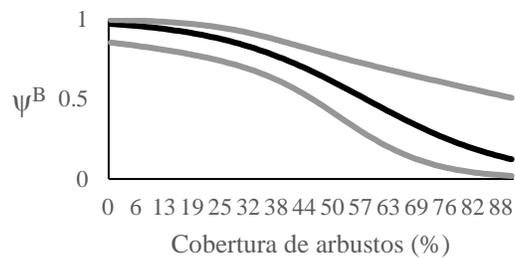
T6 (secas-frías, enero 2017): cobertura de árboles + distancia a la estructura humana más cercana



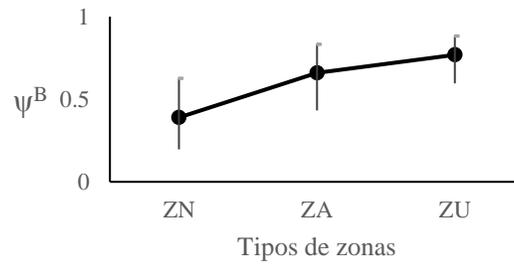
Anexo 5

Probabilidad de ocupación (ψ) de *Haemorrhous mexicanus*. Se muestra el efecto de las distintas covariables explicativas en diferentes temporadas.

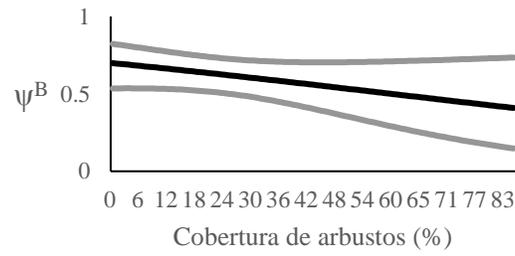
T1 (secas-cálidas, mayo 2015): cobertura de arbustos



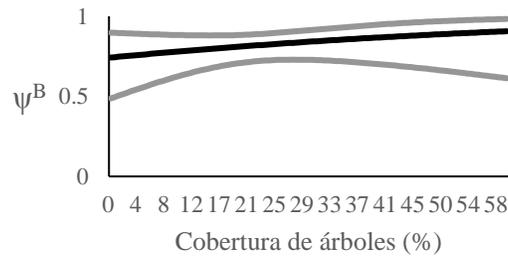
T2 (lluvias, septiembre 2015): tipos de zonas



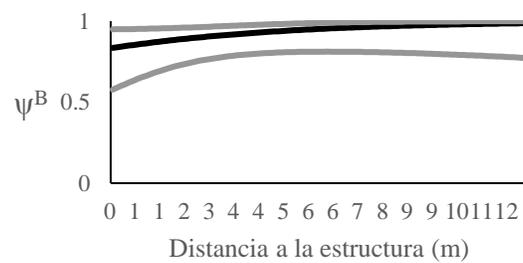
T3 (secas-frías, enero 2016): cobertura de arbustos



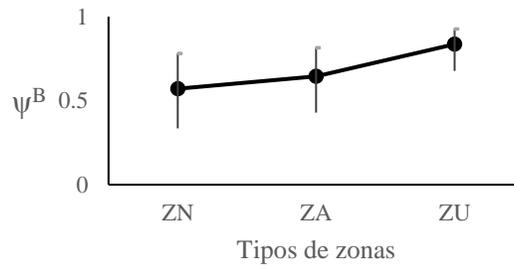
T4 (secas-cálidas, mayo 2016): cobertura de árboles



T5 (lluvias, septiembre 2016): distancia a la estructura humana más cercana



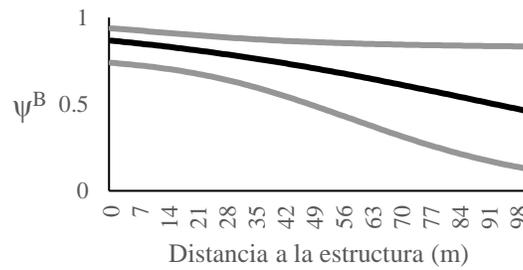
T6 (secas-frías, enero 2017): tipos de zonas



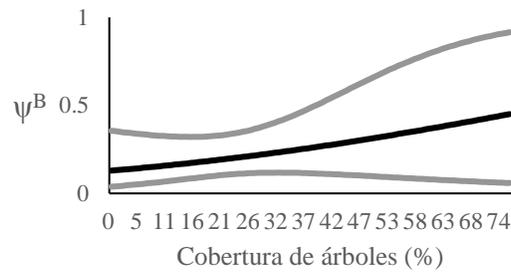
Anexo 6

Probabilidad de ocupación (ψ) de *Turdus rufopalliatu*. Se muestra el efecto de las distintas covariables explicativas en diferentes temporadas.

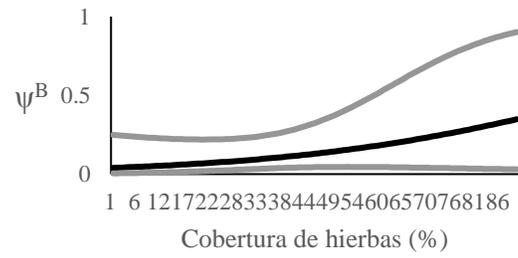
T1 (secas-cálidas, mayo 2015): distancia a la estructura humana más cercana



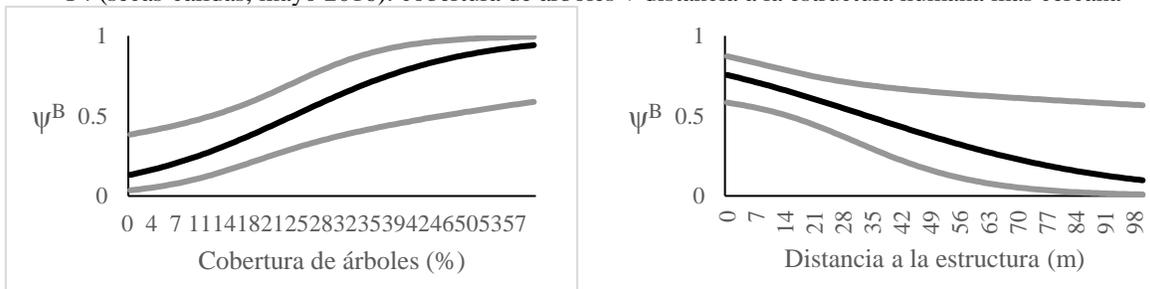
T2 (lluvias, septiembre 2015): cobertura de árboles



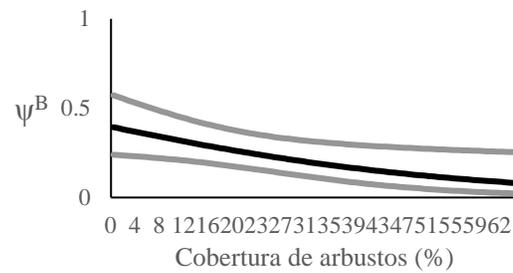
T3 (secas-frías, enero 2016): cobertura de hierbas



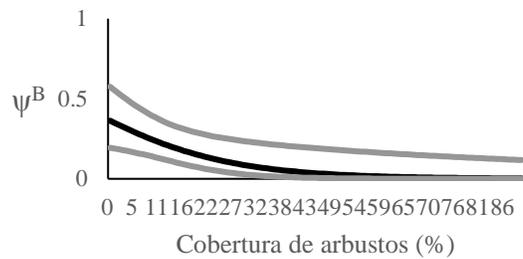
T4 (secas-cálidas, mayo 2016): cobertura de árboles + distancia a la estructura humana más cercana



T5 (lluvias, septiembre 2016): cobertura de arbustos



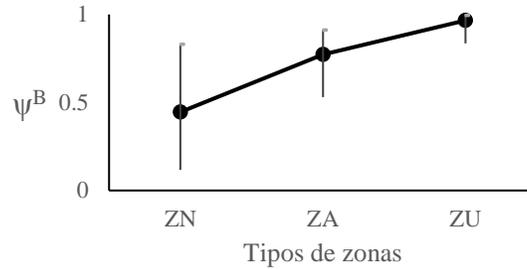
T6 (secas-frías, enero 2017): cobertura de arbustos



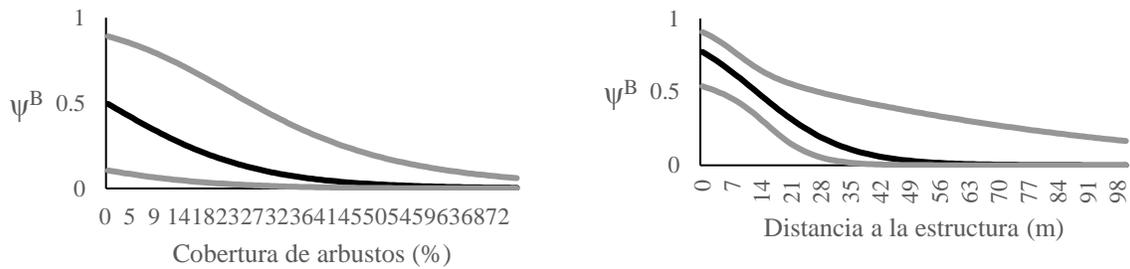
Anexo 7

Probabilidad de ocupación (ψ) de *Passer domesticus*. Se muestra el efecto de las distintas covariables explicativas en diferentes temporadas.

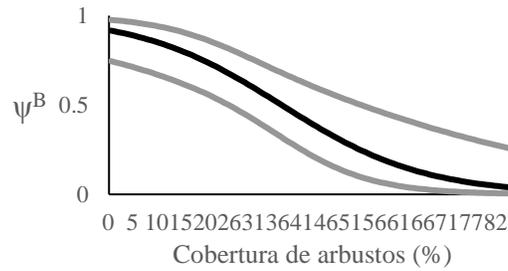
T1 (secas-cálidas, mayo 2015): tipos de zonas



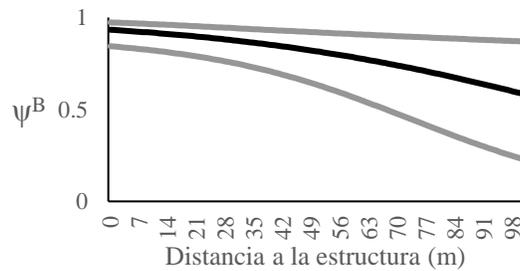
T2 (lluvias, septiembre 2015): cobertura de arbustos + distancia a la estructura humana más cercana



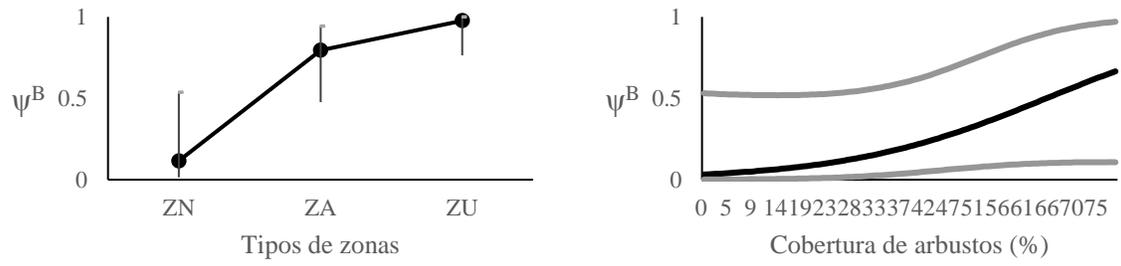
T3 (secas-frías, enero 2016): cobertura de arbustos



T4 (secas-cálidas, mayo 2016): distancia a la estructura humana más cercana



T5 (lluvias, septiembre 2016): tipos de zonas + cobertura de arbustos



T6 (secas-frías, enero 2017): cobertura de arbustos

