

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**USO DEL HÁBITAT NO-REPRODUCTIVO DEL ZARAPITO PICO LARGO  
(*Numenius americanus*) EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE EN MÉXICO.**

**POR**

**FRANCISCO MIGUEL PUENTE GUEVARA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CONSERVACIÓN, FAUNA SILVESTRE Y  
SUSTENTABILIDAD**

**2025**

**USO DEL HÁBITAT NO-REPRODUCTIVO DEL ZARAPITO PICO LARGO  
(*Numenius americanus*) EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE EN MÉXICO**

Comité de Tesis



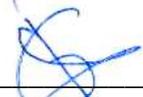
---

Dr. José Ignacio González Rojas  
Presidente



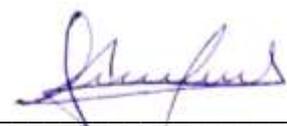
---

Dr. Antonio Guzmán Velásco  
Secretario



---

Dr. Gabriel Ruiz Aymá  
Vocal



---

Dra. Alina Olalla Kerstupp  
Vocal



---

Dra. Susana Favela Lara  
Vocal



---

Dra. Katiushka Arévalo Niño  
Subdirectora de Posgrado



SUBDIRECCIÓN  
DE POSGRADO

**USO DEL HÁBITAT NO-REPRODUCTIVO DEL ZARAPITO PICO LARGO  
(*Numenius americanus*) EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE EN MÉXICO**

Dirección de Tesis



---

Dr. José Ignacio González Rojas

Director



---

Ph.D. Jay Carlisle

Asesor externo

**DERECHOS RESERVADOS©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta Tesis está protegido, el uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material contenido que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde se obtuvo mencionando al autor o autores.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi comité de tesis por todas las facilidades brindadas durante el desarrollo de este trabajo. Al Dr. José Ignacio González, por su invaluable dirección y consejos a lo largo de este proceso; y al Dr. Antonio Guzmán, por su constante disposición, apoyo y tiempo dedicado cada vez que lo necesité. A ambos, gracias por todo el respaldo a lo largo de los años en que hemos coincidido.

A la Dra. Alina Olalla y al Dr. Gabriel Ruiz, por hacer más amena mi estancia en el laboratorio, por sus bromas y por esa dosis de presión que me ayudó a concluir este documento.

A Jay Carlisle y Andy Boise, por compartir conmigo información invaluable y ayudarme a definir mis preguntas de investigación. También al Intermountain Bird Observatory, a la Universidad Estatal de Boise y al Smithsonian Institution, por su apoyo en este proceso.

A la Dra. Susana Favela, por guiarme durante mi maestría y por escucharme siempre que lo necesité.

A mis Bioloamigos, quienes han estado a mi lado durante los últimos 12 años. A Regina, Ceci, Rossana, Sandra y, especialmente, a Eli, por su apoyo constante tanto a nivel académico como emocional.

A mis compañeros de carrera en conservación, con quienes di mis primeros pasos en este maravilloso mundo: Javier Cruz, Francelia Torres, Angi, Daniela Pérez, Susana Pérez, Israel Castrejón, y en especial a Mateo (Mapeo) Rangel, por su apoyo durante la elaboración de este documento. Todos ellos han sido parte fundamental de mi formación y desarrollo profesional.

A Alfredo Álvarez y Lis Sepúlveda, por brindarme la oportunidad de incursionar en esta nueva etapa de mi vida dentro de Hábitats Resilientes. Muchas gracias por su confianza.

A mis compañeros de maestría, quienes me acompañaron en cada paso de este proceso durante estos dos años. A Raúl (Shoto), Lisa, Melissa, y especialmente a Paola, por haber formado parte de mi vida en estos últimos meses. Muchas gracias a todos.

A Edwin Juárez, por su constante compañía y apoyo en la construcción de colaboraciones con socios internacionales.

Al Neotropical Bird Conservation Act del USFWS, cuyos fondos hicieron posible el inicio de este proyecto internacional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL, y en particular al Laboratorio de Biología de la Conservación, del cual ahora formo parte, por brindarme las facilidades para desarrollar esta tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada, que permitió la culminación de este trabajo.

Finalmente, a todos mis estudiantes, quienes con sus risas, bromas y debates hicieron más ligero este camino. En especial, a Aarón (Dash) Chaires, por su compañía y apoyo incondicional.

## DEDICATORIAS

A mi familia, por su apoyo incondicional en cada una de mis decisiones, por su amor inagotable y por estar siempre presentes en mi vida. A mi madre, Doña Taquia, por su constante preocupación y cuidado; a mis hermanos, Elizabeth, Marcos y Julio; a mi padre, Juan Miguel; y a mis sobrinas, Ytalia y Victoria, quienes siempre logran sacarme una sonrisa. A mi tía Mague y a Santos, por su apoyo y por ser una parte importante de mi vida.

A mi familia regia, a todos los Venegas, por su compañía, apoyo, guía y hasta por sus regaños, que han sido clave para llegar hasta aquí. Gracias a ellos, hoy tengo las oportunidades que me han permitido crecer. A mis primos Amador, Mayte, Emma, Julián, Caro, Alonso, Ivanna y Alexa, así como a mis tías Mayte, Tere, Gela, Nora, David y Lupin, por formar parte de este camino.

Quiero dedicar este trabajo especialmente a mi amigo Miguel Cruz, quien nos dejó durante el desarrollo de esta tesis. Siempre fue un faro para mí, alguien que me enseñó con paciencia y dedicó su tiempo sin reservas. Gracias a él y a su manera de ser, este proyecto tomó forma y logramos iniciarlo juntos. Quién diría que una pregunta de los estadounidenses daría origen a un proyecto que culminaría en esta tesis. Muchas gracias, Mike.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	V
DEDICATORIAS .....	VII
ÍNDICE.....	VIII
INDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES .....	4
<b>Ecología del zarapito pico largo.</b> .....	4
<b>Temporada no-reproductiva del zarapito pico largo en el Norte de México.</b> .....	5
<b>Estado de conservación y amenazas del zarapito pico largo.</b> .....	6
<b>Uso de telemetría satelital en zarapito pico largo.</b> .....	7
<b>Ámbito hogareño.</b> .....	8
JUSTIFICACIÓN .....	9
HIPÓTESIS .....	10
OBJETIVO GENERAL.....	11
Objetivos particulares.....	11
MATERIAL Y MÉTODOS .....	12
Área de estudio.....	12
Metodología.....	13
Estimación del ámbito hogareño del zarapito pico largo en el norte de México. ....	13
Establecimiento de los principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo en el norte de México. ....	15
Caracterización de los principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo. ....	16
Identificación de esquemas de protección para los principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo. ....	16
Determinación del uso de hábitat del zarapito pico largo en el norte de México. ....	17

Relación entre las variables ambientales de los sitios no-reproductivos y el uso del hábitat.....	17
<b>RESULTADOS</b> .....	19
<i>Estimación del ámbito hogareño del zarapito pico largo en el norte de México.</i> .....	22
<i>Principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo en el norte de México.</i> .....	23
<i>Caracterización de los sitios no-reproductivos del zarapito pico largo.</i> .....	27
<i>Esquemas de protección para los sitios no-reproductivos del zarapito pico largo.</i> .....	38
<i>Uso de hábitat del zarapito pico largo en el norte de México.</i> .....	40
<i>Relación entre las variables ambientales de los sitios no-reproductivos y el uso del hábitat.</i> .....	43
<b>DISCUSIÓN</b> .....	44
<b>CONCLUSIONES</b> .....	47
<b>PERSPECTIVAS</b> .....	48
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	50

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de uso del suelo y vegetación en los sitios no-reproductivos del zarapito pico largo. Áreas en km <sup>2</sup> . .....	27
<b>Tabla 2.</b> Cuerpos de agua en los principales sitios no-reproductivos. Áreas en km <sup>2</sup> .31	
<b>Tabla 3.</b> Variables ambientales en los sitios no-reproductivos. Bio 1 - Temperatura media anual, Bio 10 - Temperatura media del trimestre cálido, Bio 12 - Precipitación media anual, Bio 18 - Precipitación media del trimestre cálido. Rangos de Bio 1 y Bio 10 en °C. Rangos de bio 12 y 18 en milímetros. Áreas en km <sup>2</sup> . .....	33
<b>Tabla 4.</b> Tipo y nombre de áreas prioritarias para la conservación en los principales sitios no-reproductivos. AICAS - Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, GPCA - Áreas Prioritarias para la Conservación de Pastizal. Áreas en km <sup>2</sup> ... 38	
<b>Tabla 5.</b> Uso de hábitat de los tipos de uso del suelo y vegetación en los principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo. n – Número de registros. ....	40
<b>Tabla 6.</b> Uso de hábitat de los cuerpos de agua de los principales sitios no-reproductivos por el zarapito pico largo. n=número de registros.....	41
<b>Tabla 7.</b> Comparación de modelos aditivos generalizados (MAG) y modelos lineales (ML) para predecir la intensidad de uso de ámbito hogareño (n) del zarapito pico largo en función de las combinaciones de variables ambientales (Bio01 - temperatura media anual, Bio12 - precipitación media anual, Bio10 - temperatura media del trimestre cálido y Bio18 - precipitación media del trimestre cálido). AIC = criterio de información de Akaike; $\Delta$ AIC = diferencia de AIC respecto al mejor modelo; la desviación ( $D^2$ ) y la variación explicadas ( $R^2$ ) para cada modelo. Los modelos se ordenan según su $\Delta$ AIC, destacando el modelo con el AIC más bajo como el de mejor ajuste. Se consideran igualmente parsimoniosos aquellos modelos con un $\Delta$ AIC < 2. Se presentan los 10 modelos con los valores más bajos de AIC, seleccionados entre un total de 75 modelos evaluados. ....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Parvada de Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ), acompañada de dos individuos de Playero Occidental ( <i>Calidris mauri</i> ) en Isla Punta Lobos, Sonora. Invierno 2011. Foto por Javier Cruz. ....	4
<b>Figura 2.</b> Área de distribución geográfica del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) durante su temporada reproductiva (naranja) y no reproductiva estacionaria (i.e., invernal en el hemisferio norte; azul). Mapa de Dugger y Dugger (2020). ....	5
<b>Figura 3.</b> Área de distribución geográfica del Desierto Chihuahuense en Estados Unidos y México, y área de estudio del presente trabajo. ....	12
<b>Figura 4.</b> Mapa del área de estudio y registros del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023. ....	21
<b>Figura 5.</b> Sitios no reproductivos del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en el área de estudio. ....	25
<b>Figura 6.</b> Ámbito hogareño del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en Cuauhtémoc, Chihuahua. ....	26
<b>Figura 7.</b> Usos del suelo y vegetación por sitio no-reproductivo del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en el área de estudio. ....	28
<b>Figura 8.</b> Tipo de agricultura por sitio no-reproductivo del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en el área de estudio. ....	30
<b>Figura 9.</b> Cuerpos de agua por sitio no-reproductivo del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en el área de estudio. ....	32
<b>Figura 10.</b> Variable bioclimática BIO1 – Temperatura media anual (°C) por sitio no-reproductivo del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en el área de estudio. ....	34
<b>Figura 11.</b> Variable bioclimática BIO10 – Temperatura media del trimestre más cálido (°C) por sitio no-reproductivo del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en el área de estudio. ....	35
<b>Figura 12.</b> Variable bioclimática BIO12 – Precipitación anual total (mm) por sitio no-reproductivo del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos	

entre 2015-2023 en el área de estudio.....	36
<b>Figura 13.</b> Variable bioclimática BIO18 – Precipitación del trimestre más seco (mm) por sitio no-reproductivo del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en el área de estudio. ....	37
<b>Figura 14.</b> Esquema de conservación por sitio no-reproductivo del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en el área de estudio. ANP Estatal (Áreas Naturales Protegidas Estatales); ANP Federal (Área Naturales Protegidas Federales); AICAS (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves); GPCA (Área de Conservación Prioritaria de los Pastizales – por sus siglas en inglés). ....	39
<b>Figura 15.</b> Cuerpos de agua por sitio no-reproductivo del Zarapito Pico Largo ( <i>Numenius americanus</i> ) en ambos proyectos entre 2015-2023 en el área de estudio. ....	42

## RESUMEN

El Desierto Chihuahuense (DCh) es una de las ecorregiones con mayor extensión dentro de México, cubierto principalmente por matorral y pastizal. Durante la temporada no-reproductiva es uno de los principales sitios para el zarapito pico largo (*Numenius americanus*), una especie de ave playera con poblaciones cada vez más reducidas y sujeta a amenazas dentro de todo su rango de distribución, como el cambio de uso de suelo, la cacería y los plaguicidas, además de cambio climático. Durante los últimos 10 años se ha monitoreado a esta especie principalmente en los Estados Unidos, a través de trabajos para conocer su biología básica, ecología, así como aspectos sobre la reproducción y finalmente la migración. A través del uso de herramientas tecnológicas como los radiotransmisores satelitales se ha logrado conocer su rango hogareño reproductivo, sus sitios de forrajeo y bebederos, así como sitios clave durante la migración e invernación. En México esta especie ocupa en invierno cuatro tipos de hábitats principalmente: áreas costeras, cultivos, pastizales y humedales, concentrándose en diferentes densidades dependiendo de la cantidad de recursos que cada uno de ellos les ofrezca. Para estados del DCh (Nuevo León, Coahuila, Chihuahua y Durango). Sin embargo, es muy poca la información disponible sobre la ecología no-reproductiva para la especie, y sobre cómo cada uno de estos ecosistemas afectan el comportamiento de estas aves. Este estudio analizó la relación entre la ubicación de sitios no-reproductivos clave y las variables ambientales, así como la caracterización de sus hábitats críticos en el Desierto Chihuahuense (DCh). Los resultados evidencian que el ámbito hogareño (AH) promedio durante las temporadas no-reproductivas (429.0 km<sup>2</sup>) es significativamente mayor que estimaciones previas para temporadas reproductivas e no-reproductivas en otras regiones de Norteamérica. Esta diferencia se atribuye a la necesidad de cubrir áreas extensas para localizar recursos dispersos en ambientes áridos, así como a variaciones metodológicas en la estimación del AH, como el uso de modelos dinámicos de movimiento frente a métodos basados en kernels. No se rechaza la hipótesis de que la presencia no-reproductiva de la especie está influenciada por patrones específicos de uso de hábitat: los sitios prioritarios identificados mostraron alta fidelidad intra e interanual, con traslape constante de AH entre individuos. Estos sitios se asociaron principalmente a campos agrícolas, en particular cultivos de alfalfa bajo riego, que concentran recursos hídricos y alimenticios en paisajes áridos. Este hallazgo subraya

el papel dual de la agricultura como motor de expansión de hábitats utilizables y como amenaza ante prácticas insostenibles. Adicionalmente, se identificó el uso exclusivo de pastizales halófilos en el DCh, vinculado a su estructura de baja altura y disponibilidad de presas, un comportamiento no reportado en otras zonas de su distribución. La vegetación secundaria en etapas sucesionales intermedias también emergió como hábitat efímero clave, sugiriendo plasticidad ecológica para explotar ambientes en transición. Las conclusiones enfatizan que la distribución no-reproductiva del Zarapito no solo responde a la disponibilidad de recursos, sino también a la estructura del hábitat y a cambios antropogénicos, como la expansión agrícola. Esta relación plantea desafíos para la conservación, ya que la dependencia de cultivos implica vulnerabilidad ante cambios en prácticas agropecuarias, mientras que la restricción de pastizales halófilos a regiones específicas limita su resiliencia geográfica.

## ABSTRACT

The Chihuahuan Desert (DCh) is one of Mexico's largest ecoregions, primarily covered by shrublands and grasslands. During winter, it becomes a key site for the Long-billed Curlew (*Numenius americanus*), a shorebird with declining populations facing threats across its range, including land-use change, hunting, pesticides, and climate change. Over the past decade, this species has been monitored mainly in the United States to study its basic biology, ecology, reproduction, and migration. Satellite transmitters have revealed its breeding home range, foraging sites, water sources, and key migration/wintering locations. In Mexico, the species occupies four winter habitats: coastal areas, croplands, grasslands, and wetlands, with varying densities depending on resource availability, particularly in DCh states (Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, and Durango). However, limited information exists on its winter ecology or how these ecosystems influence its behavior. This study analyzed the relationship between key wintering sites and environmental variables, alongside critical habitat characterization in the DCh. Results show that the average home range (HR) during non-breeding seasons (429.0 km<sup>2</sup>) is significantly larger than previous estimates for breeding/wintering periods in other North American regions. This difference is attributed to the need to cover vast areas to locate scattered resources in arid environments and methodological variations in HR estimation, such as dynamic movement models versus kernel-based methods. The hypothesis that the species' non-breeding presence is influenced by specific habitat-use patterns was validated: identified priority sites showed high intra- and interannual fidelity, with consistent HR overlap among individuals. These sites were primarily linked to agricultural fields, especially irrigated alfalfa crops, which concentrate water and food resources in arid landscapes. This highlights agriculture's dual role as both a driver of usable habitat expansion and a threat under unsustainable practices. Additionally, the exclusive use of halophytic grasslands in the DCh—linked to their low-height structure and prey availability—was identified, a behavior unreported elsewhere in its range. Secondary vegetation in intermediate successional stages also emerged as critical ephemeral habitat, suggesting ecological plasticity to exploit transitional environments. Conclusions emphasize that the curlew's winter distribution responds not only to resource availability but also to habitat structure and anthropogenic changes like agricultural expansion. This relationship poses conservation challenges: dependence on croplands makes them vulnerable to farming practice shifts, while the restriction of

halophytic grasslands to specific regions limits geographic resilience.

## INTRODUCCIÓN

El zarapito pico largo (*Numenius americanus*) es un ave obligada de pastizales cuyas poblaciones han sufrido declives en los últimos 40 años (Vickery et al., 1999; BirdLife International, 2016). Su distribución reproductiva consiste en los hábitats de pastos cortos y praderas mixtas del oeste de EE. UU. y del suroeste de Canadá, mientras su distribución no reproductiva estacionaria abarca lo largo de las costas desde el centro de California y el oeste de Florida hacia el sur hasta México (American Ornithologists' Union 1998). Durante los periodos de migración pre y post-reproductiva, la especie utiliza una amplia variedad de hábitats, incluyendo praderas secas de pasto corto, humedales asociados con lagos alcalinos, campos de cultivo, etc. (Dugger y Dugger, 2020). Sin embargo, son pocos los trabajos que han descrito el uso de hábitat de la especie en el interior de México (e.g., Olalla-Kerstupp et al., 2015a; 2015b; 2020), por lo que su ecología en su distribución no-reproductiva representa una laguna de conocimiento (Sedgwick, 2006; Dugger y Dugger, 2020).

De manera histórica, las áreas que utilizan las aves migratorias fuera de su temporada reproductiva, así como los procesos biológicos y ecológicos que suceden en ellas, han recibido poca atención y estudio en comparación con las áreas reproductivas (Marra et al., 2015; Rodríguez-Vásquez y Taylor, 2024). En el hemisferio norte, la temporada no reproductiva de especies migratorias corresponde a la estación invernal, cuando las condiciones climáticas resultan en una reducción de recursos disponibles, lo cual, en conjunto con el aumento en la densidad poblacional tras la migración post-reproductiva, lleva a un aumento en tasas de mortalidad (Tanner et al., 2017). El conocimiento sobre las condiciones ambientales de las áreas no reproductivas, la manera en la que las especies de aves migratorias utilizan estos sitios, y las características de los recursos que son utilizados por estas, es información vital para el diseño de estrategias de conservación efectiva, en especial bajo un escenario de cambio climático que afectará la idoneidad tanto de áreas reproductivas como de áreas no reproductivas de especies migratorias (Marra et al., 2015; Barton et al., 2023).

Es crítico el diseño de estrategias de conservación para especies como las aves playeras que realizan grandes movimientos, utilizan un mosaico disperso de hábitats durante sus ciclos de vida y que ocupan algunos sitios en grandes concentraciones, especialmente durante la migración, (Haig et al. 1998) y requiere conocimiento de su biología y ecología durante todas las fases de su ciclo anual (Olalla-Kerstupp et al., 2015).

El desarrollo de tecnologías como dispositivos de rastreo satelital han facilitado el

avance en el estudio de la ecología espacial de varias especies (Martell et al. 2001; Kenow et al. 2002; Warnock and Takekawa 2003). El uso de dicha tecnología ha generado avances significativos en diferentes áreas de la ecología de vida silvestre, incluyendo movimientos y distribución de especies crípticas o de rápidos movimientos, localización de animales para determinar ámbito hogareño, uso de hábitat, patrones migratorios, actividad, relación presa/depredador, localización de nidos y dormideros, supervivencia entre otros (Fuller 1987; Warnock y Takekawa 2003; Lindberg y Walker 2007, Olalla-Kerstupp et al. 2015).

Los planes de conservación de aves playeras de los Estados Unidos y Canadá (Brown et al., 2001; Donaldson et al., 2000) consideran a *N. americanus* como una especie de interés para la conservación, y tanto el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos como el Servicio de Vida Silvestre de Canadá la han incluido como una de especial preocupación (USFWS 2008; COSEWIC 2011). Esta preocupación se debe a la aparente disminución de sus poblaciones (Brown et al., 2001). La población global de *N. americanus* estimada para la actualidad ronda entre los 98,000 y 198,000 individuos (Rosenberg et al., 2019). A la fecha no existen datos reales sobre la población invernante en México; aunque se estima un aproximado de 60,000 individuos (Fellows & Jones, 2009). Estudios puntuales sobre el uso invernal de pastizales dentro de México, indican un promedio de 3,500 individuos para el Llano de la Soledad en Nuevo León y de 800 individuos para los pastizales de Janos en Chihuahua (Olalla-Kerstupp, 2014).

La identificación de áreas importantes para descanso y alimentación durante la migración y temporada invernal en sitios interiores a lo largo del área de distribución de la especie fue incluida como una acción de conservación prioritaria para el zarapito pico largo dentro del Plan de Acción para la Evaluación de estatus y Conservación de la especie (Fellows & Jones, 2009).

El uso de radio telemetría es una de las herramientas emergentes que nos ha permitido conocer aspectos sobre la biología y ecología de las especies, incluyendo movimientos y distribución de especies crípticas o de rápidos movimientos, localización de animales para evaluar el ámbito hogareño, usos de habita, patrones de migración, así como relaciones interespecíficas, la supervivencia entre otros (Lindberg y Walker 2007).

Específicamente los estudios sobre migración de las aves han aumentado debido a la reciente disponibilidad de dispositivos de poco peso y con localización satelital, esta tecnología ha permitido el trazado de rutas de migración para una gran cantidad de aves migratorias de corta y larga distancia, lo cual ha sido muy útil no solo para conocer el movimiento de unos cuantos individuos (Warnock y Takekawa, 2003).

Con base a lo anterior y a la poca información que existe sobre la especie en nuestro país y el cual está enfocado al uso de hábitat invernal en pastizales del Desierto Chihuahuense (Olalla-Kerstupp et al., 2015) este trabajo se enfocó en determinar la ecología del Zarapito Pico Largo en la temporada no-reproductiva en el Norte de México, mediante el análisis de los movimientos y patrones, evaluación de la asociación entre los sitios no-reproductivos y el uso de hábitat y la caracterización y establecimiento de los principales sitios no-reproductivos.

## ANTECEDENTES

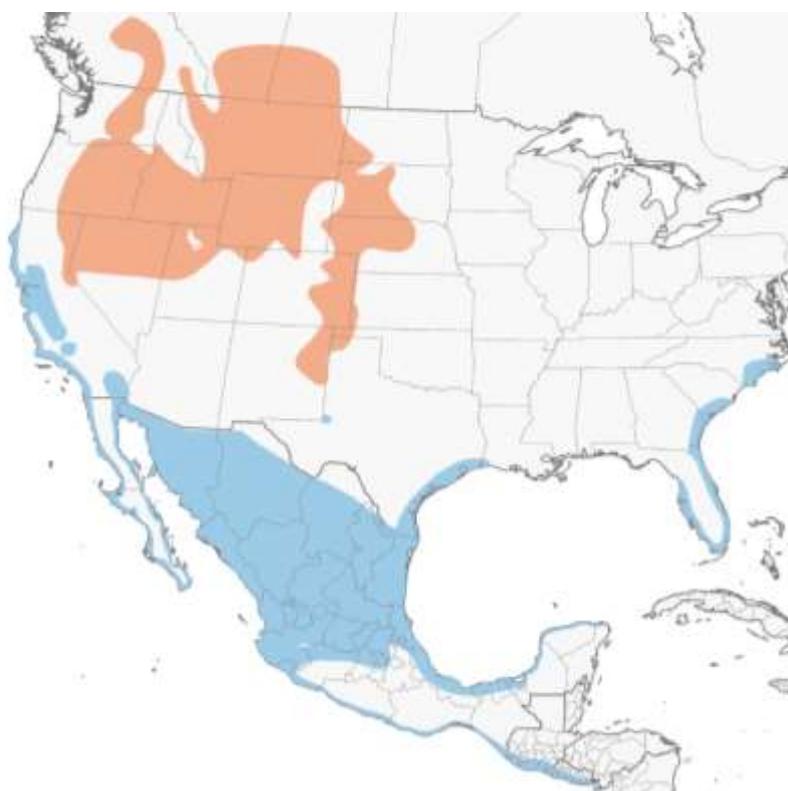
### Ecología del zarapito pico largo.

A pesar de pertenecer a un orden de aves que lleva por nombre común “aves playeras” (Charadriiformes), el zarapito pico largo (*Numenius americanus*) y sus parientes cercanos (e.g., el Zarapito Real [*N. arquata*] y el Zarapito Ganga [*Bartramia longicauda*] están asociados a los hábitats áridos de pastizales y campos de cultivo, aunque también utilizan marismas mareales, humedales y otros hábitats asociados a cuerpos de agua (Saalfeld et al., 2010; Dugger y Dugger, 2020; Winkler et al., 2020). Con una longitud corporal de 50 a 65 cm y envergadura de 91 a 101 cm, el Zarapito Pico Largo es el ave playera más grande en América del Norte (Dark-Smiley y Keinath, 2000; Dugger y Dugger, 2020; Harrison et al., 2024; Figura 1). Su nombre común se debe a un largo pico curvo de 17 cm de longitud en hembras y 14 cm en promedio para machos, el cual, junto con sus largos tarsos de 7 a 9 cm, facilita la captura de lombrices de tierra y artrópodos terrestres, en particular en su hábitat fuera de la temporada de reproducción (Stenzel et al., 1976; Dugger y Dugger, 2020; Angarita-Báez y Carlos, 2023).



**Figura 1.** Parvada de Zarapito Pico Largo (*Numenius americanus*), acompañada de dos individuos de Playero Occidental (*Calidris mauri*) en Isla Punta Lobos, Sonora. Invierno 2011. Foto por Javier Cruz.

Durante la temporada reproductiva del zarapito pico largo, de mediados de mayo a mediados de junio, el área de distribución geográfica del Zarapito consiste en las Grandes Llanuras, la Gran Cuenca y los valles intermontanos del oeste de Estados Unidos y el suroeste de Canadá. De finales de noviembre a inicios de febrero, podemos encontrar al Zarapito en los hábitats costeros e interiores de California, Luisiana, Texas, Tamaulipas, así como interiores de Nevada, Arizona, Nuevo México, y, de manera menos estudiada hasta hace poco, el interior de México (Figura 2). También podemos encontrar individuos considerados como no-reproductivos dentro del área de distribución invernal durante el verano (Howell y Webb, 1995; Manzano-Fischer et al., 2006; Dugger y Dugger, 2020; Fink et al., 2023).



**Figura 2.** Área de distribución geográfica del Zarapito Pico Largo (*Numenius americanus*) durante su temporada reproductiva (naranja) y no reproductiva estacionaria (i.e., invernal en el hemisferio norte; azul). Mapa de Dugger y Dugger (2020).

### **Temporada no-reproductiva del Zarapito Pico Largo en el Norte de México.**

Hasta hace poco era limitado el conocimiento de la distribución del zarapito en el interior de México, tanto en términos de localidades utilizadas, su temporalidad, frecuencia y consistencia de uso, como en las características de hábitat favorecidas por la especie. En Janos, Casas-Grandes, al norte de Chihuahua, la especie parece asociarse a colonias de perrito llanero de cola negra (*Cynomys ludovicianus*), en un hábitat árido dominado por pastos cortos con extensos parches de suelo desnudo (Manzano-Fischer et al., 1999; 2006; Dieni et al., 2003; Salinas-Rodríguez, 2006; Olalla-Kerstupp, 2014; Olalla-Kerstupp et al.,

2020). En Nuevo León, en el Llano La Soledad, otra área con colonias de Perrito Llanero (en este caso el perrito llanero mexicano [*C. mexicanus*]), es otra zona al interior de México usada de manera consistente por parvadas del zarapito (Fellows y Jones, 2009; Olalla-Kerstupp, 2014; Olalla-Kerstupp et al., 2015a; 2015b; 2020). Además de la presencia de colonias de perrito llanero, con sus pastizales cortos al interior y parches de vegetación arbustiva en los márgenes, estas zonas también proporcionan recursos adicionales a manera estanques para ganado y parcelas de cultivos activos y en desuso, que podrían favorecer la presencia continua de la especie (Fellos y Jones, 2009; Olalla-Kerstupp et al. 2015).

Tanto Janos, Chihuahua, como Llano La Soledad, Nuevo León, forman parte de la ecorregión del Desierto Chihuahuense (DCh), región que también abarca localidades con registros de zarapito, como Coahuila (Contreras-Balderas et al., 2004), Durango (Olalla-Kerstupp et al., 2015b), Zacatecas (Webster, 1984) y San Luis Potosí (Navarro-Sigüenza, 2024), además de incluir partes de Nuevo México y Texas (Cotera et al., 2004; Esqueda et al., 2012). En el DCh se concentra cerca del 18% de la población global del Zarapito Pico Largo durante el invierno, en el nivel más alto importancia regional para la especie, junto con la región de los desiertos Sonorenses y de Mojave (Partners in Flight, 2024).

### **Estado de conservación y amenazas del zarapito pico largo.**

Con una población estimada de 140 mil (IC95% = 98 mil – 198 mil) individuos a nivel mundial (Rosenberg et al., 2019), el Zarapito Pico Largo es de preocupación menor en la Lista Roja de la UICN (BirdLife International, 2016). Se considera como una especie de preocupación especial y vulnerable en Canadá (Species at Risk Act, 2002; Canadian Endangered Species Conservation Council, 2024) y también de preocupación especial en Estados Unidos (U.S. Fish and Wildlife Service, 2021). El declive poblacional de la especie en estos países está asociado a la conversión de pastizales para usos agrícolas (e.g., cultivo de forraje, para consumo humano y para producción de biocombustibles; Watmough y Schmoll, 2007; Fellows y Jones, 2009), la extinción de incendios que mantienen a los pastizales libres de especies leñosas (Jenni et al., 1981; Cannings, 1999) y, de manera histórica, a su cacería (Fellows y Jones, 2009; Environment Canada, 2013; Dugger y Dugger, 2020).

La pérdida y degradación de pastizales cortos, derivadas de las prácticas de agricultura y ganadería realizadas la mayor parte del DCh, podrían resultar en la extirpación del zarapito pico largo en esta ecorregión en el futuro próximo, y concuerda con el declive pronunciado en el grupo ecológico asociado al DCh (Knight et al., 2025). Esto hace que el estado de conservación de la especie sea de preocupación a nivel regional (BirdLife

International, 2016; Coates, 2018; Partners in Flight, 2024). El uso de cultivos activos y en desuso por parte del zarapito en el DCh podría implicar su exposición a plaguicidas, como organofosforados, carbamatos y organoclorados, como ha sido reportado para otras especies de aves en la región (Ruvalcaba-Ortega et al., 2017). Estos plaguicidas pueden llegar a tener efectos directos a mediano plazo, como una disminución sobre la tasa de eclosión de huevos (Blus et al., 1985), así como efectos indirectos inmediatos, reduciendo la cantidad de presas disponibles para el zarapito (Olalla-Kerstupp et al., 2020).

En México existen pocos esquemas de conservación que incluyan los hábitats que utiliza el zarapito pico largo en sus sitios no-reproductivos dentro del DCh. No obstante, en algunas Áreas Naturales Protegidas, como la Reserva de la Biósfera Janos en Chihuahua, se llevan a cabo actividades de manejo de pastizales y áreas agrícolas que consideran al zarapito pico largo como una especie focal. Además, se protege al perrito llanero de cola Negra (*Cynomys ludovicianus*), una especie asociada a los pastizales cortos, que comparte parte del hábitat invernal del zarapito (CONANP, 2013).

En Nuevo León, la Zona Sujeta a la Conservación Ecológica Valle de la Soledad, de carácter estatal, ha sido reconocida por la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (WHSRN, por sus siglas en inglés) como un sitio prioritario, y por BirdLife International como un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) (BirdLife Internacional, 2016). Este sitio alberga las mayores concentraciones de aves playeras de tierras altas, como el chorlo llanero (*Anarhynchus montanus*), el zarapito ganga (*Bartramia longicauda*) y el zarapito pico largo (WHSRN, 2019). A pesar de contar con la colonia más grande de América del Norte del perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*), no se realizan actividades de manejo y conservación de estos pastizales, lo que pone en grave riesgo la supervivencia de estas especies de aves migratorias.

### **Uso de telemetría satelital en zarapito pico largo.**

La telemetría satelital es una técnica que emplea transmisores satelitales lo suficientemente pequeños como para ser colocados en animales sin afectarlos; esto con el fin de rastrear y recopilar datos sobre la ubicación y los movimientos. En el caso de los zarapitos pico largo, se ha empleado estudiar la conectividad migratoria, debido a que ha permitido seguir a individuos en diferentes sitios de importancia, así como comportamiento durante las paradas migratorias (Page et al., 2014; Knight et al., 2025).

Esta herramienta ha permitido estudiar a esta especie de playero en el Valle Central en California, sitio con diversos hábitats modificados por la actividad humana. Lo anterior permitió explorar la fidelidad de estas aves a sus áreas de descanso de un año

a otro, así como las variaciones estacionales y anuales en el uso de campos individuales dentro de estas áreas, encontrando que los machos son más propensos a mantenerse en un mismo lugar a lo largo del tiempo. Adicionalmente, se observó una marcada preferencia por alfalfa y pasto durante los meses de verano y otoño, una tendencia que persistió en invierno, aunque con un aumento en el uso de otros tipos de cultivos (Sesser, 2013).

En el DCh, esta tecnología se ha utilizado también para comprender los patrones de migración y el uso del hábitat del zarapito. A través de ella se ha logrado recopilar datos de localización que permitieron identificar áreas de forrajeo y descanso, ayudando a delinear los movimientos locales durante el invierno (Olalla Kerstupp et al., 2015).

### **Ámbito hogareño.**

Una de las maneras más comunes de medir el uso espacial por parte de algún individuo es el ámbito hogareño (AH), definido en su origen como “el área atravesada por el individuo durante sus actividades normales de forrajeo, apareamiento y cuidado de las crías” (Burt, 1943). El AH incluye espacio que no necesariamente es defendido por el individuo (i.e., el territorio; Noble, 1939; Niece, 1941), y excluye el espacio atravesado de manera ocasional por un individuo, con fines exploratorios, así como migratorios (Burt, 1943). También incluye un área núcleo, la cual representa la mayor intensidad de uso espacial por parte de un individuo (Samuel et al., 1985; Börger, 2022). El AH de especies migratorias tiende a diferir entre su temporada reproductiva y no reproductiva estacional, debido en parte a la variación en la disponibilidad y el tipo de recursos usados (Cooper et al., 2015).

La extensión del AH del zarapito durante la temporada reproductiva en Dakota del Sur (EE. UU.) promedió 1.87 km<sup>2</sup> en el 2005 y 7.71 km<sup>2</sup> en el 2007, con la diferencia interanual probablemente relacionada a una sequía en este último año (Fellows y Jones, 2009), mientras que su extensión durante el invierno 1996-97 se estimó a 24.4 km<sup>2</sup> en Florida (Gabbard et al., 2001). Las extensiones para tres territorios en California no difirieron de manera significativa entre las temporadas, con extensiones AH promedio de entre 0.013 km<sup>2</sup> y 0.040 km<sup>2</sup> durante la temporada reproductiva y 0.013 km<sup>2</sup> a 0.042 km<sup>2</sup> durante el invierno (Colwell et al., 2002). Durante las temporadas no-reproductivas de 2013-14 a 2016-17 se promediaron extensiones de AH de 157.9 km<sup>2</sup> en las zonas costeras de la Península de Baja California y la costa occidental de México; 6,042.3 km<sup>2</sup> en el Valle Central de California; 1,943.8 km<sup>2</sup> en el DCh; y 1,421 km<sup>2</sup> en el área comprendida por el Valle de Mexicali y el Valle Imperial de California (Coates, 2018).

## JUSTIFICACIÓN

El zarapito pico largo (*Numenius americanus*) es una especie migratoria que visita los estados de Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas y Durango durante la temporada no reproductiva, desempeñando un papel fundamental en los ecosistemas de la región. A pesar de su importancia ecológica, enfrenta una serie de amenazas que han llevado a una disminución de sus poblaciones, principalmente debido a la pérdida y fragmentación de hábitats, la cacería furtiva, las prácticas agrícolas insostenibles y los efectos del cambio climático.

El U.S. Fish and Wildlife Service reconoce al zarapito pico largo como una especie prioritaria para la conservación, sin embargo, en México su estatus de protección es limitado, lo que representa un desafío para su manejo y conservación. Esta situación es particularmente preocupante dado que el Desierto Chihuahuense alberga aproximadamente el 18% de su población global durante la temporada no reproductiva. A pesar de la relevancia de esta región para la especie, la mayor parte de los estudios previos se han centrado en su ecología reproductiva y patrones migratorios en Estados Unidos y Canadá, existiendo un vacío de conocimiento sobre su uso de hábitat en las zonas áridas del norte de México.

La expansión agrícola, el sobrepastoreo y la degradación de pastizales han reducido la disponibilidad de hábitats adecuados en la región, lo que podría estar afectando negativamente a la especie. En este contexto, es crucial identificar los principales sitios no reproductivos utilizados por el zarapito pico largo en México y evaluar los tipos de hábitats que prioriza durante su estancia invernal. La caracterización de estos sitios, junto con el análisis de las variables ambientales que determinan su idoneidad, permitirá comprender mejor su distribución y sus requerimientos ecológicos en un paisaje cada vez más transformado.

Este estudio proporcionará información clave para el diseño de estrategias de conservación basadas en evidencia científica, orientadas a la protección y manejo de los hábitats prioritarios para la especie. Además, contribuirá al fortalecimiento de acciones de manejo en la región, asegurando que las iniciativas implementadas respondan a las necesidades reales del zarapito pico largo y su entorno. La generación de este conocimiento no solo beneficiará a la especie, sino que también permitirá una mejor gestión de los ecosistemas en los que habita, promoviendo un enfoque integral de conservación en el norte de México..

## **HIPÓTESIS**

La distribución y presencia del zarapito pico largo en el norte de México durante la temporada no reproductiva están influenciadas por las características del hábitat, presentando una asociación significativa entre los sitios no reproductivos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar los sitios no-reproductivos del zarapito pico largo en el norte de México.

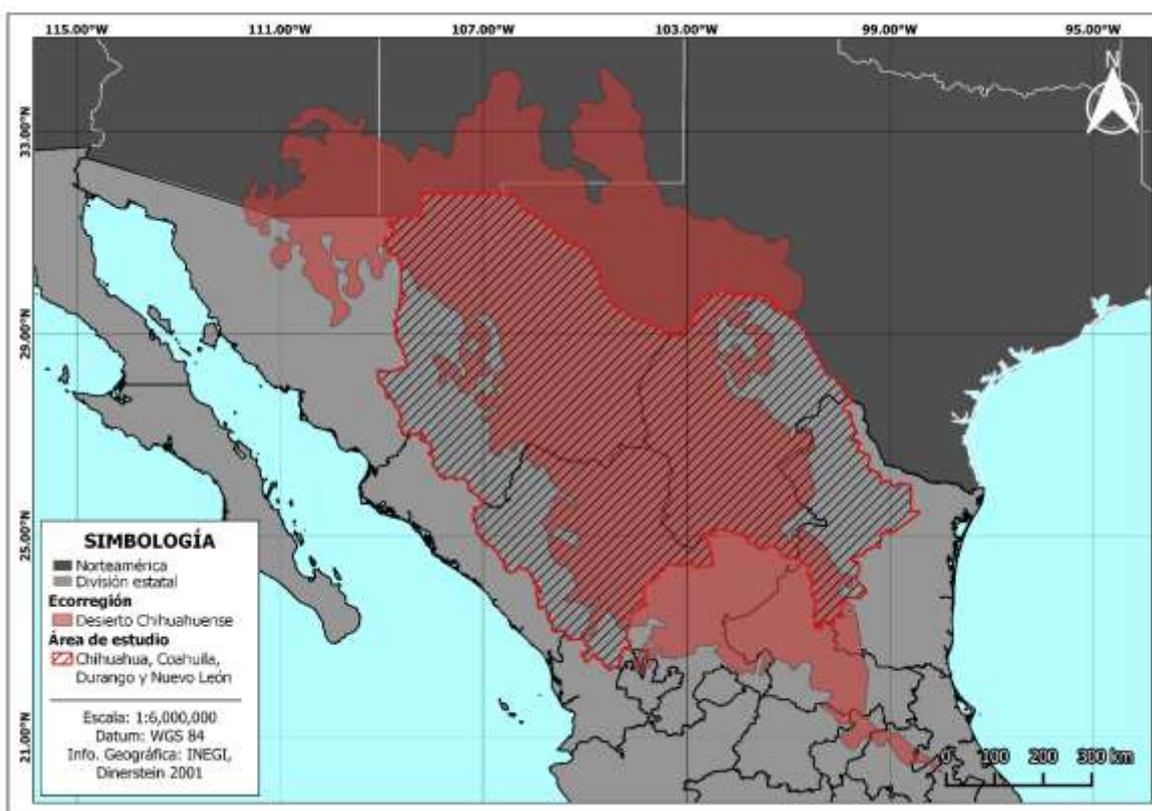
### **Objetivos particulares**

- a) Establecer las principales áreas no-reproductivos.
- b) Estimar el ámbito hogareño.
- c) Caracterizar los principales sitios no-reproductivos.
- d) Identificar los esquemas de conservación de los principales sitios no-reproductivos.
- e) Determinar el uso de hábitat.
- f) Analizar la relación entre las variables ambientales de los sitios no-reproductivos y el uso del hábitat.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio se centró en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Nuevo León, los cuales cubren un total de 587,300 km<sup>2</sup>, y forman parte del DCh. Con una superficie de 629,000 km<sup>2</sup>, es una de las ecorregiones desérticas más biodiversas del mundo, y es de especial importancia para México. Está compuesta en su mayoría por matorral desértico, pero contando con un 20% de pastizales (Dinerstein et al., 2001); hábitat clave para la conservación de los zarapitos pico largo (Saunders, 2016; Shaffer et al., 2019; Winter et al., 2006). Aunque el DCh se extiende a otros estados de México, como Sonora, San Luis Potosí y Zacatecas, además de Arizona, Texas y New México en Estados Unidos, estos fueron excluidos del estudio por cuestiones logísticas (Fig. 3).



**Figura 3.** Área de distribución geográfica del Desierto Chihuahuense en Estados Unidos y México, y área de estudio del presente trabajo.

## **Metodología**

### *Estimación del ámbito hogareño del zarapito pico largo en el norte de México.*

A través de la plataforma MoveBank se accedió a los datos de telemetría satelital de los proyectos “*Long-billed Curlew (Numenius americanus) full annual cycle movement ecology*” (Movebank ID: 1418296656; consultado el: 20/10/2023) y “*Long-billed Curlew migration from the Intermountain West*” (Movebank ID: 42451582; consultado el: 20/10/2023). MoveBank alberga las bases de datos de telemetría satelital y permite la visualización de los movimientos de los individuos en coordenadas geográficas. A partir de esta plataforma, se analizaron los registros de 130 zarapitos pico largo capturados y marcados con transmisores de telemetría satelital entre 2015 y 2023. MoveBank alberga las bases de datos de telemetría satelital y permite la visualización de los movimientos de los individuos en coordenadas geográficas. A partir de esta plataforma, se analizaron los registros de 130 zarapitos pico largo capturados y marcados con transmisores de telemetría satelital entre 2015 y 2023

De manera particular, el proyecto “*Long-billed Curlew migration from the Intermountain West*” cuenta con datos desde el 8/7/2013 a 20/10/2023; mientras que “*Long-billed Curlew (Numenius americanus) full annual cycle movement ecology*” comenzó desde 20/6/2019 hasta 20/10/2023. Esta información contiene ubicaciones con coordenadas en grados decimales, hora, fecha, velocidad de vuelo, temperatura, calidad de los datos e identificación única para cada uno de los individuos.

Los proyectos registran movimientos desde Estados Unidos hasta México, con un total de 1,048,575 registros para “*Long-billed Curlew full annual cycle movement ecology*” y 330,498 para “*Long-billed Curlew Migration from the Intermountain West*”. En México, “*Long-billed Curlew full annual cycle movement ecology*” tiene 15 individuos con 123,811 registros, de los cuales 10 individuos fueron detectados en el área de estudio, acumulando 56,177 registros, lo que representa el 88% de los datos analizados. Por su parte, “*Long-billed Curlew Migration from the Intermountain West*” presenta 17 individuos con 9,667 registros, todos dentro del área de estudio, aportando 7,578 registros, equivalentes al 12% de los datos analizados (Fig. 4).

Se seleccionaron los datos más precisos de ambas plataformas con base en los siguientes criterios: en el proyecto “*Long-billed Curlew (Numenius americanus) full annual cycle movement ecology*”, los datos GPS se eligieron con una triangulación de 4 a 12 satélites para garantizar precisión. Para los datos provenientes de ARGOS, cuya

exactitud varía según la calidad de la señal y el tiempo de captura, solo se consideraron las categorías 3, 2 y 1, por ser las más confiables. En total, se analizaron 10 individuos en el proyecto basado en GPS y 17 en el de ARGOS.

En QGIS 3.28, se desplegaron los registros con base en las coordenadas geográficas, y con la herramienta “Seleccionar por localización”, solo seleccionados los datos que quedaron dentro del Área de Estudio (Coahuila, Nuevo León y Norte de Durango), extrayendo solo los puntos seleccionados. Los registros también se filtraron de acuerdo con su fecha, incluyendo solo aquellos entre el 15 de junio y el 16 de mayo, correspondiendo a temporadas no-reproductivas de acuerdo con Dugger y Dugger (2020).

Se calculó el ámbito hogareño para cada individuo para la temporada no-reproductiva que comprende las siguientes fechas: migración otoñal [del 15 de junio al 21 de noviembre], invernal [del 21 de noviembre al 8 de febrero] y de migración primaveral [del 9 de febrero al 16 de mayo], con base en Dugger y Dugger, 2020) por año, mediante la función `akde` del paquete `ctmm` (Fleming y Calabrese, 2023) en el programa R 4.4.1 (R Core Team, 2024). La función `akde` estima los ámbitos hogareños a través del estimador de densidad kernel autocorrelacionado (AKDE, por sus siglas en inglés), resultando en una estimación precisa de ámbitos hogareños partiendo de datos de movimiento (Fleming et al., 2015; Fleming y Calabrese, 2017; Fleming et al., 2018). También se calculó el área núcleo de cada ámbito hogareño al 50% (el espacio que concentra el 50% de los registros de cada individuo, reflejando una mayor intensidad de uso espacial; Samuel et al., 1985; Börger, 2022). Todas las estimaciones de extensión de área incluyen su valor medio y límites de intervalos de confianza al 95%, además del tamaño de muestra efectivo ( $N$ ; i.e., número de veces que un individuo atraviesa su ámbito hogareño durante el periodo de observación; Fleming y Calabrese, 2017).

#### *Establecimiento de los principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo en el norte de México.*

Para la identificación de principales sitios no-reproductivos se consideraron los ámbitos hogareños de estimaciones confiables (i.e.,  $N > 5$ ; Silva et al., 2022) que presentaran un valor de traslape superior al valor promedio. Para esto calculé el coeficiente de Bhattacharyya de cada ámbito hogareño utilizando la función `overlap` del paquete `ctmm` (Fleming y Calabrese, 2023). Este valor, al ser una medición simétrica del traslape, presenta en un rango de 0 a 1, donde 0 representa la ausencia de traslape y 1 representa un traslape perfecto entre dos áreas, ya sea entre áreas usadas por diferentes individuos, o bien, por el mismo individuo en diferentes temporadas (Fieberg y Kochanny, 2005; Winner et al., 2018).

Para establecer los principales sitios no-reproductivos se fusionaron los ámbitos hogareños previamente seleccionados con base en un valor de traslape superior al valor promedio que presentarían solapamiento mutuo. Estos sitios fueron denominados con base en el nombre de asentamientos humanos cercanos (e.g., el nombre de una ciudad cercana).

#### *Caracterización de los principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo.*

Para la caracterización de los principales sitios no-reproductivos se utilizó QGIS 3.28 para cortar su área sobre la superficie de las siguientes las siguientes capas:

- Uso del suelo y vegetación: Serie VI (INEGI 2016) para los años 2015 y 2016, y Serie VII para el periodo 2017-2023 (INEGI 2021).
  - Tipo de agricultura.
- Cuerpos de agua: INEGI (2022).

Para las variables ambientales se emplearon capas procedentes de WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>), mencionadas por Macías-Duarte (2018):

- a) Bio 1 – Temperatura media anual (Grados Celsius; °C).
- b) Bio 10 – Temperatura media del trimestre cálido (Grados Celsius; °C).
- c) Bio 12 – Precipitación media anual (milímetros; mm).
- d) Bio 18 – Precipitación media del trimestre cálido (milímetros; mm).

Finalmente, en Excel, los datos de usos del suelo y vegetación se agruparon de acuerdo con la clasificación de Rzedowski (2006); posteriormente se procesaron las bases de datos resultantes de las capas, las cuales se compararon mediante tablas dinámicas para cada una de las variables.

#### *Identificación de esquemas de protección para los principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo.*

Se utilizó QGIS 3.28 para cortar los polígonos de los principales sitios no-reproductivos sobre la superficie de las siguientes las siguientes capas:

- Áreas Naturales Protegidas (ANP): Nacionales y estatales (CONANP

2024).

- Áreas Prioritarias para la Conservación de Pastizal (GPCA, por sus siglas en inglés): CONABIO (2015).
- Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS): CEC (2010).

#### *Determinación del uso de hábitat del zarapito pico largo en el norte de México.*

Con base en los registros se clasificaron las actividades en dos categorías: forrajeo y dormitorio, basado en el criterio de hora propuesto por Olalla-Kerstupp (2014), siendo de las 07:00 a las 17:59 para el forrajeo y de las 18:00 a las 06:59 para el dormitorio.

Se contrastó la capa de puntos de los registros de actividades con los polígonos recortados de los principales sitios no-reproductivos, utilizando las variables empleadas para su caracterización. Este análisis se llevó a cabo en QGIS 3.28 mediante la herramienta "Unir atributos por localización".

La información fue extraída fue posteriormente procesada en Excel mediante estadística descriptiva, identificando los patrones de uso de hábitat y evaluando la importancia de los principales sitios no-reproductivos.

#### *Relación entre las variables ambientales de los sitios no-reproductivos y el uso del hábitat.*

Mediante los paquetes mgcv (Wood, 2023) y stats en R 4.4.1 (R Core Team, 2024), se realizaron y compararon tres tipos de modelos de regresión para establecer la relación entre las variables bioclimáticas (Bio 1, Bio 10, Bio 12 y Bio 18) y la intensidad de uso de ámbito hogareño (medida en número de registros dentro de cada AH;  $n$ ). Se consideraron modelos estadísticos de tres clases distintas: modelos lineales, modelos lineales generalizados y modelos aditivos generalizados. Para estos dos últimos incluyen modelos ajustados a las distribuciones de Poisson y de Gauss. Se evaluaron todas las combinaciones posibles de las cuatro variables bioclimáticas y se seleccionó el modelo óptimo considerando el menor valor del criterio de información de Akaike (Anderson et al., 1998), el porcentaje de desviación explicada (Mokany et al., 2022) y la simplicidad del modelo. Para la interpretación de los modelos aditivos generalizados se consideró que valores de grados de libertad efectivos cercanos a 1 indican efectos lineales de las

variables bioclimáticas sobre intensidad de uso de ámbito hogareño, mientras valores más altos valores más altos indican efectos no lineales complejos (Wood, 2017).

## RESULTADOS

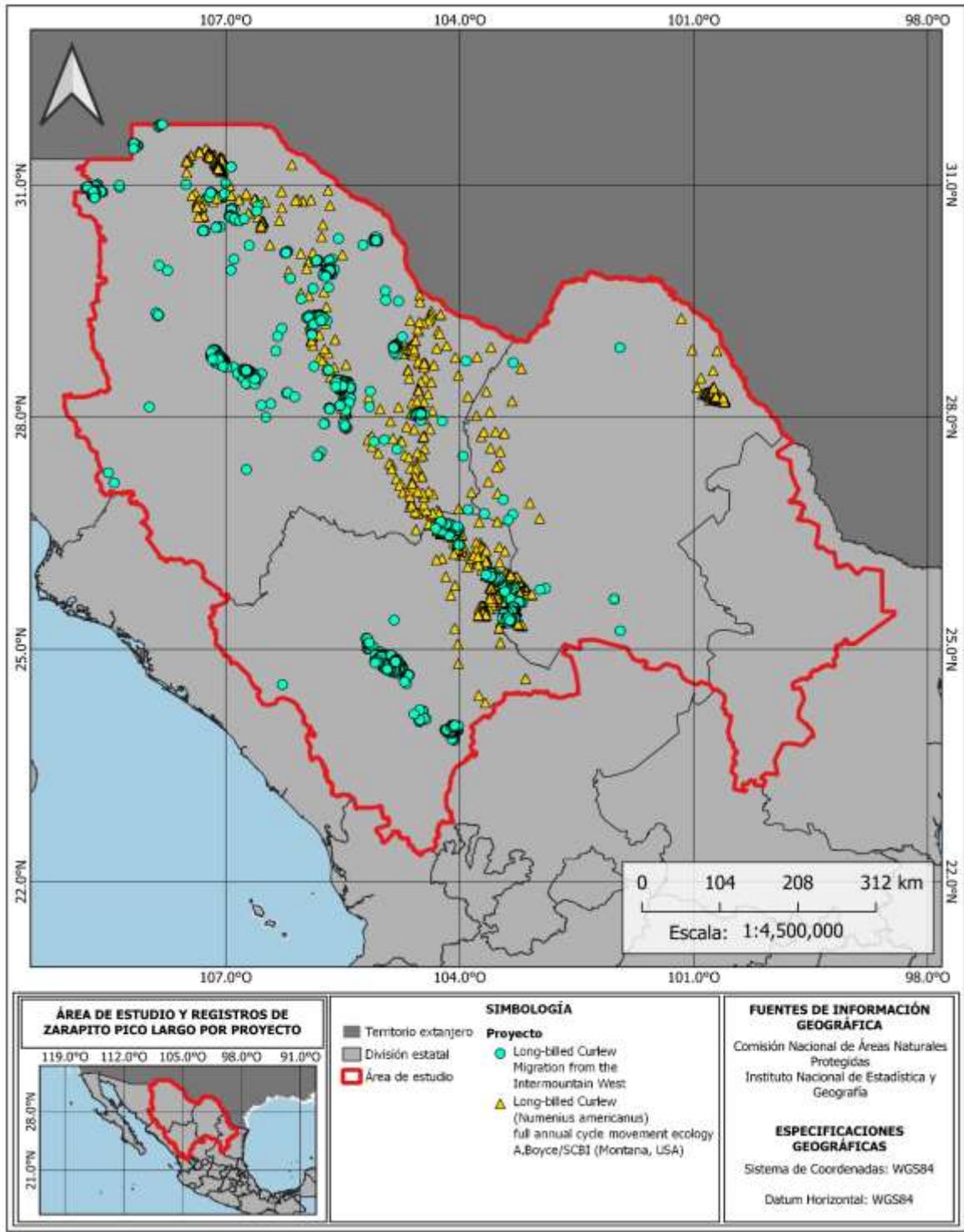
Los registros se distribuyeron en 67 municipios: 19 en Coahuila, 16 en Durango y 32 en Chihuahua (Tabla 1; Fig. 4). De este total, solo 17 municipios concentraron más del 1% de los registros, acumulando en conjunto el 96.6%. En Chihuahua, seis municipios superaron este umbral, destacando Ascensión con el mayor porcentaje de registros (8.8%). En Coahuila, cuatro municipios cumplieron este criterio, siendo Torreón el más representativo (18.5%). En Durango, siete municipios superaron el 1%, con Mapimí registrando la mayor proporción de registros (10%). Estos municipios destacan como las áreas más relevantes en cada estado debido a la concentración de zarapitos de pico largo (Tabla 2).

**Tabla 1.** Registros del zarapito pico largo por estado y municipio durante el periodo 2015-2023.

Estados	Municipios	Registros
Coahuila	Acuña, Allende, Cuatro Ciénegas, Francisco I. Madero, Guerrero, Jiménez, Múzquiz, Matamoros, Morelos, Nava, Ocampo, Parras, Piedras Negras, San Pedro, Sierra Mojada, Torreón, Viesca, Villa Unión, Zaragoza, Durango, Canatlán, Cuencamé.	<b>48%</b>
Durango	El Oro, Gómez Palacio, General Simón Bolívar, Lerdo, Mapimí, Nazas, Nombre de Dios, Nuevo Ideal, Peñón Blanco, Poanas, Santiago Papasquiario, Tamazula, Tlahualilo.	<b>31%</b>
Chihuahua	Ahumada, Aldama, Aquiles Serdán, Ascensión, Bachíniva, Buenaventura, Camargo, Chínipas, Chihuahua, Coyame del Sotol, Cuauhtémoc, Delicias, Dr. Belisario Domínguez, Gómez Farías, Gran Morelos, Guadalupe, Guazapares, Ignacio Zaragoza, Janos, Jiménez, Julimes, La Cruz, Manuel Benavides, Meoqui, Nonoava, Ocampo, Ojinaga, Riva Palacio, Rosales, Santa Isabel, Saucillo, Valle de Zaragoza.	<b>22%</b>

**Tabla 2.** Registros del zarapito pico largo en los principales municipios (>1%) del 2015 al 2023.

Estado	Municipio	Registros	
		No.	%
Chihuahua	Ascensión	5,583	8.8
	Aldama	2,611	4.1
	Cuauhtémoc	1,242	1.9
	Meoqui	1,138	1.8
	Ahumada	1,016	1.6
	Buenaventura	807	1.3
Coahuila de Zaragoza	Torreón	11,788	18.5
	Matamoros	7,795	12.2
	Francisco I. Madero	6,610	10.4
	Villa Unión	3,546	5.6
Durango	Mapimí	6,392	10.0
	Gómez Palacio	5,722	9.0
	Lerdo	2,584	4.1
	Tlahualilo	1,845	2.9
	Canatlán	1,180	1.9
	Poanas	931	1.5
	Nuevo Ideal	814	1.3
<b>Total</b>		<b>61,604</b>	<b>96.6</b>



**Figura 4.** Mapa del área de estudio y registros del zarapito pico largo (*Numenius americanus*) en ambos proyectos entre 2015-2023.

*Estimación del ámbito hogareño del zarapito pico largo en el norte de México.*

Mediante el estimador de densidad kernel autocorrelacionado se determinó un total de 76 ámbitos hogareños (AH) de 24 individuos a lo largo de 24 temporadas no-reproductivas, de los cuales solo 37 AH presentaron estimaciones confiables ( $N > 5$ ; Silva et al., 2022). Estos 37 AH corresponden a 14 individuos a lo largo de 19 temporadas y 7 años, de invierno 2015-2016 a 2022-2023 (Tabla 3).

**Tabla 3.** Extensión estimada de los 37 ámbitos hogareños y sus áreas núcleo al 50%, considerando tamaños de muestra efectivos ( $N$ ) superiores a 5 durante las temporadas de migración otoñal (S1), invernal (S2) y migración primaveral (S3).  $n$  = número de registros; IC95% = intervalos de confianza al 95%. Las extensiones de área se expresan en km<sup>2</sup>.

Individuo	Año	Temporada	$n$	$N$	Ámbito hogareño (IC95%)	Área núcleo (IC95%)
148827	2015-2016	S2	202	201.00	108.12 (93.69-123.57)	14.50 (12.57-16.58)
		S3	92	22.43	290.49 (182.97-422.47)	79.35 (49.98-115.41)
	2016-2017	S2	193	57.63	344.32 (261.21-438.73)	48.78 (37.01-62.16)
		S3	84	39.81	157.20 (112.21-209.66)	26.22 (18.71-34.97)
	2017-2018	S2	192	73.63	144.74 (113.58-179.62)	30.38 (23.84-37.70)
		S3	92	56.88	75.01 (56.79-95.72)	13.38 (10.13-17.07)
148828	2016-2017	S1	280	34.18	2742.04 (1900.93-3734.81)	342.16 (237.21-466.04)
170147	2017-2018	S1	408	60.21	1552.28 (1185.14-1968.19)	264.11 (201.64-334.87)
		S2	164	79.03	112.41 (89.00-138.51)	17.53 (13.88-21.60)
		S3	98	29.29	152.67 (102.47-212.72)	37.85 (25.41-52.74)
	2018-2019	S1	311	67.59	1523.70 (1182.24-1907.82)	250.43 (194.31-313.56)
		S2	183	67.07	167.14 (129.55-209.45)	27.86 (21.60-34.91)
		S3	125	45.12	166.07 (121.19-217.92)	40.56 (29.60-53.22)
170154	2018-2019	S3	17	7.77	11.16 (4.75-20.28)	2.55 (1.08-4.63)
170157	2022-2023	S1	893	12.82	7214.43 (3822.31-11666.03)	1154.18 (611.50-1866.35)
		S2	467	212.30	83.56 (72.70-95.17)	16.07 (13.98-18.30)
		S3	260	49.77	650.61 (482.54-843.41)	147.36 (109.29-191.02)
174742	2018-2019	S1	272	42.27	2448.03	355.15

Individuo	Año	Temporada	<i>n</i>	<i>N</i>	Ámbito hogareño (IC95%)	Área núcleo (IC95%)
					(1766.36-3239.22)	(256.26-469.94)
		S2	191	78.33	377.36 (298.45-465.39)	57.25 (45.28-70.61)
		S3	9	8.00	10.12 (4.37-18.24)	2.09 (.90-3.76)
174743	2021-2022	S2	89	20.39	155.80 (95.67-230.35)	40.42 (24.82-59.77)
174744	2018-2019	S3	17	7.83	65.09 (27.79-118.01)	12.82 (5.47-23.24)
	2020-2021	S3	14	13.00	12.29 (6.54-19.82)	2.09 (1.11-3.37)
	2021-2022	S3	82	23.64	391.58 (249.94-564.50)	92.92 (59.31-133.95)
	2022-2023	S3	73	22.67	212.44 (134.18-308.40)	47.94 (30.28-69.59)
179528	2021-2022	S3	21	20.00	345.09 (210.79-511.96)	49.51 (30.24-73.46)
33E10211	2020-2021	S2	1755	96.42	149.94 (121.51-181.31)	32.81 (26.59-39.67)
	2021-2022	S2	853	88.67	149.56 (120.06-182.25)	23.88 (19.17-29.11)
	2022-2023	S2	869	79.16	118.84 (94.11-146.41)	24.17 (19.14-29.78)
		S3	153	34.71	41.66 (28.97-56.62)	9.89 (6.87-13.43)
53ADED10	2020-2021	S2	1458	293.26	7.73 (6.87-8.64)	1.92 (1.71-2.15)
		S3	558	148.87	6.59 (5.57-7.69)	1.43 (1.21-1.66)
737B3A10	2020-2021	S2	1849	234.87	31.55 (27.64-35.71)	4.45 (3.90-5.03)
74D0D910	2020-2021	S2	1846	38.03	2340.01 (1656.19-3140.16)	532.16 (376.65-714.13)
		S3	367	31.26	175.07 (119.16-241.56)	45.09 (30.69-62.22)
DIN07	2021-2022	S2	1220	158.14	28.02 (23.83-32.56)	3.91 (3.32-4.54)
		S3	546	9.78	96.84 (45.98-166.33)	13.29 (6.31-22.83)

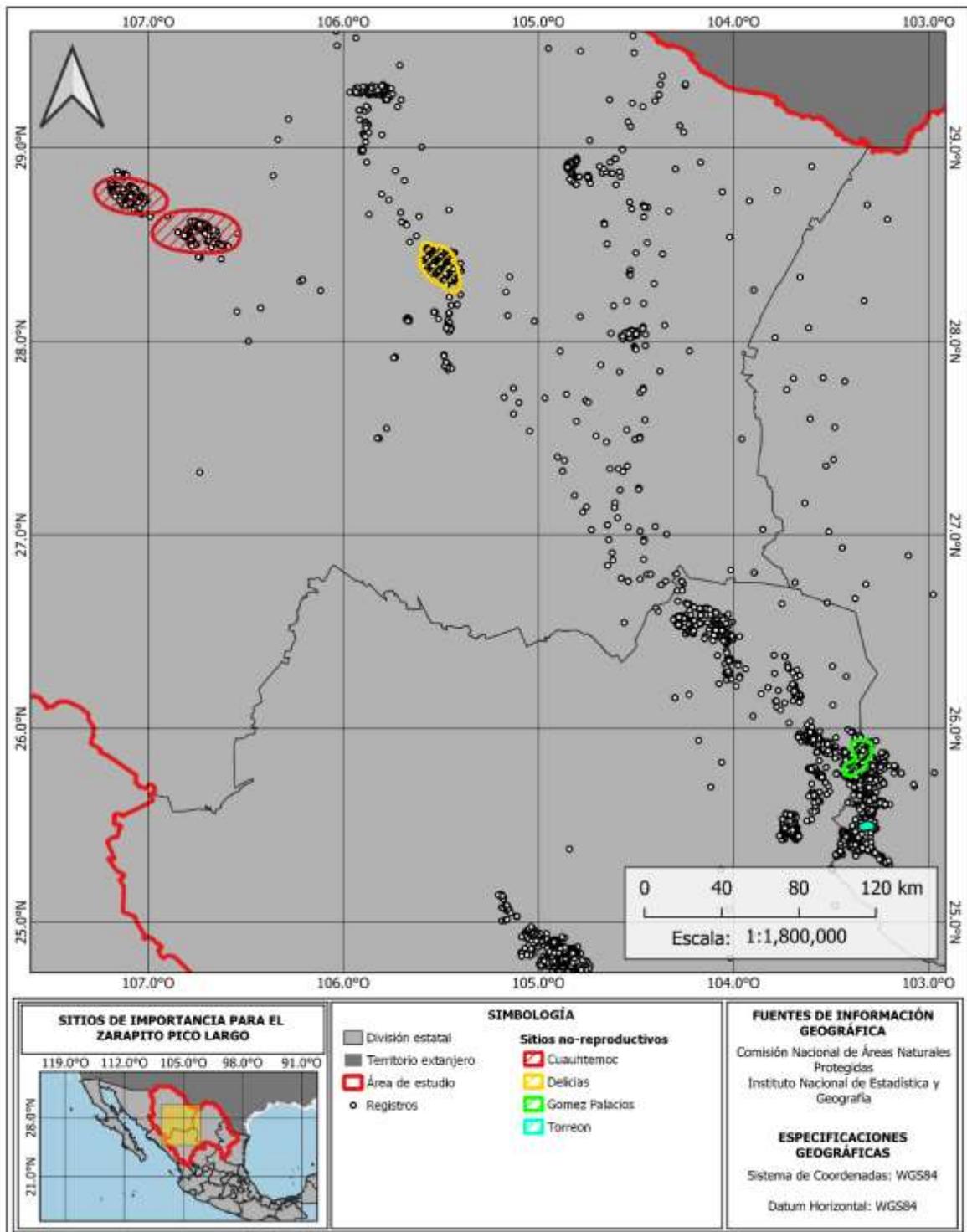
*Principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo en el norte de México.*

Se obtuvo un traslape de área promedio del 7.49% entre los 37 AH. Se identificaron 4 sitios de importancia para esta ave playera, de los cuales 17 AH tuvieron un traslape superior al valor promedio (7.77 – 14.47%). Estos sitios fueron Cuauhtémoc (Chihuahua), Delicias (Chihuahua), Gómez Palacio (Durango) y Torreón (Coahuila) (Tabla 4) (Fig. 5, 6).

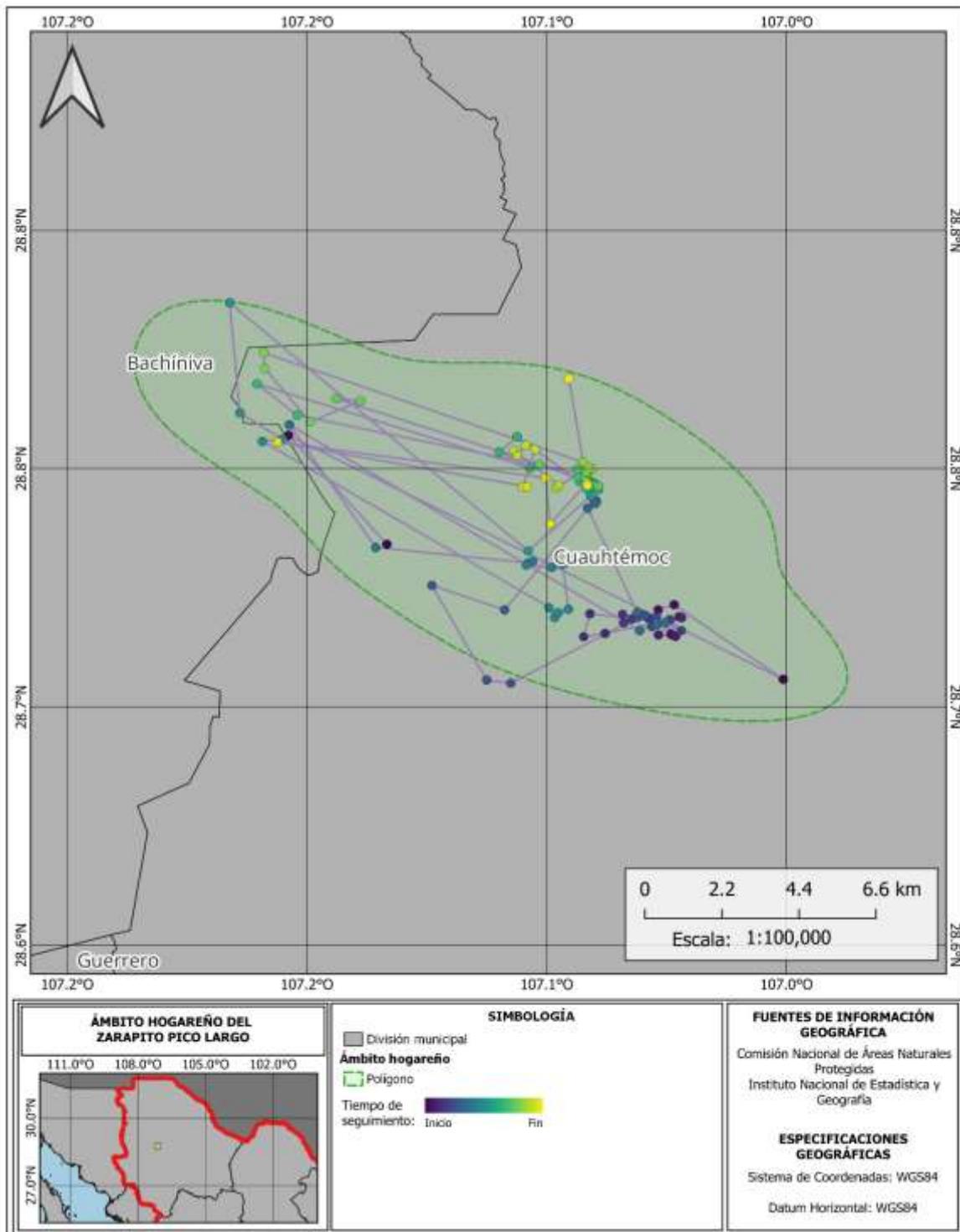
**Tabla 4.** Valor medio de la extensión del área (km<sup>2</sup>) y porcentaje de traslape de los 17 ámbitos hogareños

seleccionados como sitios de importancia para el zarapito pico largo. Estos ámbitos presentaron valores de traslape superiores al promedio global (7.5%) durante las temporadas de migración otoñal (S1), invernal (S2) y migración primaveral (S3).

<b>Individuo</b>	<b>Año</b>	<b>Temporada</b>	<b>Ámbito hogareño (IC95%)</b>	<b>Traslape promedio (%)</b>
<b>Delicias</b>				
148827	2015-2016	S2	20.94 (16.43-25.99)	13.43
		S3	22.05 (15.74-29.41)	13.93
	2016-2017	S2	47.97 (36.39-61.13)	14.47
		S3	39.16 (24.67-56.95)	13.48
	2017-2018	S2	14.53 (12.59-16.60)	14.03
		S3	9.83 (7.44-12.54)	13.10
<b>Cuauhtémoc</b>				
170147	2017-2018	S1	19.80 (14.45-25.98)	8.29
		S2	17.80 (11.95-24.80)	8.07
		S3	19.12 (14.82-23.96)	11.19
	2018-2019	S1	12.57 (9.96-15.49)	11.44
		S2	14.16 (11.37-17.26)	11.66
		S3	13.57 (11.00-16.41)	11.92
<b>Gómez Palacio</b>				
33E10211	2020-2021	S2	10.51 (8.32-12.95)	9.05
	2021-2022	S2	128.72 (98.27-163.21)	9.47
	2022-2023	S2	122.93 (95.38-153.92)	8.84
<b>Torreón</b>				
53ADED10	2020-2021	S2	7.73 (6.87-8.64)	7.88
		S3	6.59 (5.57-7.69)	7.77



**Figura 5.** Sitios no reproductivos del zarapito pico largo obtenidos en el área de estudio durante el periodo 2015-2023.



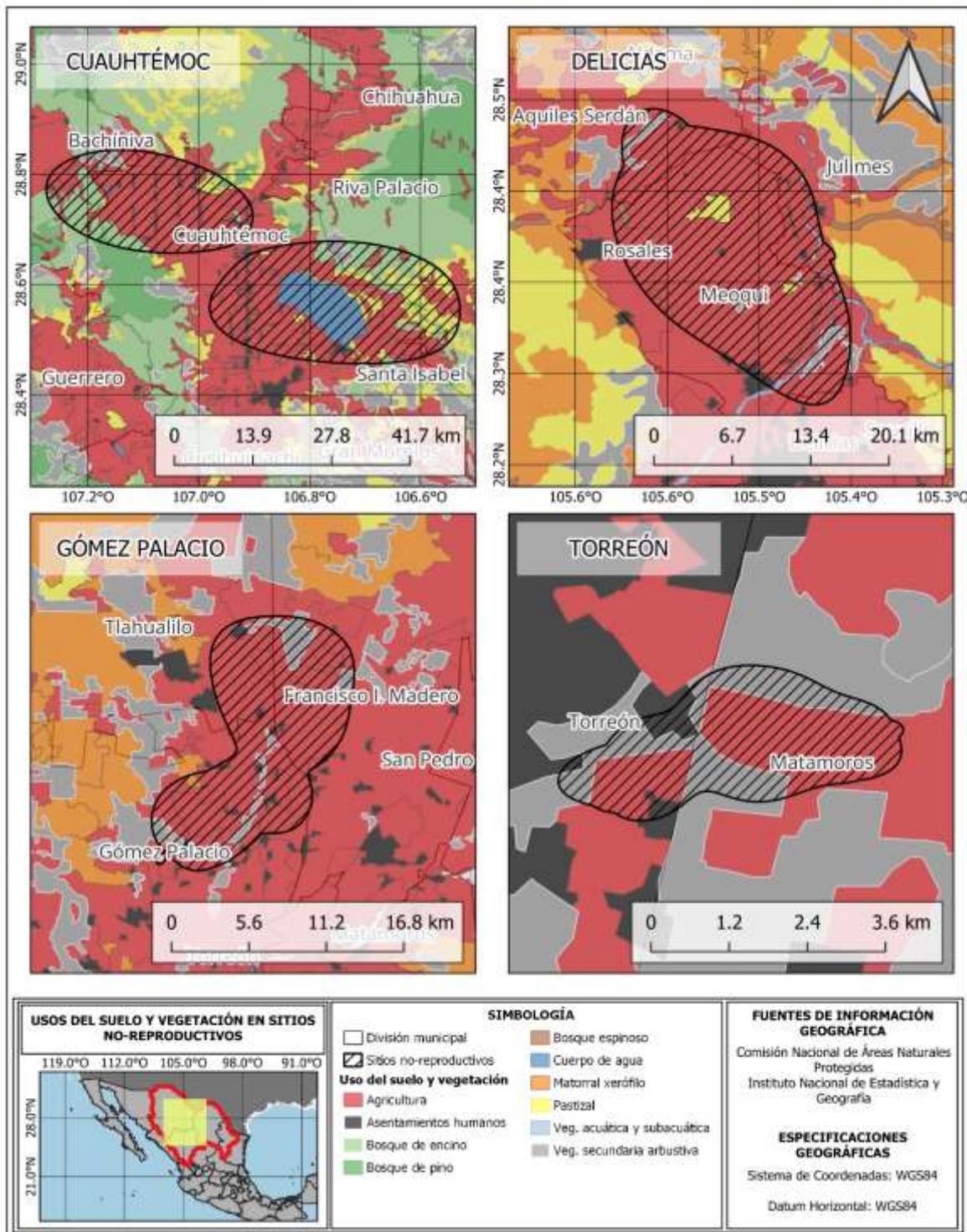
**Figura 6.** Ámbito hogareño del zarapito pico largo obtenido para el periodo 2015-2023 en Cuauhtémoc, Chihuahua.

*Caracterización de los sitios no-reproductivos del zarapito pico largo.*

El uso de suelo predominante es la agricultura (72.95%), siendo relativamente mayor en el sitio de Delicias (92.16%) y con su mayor extensión en Cuauhtémoc, con 2,112.01 km<sup>2</sup>. El matorral xerófilo es el tipo de vegetación de menor cobertura (2.46 km<sup>2</sup>; solo en Gómez Palacio; Figura 6; Tabla 5).

**Tabla 1.** Tipos de uso del suelo y vegetación en los sitios no-reproductivos del zarapito pico largo. Áreas en km<sup>2</sup>.

Uso del suelo y vegetación	Sitio								Total	
	Cuauhtémoc		Delicias		Gómez Palacio		Torreón		Área	%
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
Agricultura	2,112.01	62.87	1,221.72	92.16	517.50	87.46	18.21	66.28	<b>3,869.43</b>	<b>72.95</b>
Asentamientos humanos	168.82	5.03	24.57	1.85	22.48	3.80	1.47	5.35	<b>217.34</b>	<b>4.10</b>
Bosque de encino	438.73	13.06							<b>438.73</b>	<b>8.27</b>
Bosque de pino	28.08	0.84							<b>28.08</b>	<b>0.53</b>
Bosque espinoso			2.64	0.20					<b>2.64</b>	<b>0.05</b>
Cuerpo de agua	280.53	8.35							<b>280.53</b>	<b>5.29</b>
Matorral xerófilo					2.46	0.42			<b>2.46</b>	<b>0.05</b>
Pastizal	273.96	8.15	36.61	2.76					<b>310.57</b>	<b>5.86</b>
Vegetación acuática y subacuática			14.40	1.09					<b>14.40</b>	<b>0.27</b>
Vegetación secundaria arbustiva	57.32	1.71	25.69	1.94	49.25	8.32	7.79	28.37	<b>140.05</b>	<b>2.64</b>
<b>Total general</b>	<b>3,359.44</b>	<b>100</b>	<b>1,325.63</b>	<b>100</b>	<b>591.69</b>	<b>100</b>	<b>27.47</b>	<b>100</b>	<b>5,304.22</b>	<b>100</b>

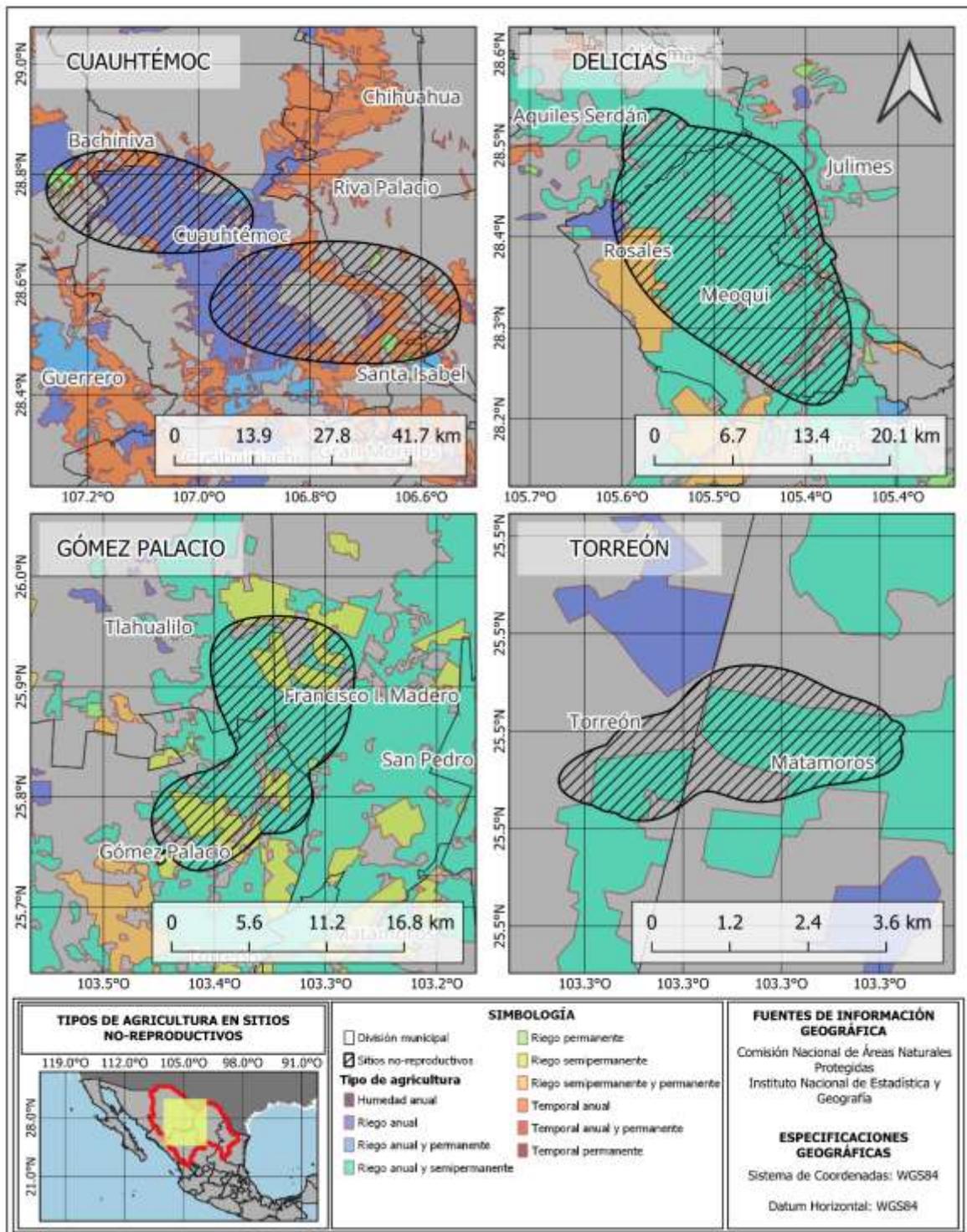


**Figura 7.** Usos del suelo y tipos de vegetación en los sitios no reproductivos del zarapito pico largo durante el periodo 2015-2023 en el área de estudio.

La agricultura de riego anual y semipermanente fue la de mayor extensión en los principales sitios no reproductivos, abarcando el 40.08% (1,551.04 ha) del total de área agrícola en estos sitios. En contraste, la combinación de agricultura de riego anual y permanente presentó la menor extensión relativa, con un 0.70% respecto al total de cobertura agrícola (Tabla 6; Figura 8).

**Tabla 6.** Tipos de agricultura presentes en los sitios no reproductivos del zarapito pico largo. Áreas expresadas en km<sup>2</sup>.

Agricultura	Sitio								Total	
	Cuauhtémoc		Delicias		Gómez Palacio		Torreón		Área	%
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%		
Riego anual y semipermanente			1,164.70	95.33	368.14	71.14	18.21	100.00	<b>1,551.04</b>	<b>40.08</b>
Riego anual	1,519.58	71.95	5.51	0.45					<b>1,525.09</b>	<b>39.41</b>
Temporal anual	491.21	23.26							<b>491.21</b>	<b>12.69</b>
Riego semipermanente					148.11	28.62			<b>148.11</b>	<b>3.83</b>
Riego permanente	74.07	3.51	0.58	0.05	1.25	0.24			<b>75.89</b>	<b>1.96</b>
Riego semipermanente y permanente			50.93	4.17					<b>50.93</b>	<b>1.32</b>
Riego anual y permanente	27.14	1.29							<b>27.14</b>	<b>0.70</b>
<b>Total general</b>	<b>2,112.01</b>	<b>100</b>	<b>1,221.72</b>	<b>100</b>	<b>517.50</b>	<b>100</b>	<b>18.21</b>	<b>100</b>	<b>3,869.43</b>	<b>100</b>



**Figura 5.** Tipo de agricultura por sitio no-reproductivo del zarapito pico largo durante el periodo de 2015-2023 para el área de estudio.

El cuerpo de agua que ocupa la mayor extensión en los principales sitios es el lago Bustillos, ubicado en Cuauhtémoc, con una superficie de 200.10 km<sup>2</sup>. En contraste, la presa Plan Benito Juárez corresponde al cuerpo de agua de menor extensión, con tan solo 0.1 km<sup>2</sup> (Tabla 7; Figura 9). Cabe señalar que el sitio de Torreón no incluye cuerpos de agua permanentes.

**Tabla 2.** Cuerpos de agua en los principales sitios no-reproductivos. Áreas en km<sup>2</sup>.

Cuerpos de agua	Sitio						Total	
	Cuauhtémoc		Delicias		Gómez Palacio		Área	%
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
Bustillos	200.07	91.19					<b>200.07</b>	<b>90.25</b>
Los Táscates	11.77	5.37					<b>11.77</b>	<b>5.31</b>
Sin nombre	4.58	2.09	0.11	4.88			<b>4.69</b>	<b>2.12</b>
Conchos			1.99	91.60			<b>1.99</b>	<b>0.90</b>
Tejarana	1.47	0.67					<b>1.47</b>	<b>0.66</b>
San Bernabé	0.50	0.23					<b>0.50</b>	<b>0.22</b>
Laguna Blanca	0.26	0.12					<b>0.26</b>	<b>0.12</b>
Arroyo Del Agua	0.24	0.11					<b>0.24</b>	<b>0.11</b>
La Elvira	0.20	0.09					<b>0.20</b>	<b>0.09</b>
La Vega					0.11	100	<b>0.11</b>	<b>0.05</b>
La Tinaja	0.08	0.04					<b>0.08</b>	<b>0.03</b>
San Pedro			0.08	3.50			<b>0.08</b>	<b>0.04</b>
La Lagunita	0.06	0.03					<b>0.06</b>	<b>0.03</b>
Plan Benito Juárez	0.06	0.03					<b>0.06</b>	<b>0.03</b>
<b>Total general</b>	<b>219.39</b>	<b>100</b>	<b>2.16</b>	<b>100</b>	<b>0.11</b>	<b>100</b>	<b>221.67</b>	<b>100</b>

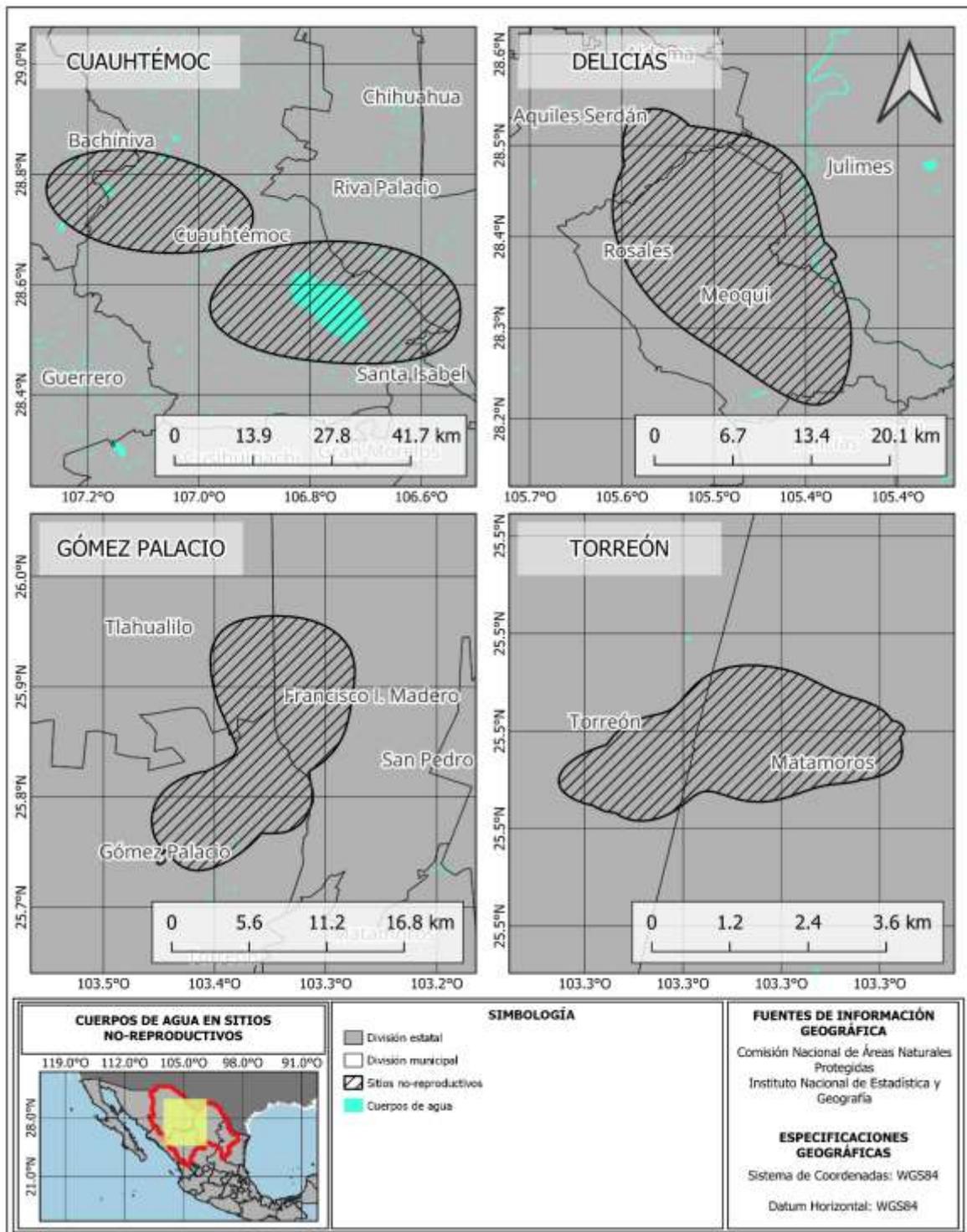
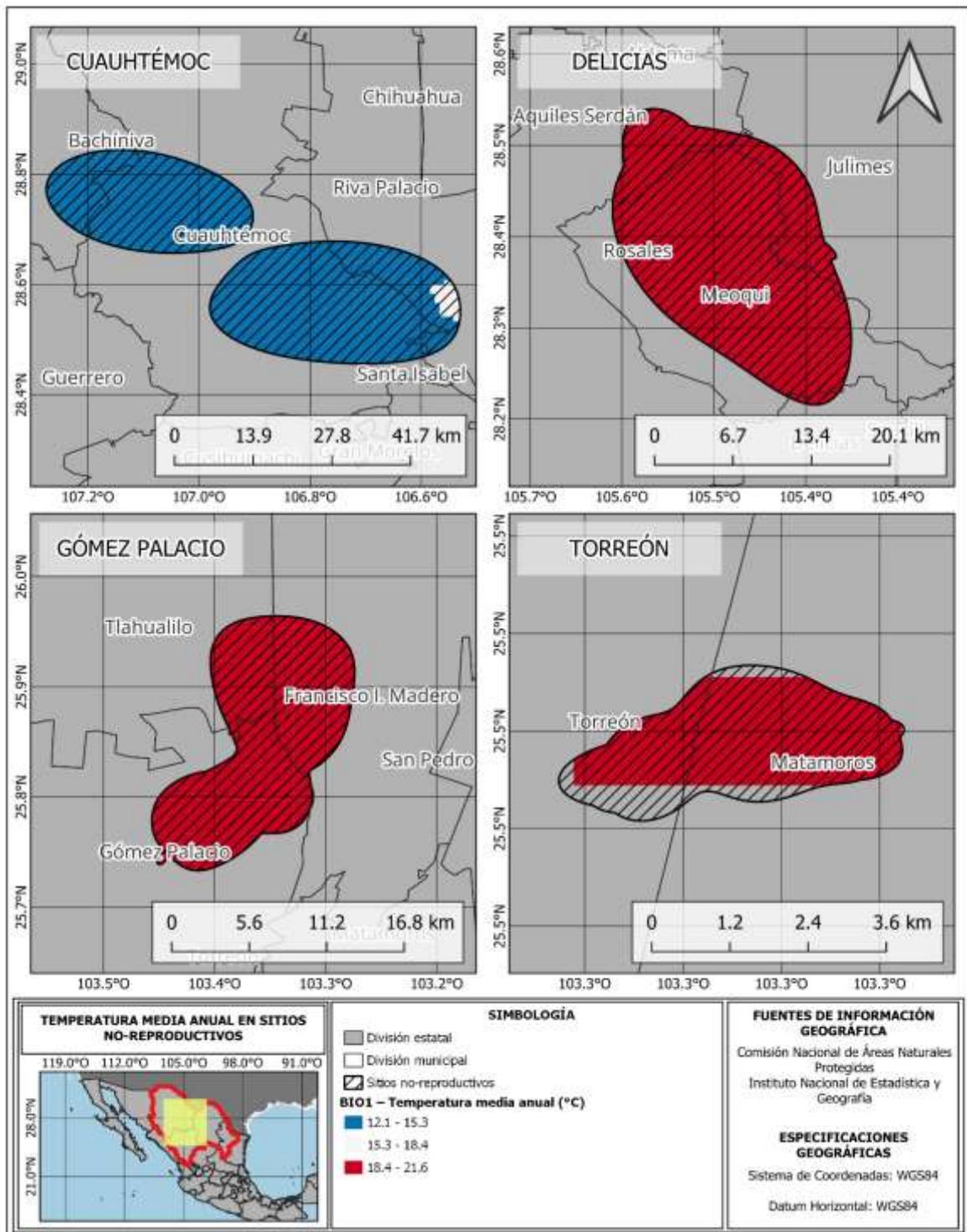


Figura 6. Cuerpos de agua presentes en los sitios no-reproductivos en el área de estudio.

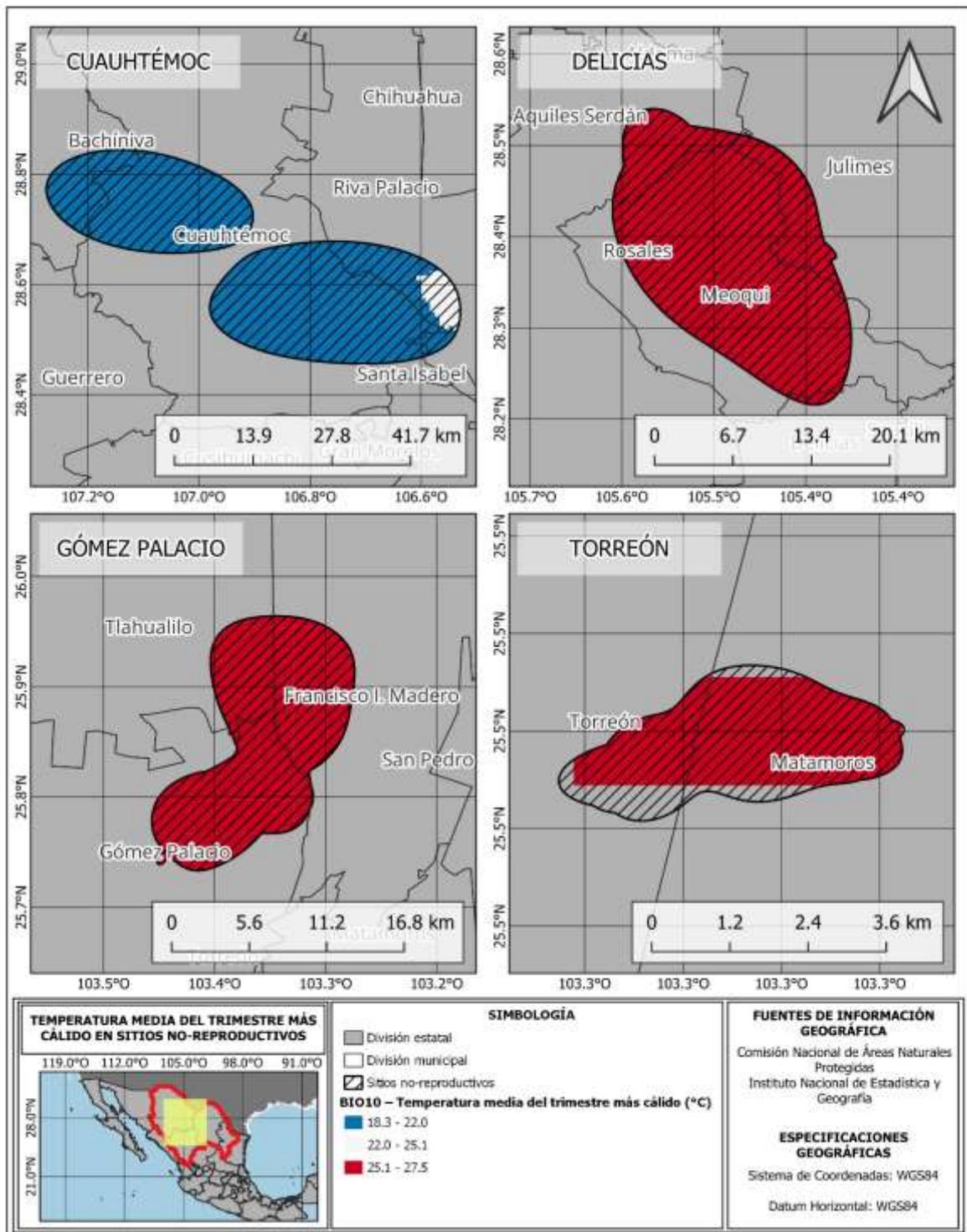
En cuanto a las características ambientales, la mayoría de los principales sitios no reproductivos registraron una temperatura media anual entre 12.1 y 15.3°C, con una temperatura media del trimestre cálido que osciló entre 18.3 y 22.0°C. La precipitación media anual y la del trimestre cálido fueron de entre 387 y 475 milímetros (Tabla 8; Figuras 10, 11, 12, 13).

**Tabla 3.** Variables ambientales en los sitios no-reproductivos. Bio 1 - Temperatura media anual, Bio 10 - Temperatura media del trimestre cálido, Bio 12 - Precipitación media anual, Bio 18 - Precipitación media del trimestre cálido. Rangos de Bio 1 y Bio 10 en °C. Rangos de bio 12 y 18 en milímetros. Áreas en km<sup>2</sup>.

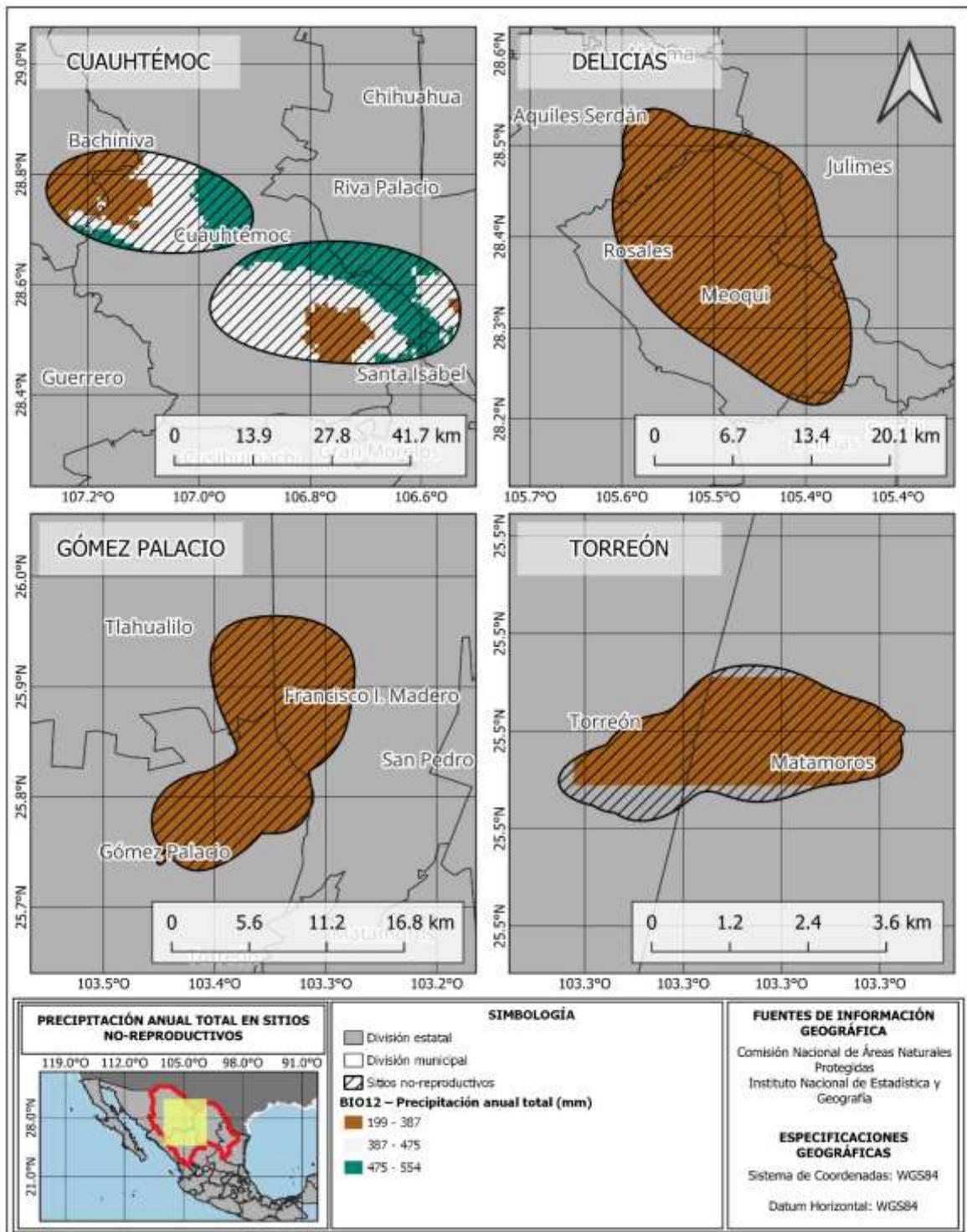
Tipo	Rango	Sitio								Total	
		Cuauhtémoc		Delicias		Gómez Palacio		Torreón		Área	%
		Área	%	Área	%	Área	%	Área	%		
Bio 1	12.1 - 15.3	3,303.81	98.34							3,303.81	62.33
	15.3 - 18.4	55.64	1.66							55.64	1.05
	18.4 - 21.6			1,325.61	100	591.72	100	23.58	100	1,940.91	36.62
Bio 10	18.3 - 22.0	3,329.51	99.11							3,329.51	62.82
	22.0 - 25.1	29.94	0.89							29.94	0.56
	25.1 - 27.5			1,325.61	100	591.72	100	23.58	100	1,940.91	36.62
Bio 12	199 - 387			1,325.61	100	591.72	100	23.58	100	1,940.91	36.62
	387 - 475	2,974.92	88.55							2,974.92	56.13
	475 - 554	384.52	11.45							384.52	7.25
Bio 18	199 - 387			1,325.61	100	591.72	100	23.58	100	1,940.91	36.62
	387 - 475	2,974.92	88.55							2,974.92	56.13
	475 - 554	384.52	11.45							384.52	7.25



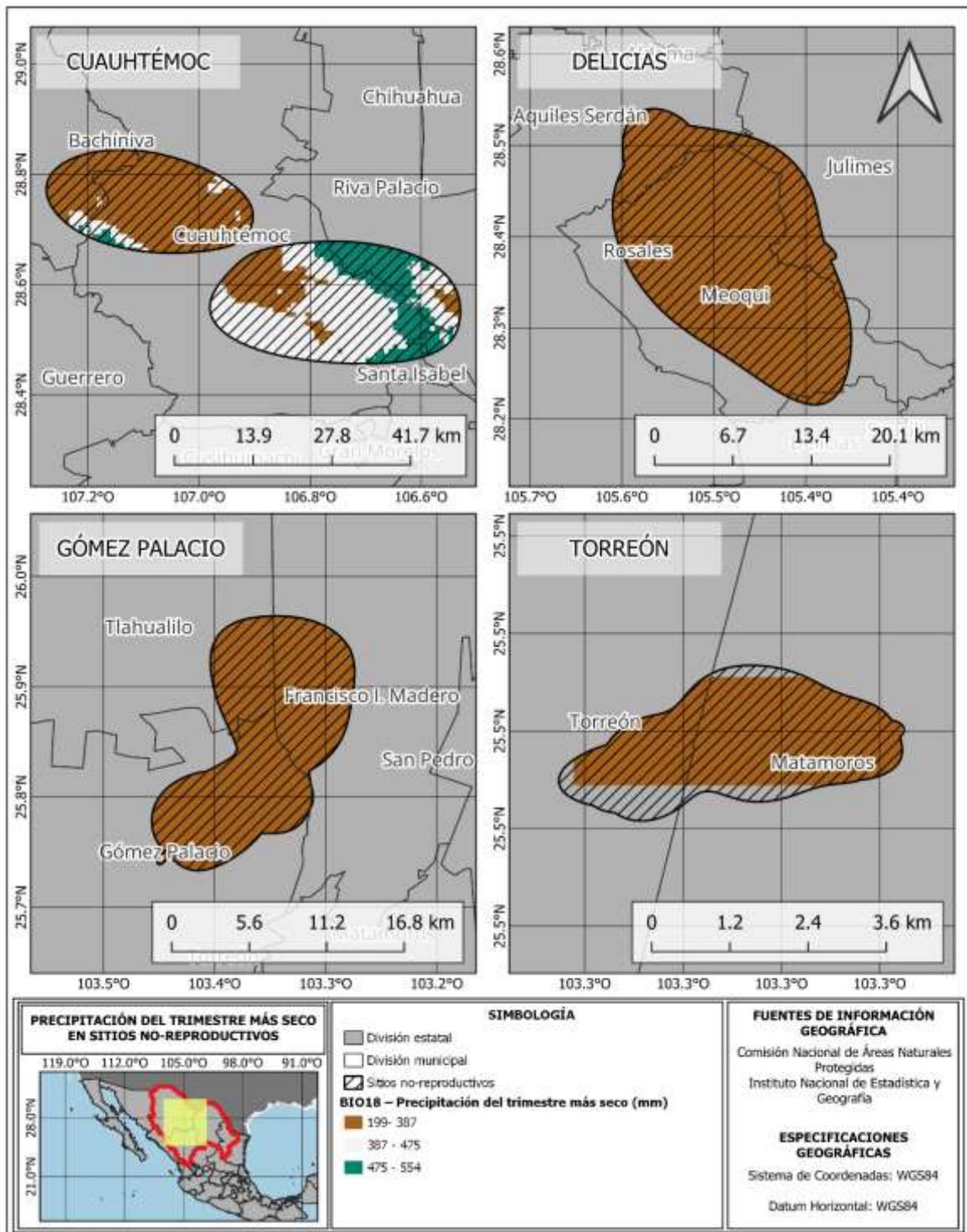
**Figura 7.** Variable bioclimática BIO1 – Temperatura media anual (°C) para sitios no-reproductivos (2015-2023) en el área de estudio.



**Figura 11.** Variable bioclimática BIO10 – Temperatura media del trimestre más cálido (°C) para los sitios no-reproductivos (2015-2023) en el área de estudio.



**Figura 8.** Variable bioclimática BIO12 – Precipitación total anual (mm) para los sitios no-reproductivos (2015-2023) en el área de estudio.



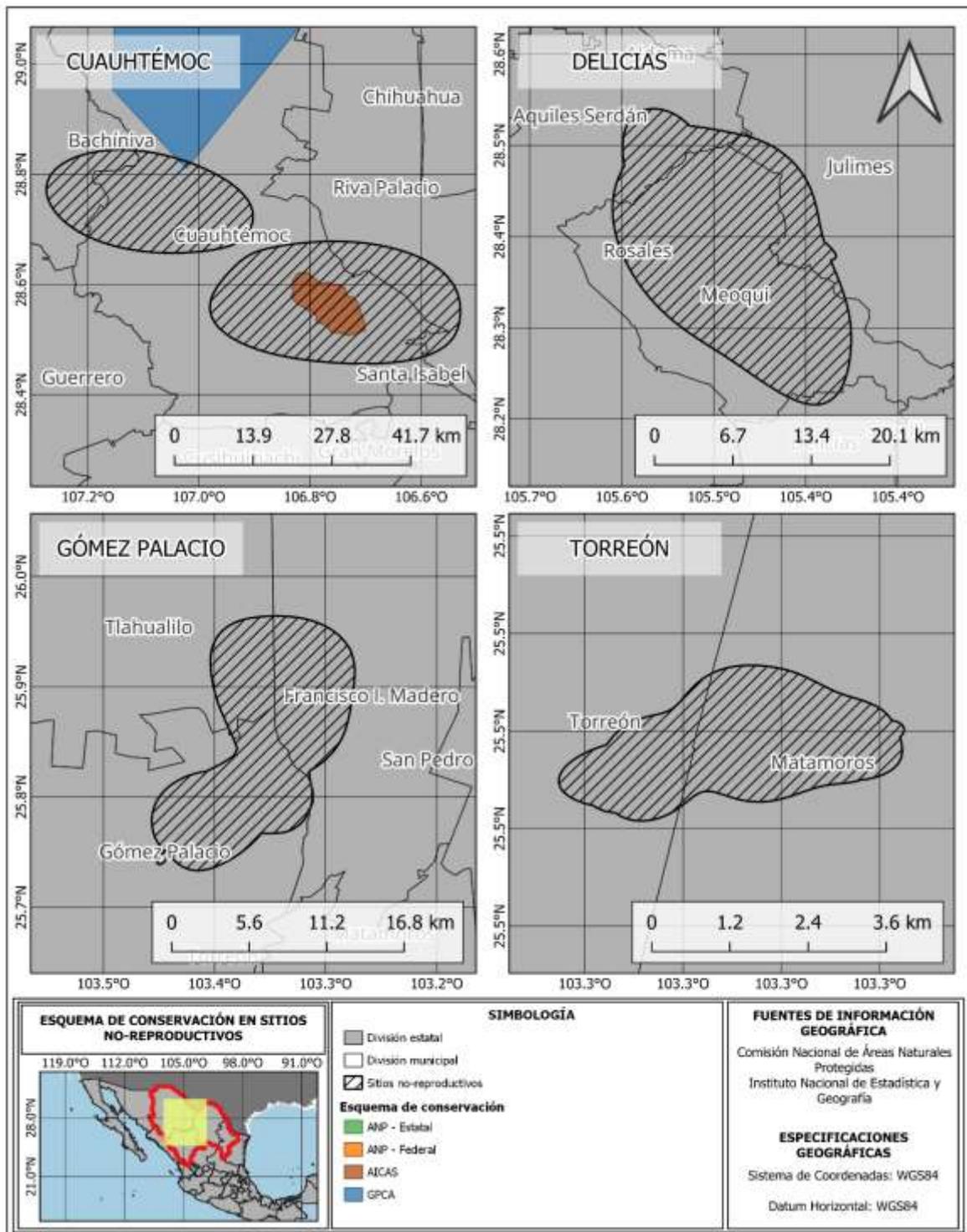
**Figura 9.** Variable bioclimática BIO18 – Precipitación del trimestre más seco (mm) para los sitios no-reproductivos (2015-2023) en el área de estudio.

*Esquemas de protección para los sitios no-reproductivos del zarapito pico largo.*

El sitio de Cuauhtémoc fue el único que se traslapa con áreas prioritarias para la conservación, con el 6% de su extensión ubicada dentro del AICAS Laguna de Bustillos. Además, el 0.10% de su área corresponde al GPCA de Valles Centrales (Tabla 9; Figura 14).

**Tabla 4.** Tipo y nombre de áreas prioritarias para la conservación en los principales sitios no-reproductivos. AICAS - Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, GPCA - Áreas Prioritarias para la Conservación de Pastizal. Áreas en km<sup>2</sup>.

<b>Tipo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cuauhtémoc</b>	
		<b>Área</b>	<b>%</b>
AICAS	Laguna de Bustillos	192.48	5.73
	Sierra del Nido	0.71	0.02
GPCA	Valles Centrales	3.48	0.10
<b>Total</b>		<b>192.48</b>	<b>5.75</b>



**Figura 10.** Esquema de conservación para cada sitio no-reproductivo dentro del área de estudio. ANP Estatal (Áreas Naturales Protegidas Estatales); ANP Federal (Área Naturales Protegidas Federales); AICAS (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves); GPCA (Área de Conservación Prioritaria de los Pastizales – por sus siglas en inglés).

*Uso de hábitat del zarapito pico largo en el norte de México.*

La especie pasa la mayor parte del tiempo en áreas de agricultura, con más de la mitad de los registros correspondientes a dormitorio (53%) y poco menos de la mitad de los registros correspondientes a forrajeo (44%) en este tipo de uso de suelo (Tabla 10).

**Tabla 5.** Uso de hábitat de los tipos de uso del suelo y vegetación en los principales sitios no-reproductivos del zarapito pico largo. n – Número de registros.

Uso de hábitat	Uso del suelo	Sitio								Total	
		Cuauhtémoc		Delicias		Gómez Palacio		Torreón		n	%
		n	%	n	%	n	%	n	%		
<b>Dormidero</b>	Agricultura	454	35.83	649	52.17	4067	55.57	2719	54.77	7889	53.33
	Asentamientos humanos	5	0.39	3	0.24	5	0.07			13	0.09
	Cuerpo de agua	154	12.15							154	1.04
	Pastizal	43	3.39	3	0.24					46	0.31
	Veg. acuática y subacuática			3	0.24					3	0.02
	Veg. secundaria arbustiva	1	0.08			1	0.01	8	0.16	10	0.07
	<b>Subtotal</b>	<b>657</b>	<b>51.85</b>	<b>658</b>	<b>52.89</b>	<b>4073</b>	<b>55.65</b>	<b>2727</b>	<b>54.94</b>	<b>8115</b>	<b>54.85</b>
<b>Forrajeo</b>	Agricultura	436	34.41	579	46.54	3239	44.25	2235	45.02	6489	43.86
	Asentamientos humanos	11	0.87	3	0.24	6	0.08			20	0.14
	Bosque de encino	5	0.39							5	0.03
	Cuerpo de agua	89	7.02							89	0.60
	Pastizal	69	5.45	2	0.16					71	0.48
	Veg. acuática y subacuática			2	0.16					2	0.01
	Veg. secundaria arbustiva					1	0.01	2	0.04	3	0.02
<b>Subtotal</b>	<b>610</b>	<b>48.15</b>	<b>586</b>	<b>47.11</b>	<b>3246</b>	<b>44.35</b>	<b>2237</b>	<b>45.06</b>	<b>6679</b>	<b>45.15</b>	
<b>Total general</b>	<b>1267</b>	<b>100</b>	<b>1244</b>	<b>100</b>	<b>7319</b>	<b>100</b>	<b>4964</b>	<b>100</b>	<b>14794</b>	<b>100</b>	

Laguna Bustillos fue el cuerpo de agua más utilizado para las actividades de dormitorio y forrajeo, con poco menos de la mitad de los registros de cada actividad en este cuerpo de agua (Tabla 11; Figura 15).

**Tabla 6.** Uso de hábitat de los cuerpos de agua de los principales sitios no-reproductivos por el zarapito pico largo. n=número de registros.

Uso de hábitat	Cuerpos de agua	Sitio				Total	
		Cuauhtémoc		Delicias		n	%
		n	%	n	%		
<b>Dormidero</b>	Bustillos	17	43.59			17	42.50
	Los Táscates	2	5.13			2	5
	<b>Subtotal</b>	<b>19</b>	<b>48.72</b>			<b>19</b>	<b>47.50</b>
<b>Forrajeo</b>	Bustillos	18	46.15			18	45.
	Conchos			1	100	1	2.50
	Los Táscates	2	5.13			2	5
	<b>Subtotal</b>	<b>20</b>	<b>51.28</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>21</b>	<b>52.50</b>
<b>Total general</b>		<b>39</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

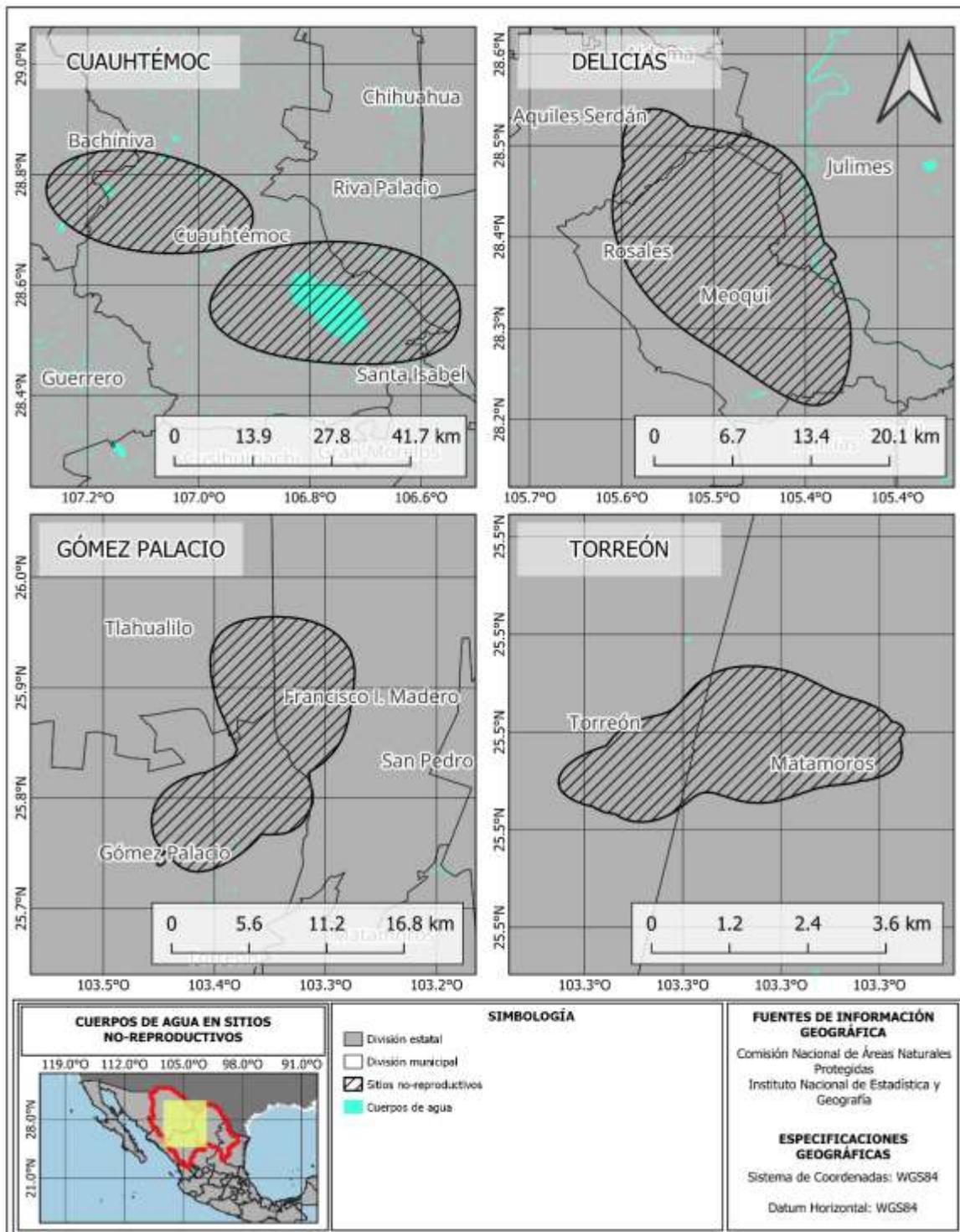


Figura 11. Cuerpos de agua presentes por sitio no-reproductivo en el área de estudio.

*Relación entre las variables ambientales de los sitios no-reproductivos y el uso del hábitat.*

El modelo de mejor ajuste y más simple (Tabla 12) fue el modelo aditivo generalizado que considera los efectos de Bio 1 (Temperatura media anual), Bio 10 (Temperatura media del trimestre cálido) y Bio 18 (Precipitación del trimestre cálido) sobre la intensidad de uso de los ámbitos hogareños ( $n$ ). Este modelo explica el 39.66% de la desviación total y el 31.8% de la variación de  $n$ , implicando un poder explicativo moderado, lo que sugiere que otras variables no evaluadas pueden influir  $n$ . El modelo también indica un efecto positivo directo (grados de libertad efectivos [gle] = 1) y estadísticamente significativo de Bio 1 ( $F = 17.84$ ,  $p < 0.001$ ), con un efecto no lineal complejo (gle = 6.60), pero también de significancia estadística, de Bio 10 ( $F = 4.32$ ,  $p < 0.001$ ), y un efecto directo (gle = 1) sin significancia estadística de Bio 18 ( $F = 2.87$ ,  $p = 0.095$ ).

**Tabla 7.** Comparación de modelos aditivos generalizados (MAG) y modelos lineales (ML) para predecir la intensidad de uso de ámbito hogareño ( $n$ ) del zarapito pico largo en función de las combinaciones de variables ambientales (Bio01 - temperatura media anual, Bio12 - precipitación media anual, Bio10 - temperatura media del trimestre cálido y Bio18 - precipitación media del trimestre cálido). AIC = criterio de información de Akaike;  $\Delta$ AIC = diferencia de AIC respecto al mejor modelo; la desviación ( $D^2$ ) y la variación explicadas ( $R^2$ ) para cada modelo. Los modelos se ordenan según su  $\Delta$ AIC, destacando el modelo con el AIC más bajo como el de mejor ajuste. Se consideran igualmente parsimoniosos aquellos modelos con un  $\Delta$ AIC < 2. Se presentan los 10 modelos con los valores más bajos de AIC, seleccionados entre un total de 75 modelos evaluados.

<b>Tipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>AIC</b>	<b><math>\Delta</math>AIC</b>	<b><math>D^2</math> (%)</b>	<b><math>R^2</math> (%)</b>
MAG	$n \sim \text{Bio01} + \text{Bio10} + \text{Bio12} + \text{Bio18}$	1235.72	0.00	41.35	33.20
MAG	$n \sim \text{Bio01} + \text{Bio10} + \text{Bio18}$	1236.68	0.96	39.66	31.80
MAG	$n \sim \text{Bio01} + \text{Bio10}$	1237.88	2.16	37.03	30.00
MAG	$n \sim \text{Bio01} + \text{Bio10} + \text{Bio12}$	1238.86	3.14	37.93	29.90
MAG	$n \sim \text{Bio01}$	1239.51	3.79	36.53	28.90
MAG	$n \sim \text{Bio01} + \text{Bio12}$	1239.52	3.80	38.85	30.00
MAG	$n \sim \text{Bio01} + \text{Bio18}$	1240.54	4.82	38.16	29.10
MAG	$n \sim \text{Bio01} + \text{Bio12} + \text{Bio18}$	1240.64	4.92	39.27	29.60
MAG	$n \sim \text{Bio10} + \text{Bio12} + \text{Bio18}$	1248.04	12.32	29.80	20.80
ML	$n \sim \text{Bio01} + \text{Bio10} + \text{Bio12} + \text{Bio18}$	1249.29	13.57	19.60	15.07

## DISCUSIÓN

El tamaño promedio del ámbito hogareño para las tres temporadas no reproductivas (migración post reproductiva, estacional y pre reproductiva) fue de 429 km<sup>2</sup> (EE = 121.1), lo que resulta mayor que diversas estimaciones previas obtenidas en varios estados de la Unión Americana. Estas incluyen las temporadas reproductivas en California (0.013 km<sup>2</sup> y 0.075 km<sup>2</sup>; Colwell et al., 2002), Dakota del Sur (1.87 km<sup>2</sup> y 7.71 km<sup>2</sup>; Clark, 2006 en Fellows y Jones, 2009), así como en las temporadas no reproductivas en California (0.013 km<sup>2</sup> a 0.042 km<sup>2</sup>; Colwell et al., 2002), en Florida, EE. UU. (24.4 km<sup>2</sup>; Gabbard et al., 2001), y en las zonas costeras de la Península de Baja California y la costa occidental de México (157.9 km<sup>2</sup>; Coates, 2018).

La mayor extensión del ámbito hogareño durante la temporada no reproductiva, en comparación con la temporada reproductiva, podría explicarse por la necesidad de cubrir grandes áreas para localizar recursos alimenticios e hídricos escasos (Mace Ey Harvey, 1983; Jourdan et al., 2021; Peng et al., 2023). Esta hipótesis se ve reforzada por la tendencia que presentan individuos de poblaciones en declive de exhibir ámbitos hogareños invernales más extensas que individuos de poblaciones estables (Knight et al., 2025). Por último, la tendencia a un ámbito hogareño invernal de mayor extensión también puede reflejarse en la cantidad de ámbitos hogareños con tamaños de muestra efectivos por debajo del valor recomendado de  $N = 5$  (Silva et al., 2022), ya que el tamaño de muestra efectivo se refiere al número de veces que un individuo atraviesa su ámbito hogareño durante el periodo de observación (Fleming y Calabrese, 2017).

La diferencia con respecto a otras estimaciones durante las temporadas no reproductivas podría deberse en parte, a las características de las zonas evaluadas. Las estimaciones para California (Colwell et al., 2002), Florida (Gabbard et al., 2001), Península de Baja California y la costa occidental de México (Coates, 2018) corresponden a regiones que, probablemente pueden satisfacer requerimientos energéticos de las aves en un espacio relativamente reducido (Coates, 2018), o bien, a zonas con individuos más territoriales, lo que restringe el tamaño del AH (Colwell y Mathis, 2001).

Por otro lado, el tamaño promedio del AH estimado en este estudio fue inferior a una estimación previa para áreas del interior de México (1,943.8 km<sup>2</sup>; Coates, 2018) y similar a la reportada para el Desierto Chihuahuense (255.1 km<sup>2</sup>; Olalla-Kerstupp et al., 2015b).

La variación en las extensiones estimadas también podría explicarse por las diferencias en los métodos empleados. Los modelos dinámicos de movimiento basados

en puentes brownianos (e.g., Coates, 2018) suelen incrementar la extensión del ámbito hogareño al incorporar conexiones entre áreas de uso intensivo que no son representadas por métodos como la estimación de kernel fijo (e.g., Olalla-Kerstupp et al., 2015b) o el estimador de densidad kernel autocorrelacionado, empleado en el presente estudio.

Por su parte, el área núcleo promedio estimada en este trabajo (75.3 km<sup>2</sup>) fue similar a la reportada para el interior de México (89.9 km<sup>2</sup>; Coates, 2018), lo que refleja una tendencia consistente en la extensión de áreas de uso intensivo.

Los cuatro sitios de importancia para el zarapito pico largo se localizan en tres de los cuatro estados considerados en este estudio y forman parte de las siete áreas reconocidas como zonas no reproductivas primarias para la especie (Fellows y Jones, 2009). Cabe destacar que la selección de estos cuatro sitios se basó en el nivel de traslape entre los ámbitos hogareños estimados, lo que refleja la fidelidad de sitio tanto intra como interanual (Coates, 2018; Handmaker et al., 2024). Esto sugiere un uso constante de los mismos sitios, principalmente por los mismos individuos, a lo largo de una misma temporada no reproductiva (incluyendo las migraciones post y pre-reproductiva, así como la temporada estacional) y entre temporadas. Esta selección excluyó áreas que fueron utilizadas solo durante una temporada, así como zonas adyacentes a los ámbitos hogareños que presentaron poco o nulo traslape. No obstante, estas áreas también podrían desempeñar un papel relevante en la conservación del zarapito pico largo.

La identificación de campos agrícolas como los principales hábitats con registros del zarapito pico largo resulta particularmente relevante en el contexto de la creciente expansión agrícola en el Desierto Chihuahuense (DCh) de México (Hruska, 2019). En esta región, la superficie destinada a la agricultura ha aumentado un 50% (8.54 km<sup>2</sup>) en los últimos 30 años (Rangel, 2019) en el noreste, e incluso se ha triplicado en zonas clave del noroeste.

Se ha propuesto una relación causal entre la expansión agrícola y la ampliación del área de distribución reproductiva del zarapito pico largo en Nevada, EE. UU. (Oring y Hartman, 2006; Hartman y Oring, 2009). Asimismo, se ha identificado a los cultivos de regadío, particularmente de alfalfa, como hábitats importantes para individuos que pasan su temporada no reproductiva en el Valle Central de California (Shuford et al., 2009; 2013; Sesser, 2013). Estos cultivos llegan a ser el hábitat dominante dentro del ámbito hogareño de la especie durante la temporada no reproductiva en zonas no costeras (e.g., Coates, 2018). Además, en el DCh, los cultivos de regadío son el principal hábitat utilizado para el forrajeo durante el invierno (Olalla-Kerstupp et al., 2015a), ya que

concentran recursos clave, como agua y alimento, que suelen ser escasos en los paisajes áridos de esta ecorregión.

Por otro lado, el uso de pastizales halófilos por parte de esta especie de ave playera parece ser exclusivo del DCh, con registros previos únicamente en esta región (Olalla et al., 2015a). Esto podría explicarse porque la distribución geográfica de este tipo de pastizales está restringida a esta región de México dentro de Norteamérica, ya que están ausentes en zonas de EE. UU. y Canadá (Wiken et al., 2011). Sin embargo, el uso de estos pastizales podría estar más relacionado con sus características estructurales como la dominancia de pastos de baja altura que con su naturaleza halófila. Esta hipótesis se refuerza considerando que hábitats similares, como pastizales abiertos de baja altura, también son utilizados como áreas de forrajeo durante la temporada reproductiva del zarapito (Kantrud y Kologiski, 1982; Redmon y Jenni, 1986; Pampush y Anthony, 1993).

La preferencia por estructuras de baja altura también parece manifestarse en hábitats agrícolas, donde la mayoría de los individuos registrados se asocian a cultivos con alturas de 10 cm o menos (Shuford y Page, 2013). Esta estructura de bajo perfil vertical podría facilitar el forrajeo, especialmente para un ave con un pico largo como el del zarapito, además de mejorar la visibilidad de presas potenciales (Redmon, 1985; Dugger y Dugger, 2020).

Por último, los registros del zarapito pico largo en vegetación secundaria coinciden con lo reportado para la especie en el extremo sudeste del DCh, donde se ha documentado su uso de hábitats dominados por herbáceas como el cardo ruso (*Salsola [Kali] tragus*) y la arúgula del Mediterráneo (*Eruca vesicaria*). En estas áreas se ha encontrado mayor biomasa de presas potenciales en comparación con pastizales halófilos asociados a colonias de perrito llanero y hábitats agrícolas (Olalla-Kerstupp et al., 2015a; 2020).

Este tipo de vegetación secundaria es intermitente y representa una etapa intermedia de sucesión ecológica, que se da entre parcelas agrícolas recientemente abandonadas y hábitats de matorral-pastizal o pastizales cortos. Es posible que el zarapito utilice este hábitat en sus fases intermedias de desarrollo, particularmente entre los 4 y 6 años de abandono, cuando las herbáceas son bajas, la cobertura es relativamente escasa y hay poca o nula presencia de arbustos (Carmona-Gómez, 2023; González-Alanís, 2024). Cabe destacar que el uso de este tipo de hábitats no ha sido documentado fuera del DCh de México.

## CONCLUSIONES

Mis resultados respaldan la idea de que la distribución no reproductiva del zarapito pico largo en el Desierto Chihuahuense (DCh) está determinada por características específicas del hábitat, evidenciado por la alta fidelidad intra e interanual en sitios prioritarios como Cuauhtémoc, Delicias, Gómez Palacio y Torreón. Estos lugares, con constantes traslapes en ámbitos hogareños, reflejan la dependencia de la especie de recursos dispersos en paisajes áridos, lo que explica el tamaño promedio del ámbito hogareño (429 km<sup>2</sup>), significativamente mayor al reportado en otras regiones. Este hallazgo resalta la necesidad de conservar corredores ecológicos que faciliten sus movimientos estacionales en ambientes con recursos limitados.

Es interesante notar que, a pesar de la gran extensión del Desierto Chihuahuense, los zarapitos pico largo utilizan solo una pequeña porción de esta región, seleccionando áreas que les proporcionan los recursos necesarios para completar su ciclo anual. En este contexto, las zonas de agricultura de riego en Torreón y Delicias juegan un papel clave, ya que no solo ofrecen agua y alimento durante la temporada no reproductiva, sino que también funcionan como refugios esenciales para la especie. Sin embargo, esta dependencia de hábitats modificados por el ser humano, particularmente cultivos como la alfalfa, que abarcan el 72.95% del uso de suelo en zonas clave, implica riesgos importantes, como la contaminación por plaguicidas y la vulnerabilidad ante cambios en prácticas agrícolas; factores que podrían explicar el ya registrado declive de la especie en la región (Knight et al., 2025).

Además, se identificó un comportamiento ecológico exclusivo en el DCh: el uso de pastizales halófilos, ecosistemas restringidos geográficamente y desprotegidos, que requieren medidas urgentes de conservación debido a su papel único en la ecología de la especie. Estos resultados refuerzan la necesidad de generar programas de manejo que integren buenas prácticas agrícolas en beneficio tanto del zarapito pico largo como del sector productivo.

Las variables ambientales, especialmente la temperatura media anual (Bio1) y la precipitación del trimestre cálido (Bio18), mostraron una influencia significativa en la intensidad de uso del hábitat, lo que sugiere que alteraciones climáticas podrían afectar la idoneidad futura de estos sitios. A esto se suma un desafío central: solo el 6% de la extensión de los principales sitios no reproductivos identificados coincide con esquemas

de protección existentes, como el AICAS Laguna de Bustillos, lo que evidencia vacíos en las políticas actuales de conservación.

En resumen, la persistencia del zarapito pico largo en el norte de México depende de un equilibrio frágil entre la disponibilidad de recursos en hábitats naturales y antropizados. La alta fidelidad a sitios específicos, el uso intensivo de zonas agrícolas de riego y la selección de pastizales halófilos confirman que la distribución y presencia de la especie en la región están influenciadas por la estructura del paisaje y la disponibilidad de recursos. Además, estos hallazgos coinciden con la hipótesis de que existe una asociación significativa entre los sitios no reproductivos y las características del hábitat.

Este trabajo resalta la urgencia de implementar estrategias de manejo adaptativo que integren prácticas agrícolas sostenibles, protección de pastizales halófilos y ampliación de áreas prioritarias, mitigando así amenazas tanto antropogénicas como climáticas en uno de los corredores biológicos más críticos para aves playeras migratorias. La identificación de hábitats prioritarios, la estimación del ámbito hogareño y el análisis de las variables ambientales aportan información clave para el diseño de estrategias de conservación basadas en evidencia científica. Asegurar la conectividad de los paisajes, fortalecer los esquemas de protección y fomentar la coexistencia entre la biodiversidad y las actividades productivas será fundamental para la permanencia del zarapito pico largo en el norte de México.

## **PERSPECTIVAS**

El estudio del zarapito pico largo en el norte de México abre múltiples líneas de investigación para comprender mejor la ecología de especies migratorias en paisajes antropizados. Un aspecto clave es la evaluación de la dinámica temporal del uso de hábitat a lo largo de las décadas, considerando cómo la disponibilidad de recursos hídricos y agrícolas influye en la distribución y abundancia de la especie. Analizar estas variaciones permitiría estimar su resiliencia ante escenarios de cambio climático y transformación acelerada del suelo, especialmente en el Desierto Chihuahuense (DCh), donde la expansión agrícola y la desertificación representan amenazas crecientes.

Una prioridad es profundizar en los requerimientos ecológicos del zarapito pico largo en distintas fases de su ciclo migratorio, particularmente en la selección de sitios de descanso y alimentación. Comparar la calidad nutricional de hábitats clave, como cultivos de alfalfa

frente a pastizales halófilos, permitiría evaluar su impacto en la condición física de los individuos mediante el uso de biomarcadores o telemetría de alta resolución. Además, es fundamental estudiar la conectividad funcional entre los sitios no reproductivos, identificando cómo la fragmentación del hábitat afecta la movilidad y supervivencia de la especie, lo que contribuiría al diseño de corredores ecológicos efectivos.

Asimismo, se requiere un análisis más detallado del papel de las prácticas agrícolas en la configuración de los ámbitos hogareños de la especie. Examinar cómo los ciclos de riego, los tipos de cultivos o el uso de agroquímicos influyen en la disponibilidad de presas y la selección de microhábitats podría aportar información clave para el desarrollo de estrategias de manejo. La integración de enfoques socioecológicos también sería relevante para comprender la percepción de los actores locales respecto a la conservación del zarapito pico largo, promoviendo modelos de agricultura sustentable que equilibren productividad y biodiversidad.

Estas perspectivas no solo contribuirán a un mejor entendimiento de la ecología de la especie, sino que también ofrecerán herramientas para mitigar riesgos en un escenario de transformación ambiental global. La integración de estudios interdisciplinarios será clave para garantizar la persistencia del zarapito pico largo y otras aves migratorias neárticas en paisajes cada vez más humanizados.

## LITERATURA CITADA

- Anderson, D. R., Burnham, K. P., y White, G. C. (1998). Comparison of Akaike information criterion and consistent Akaike information criterion for model selection and statistical inference from capture-recapture studies. *Journal of Applied Statistics*, 25(2), 263-282. <https://doi.org/10.1080/02664769823250>
- Angarita-Báez, J. A. y Carlos, C. J. (2023). Foraging behavior of migratory shorebirds during non-breeding periods in the Americas: a review. *Ornithology Research*, 31(2), 141-151. <https://doi.org/10.1007/s43388-023-00125-5>
- Barton, M. G., Martay, B., Hereward, H. F. R., Pearce-Higgins, J. W., Robinson, R. A., Scott, S. E. y Williams, J. M. (2023). Climate change and migratory species: a review of impacts, conservation actions, indicators and ecosystem services. Part 2 – Conserving migratory species in the face of climate change. JNCC, Peterborough, ISBN 978-0-86139-002-1. Disponible en: <https://www.cms.int/sites/default/files/publication/Climate%20change%20%26%20migratory%20species%20-%20Part%202.pdf>
- BirdLife International. (2016). *Numenius americanus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T22693195A93390204. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22693195A93390204.en>.
- Blus, L. J., Henny, C. J., y Krynitsky, A. J. (1985). Organochlorine-induced mortality and residues in Long-billed Curlews from Oregon. *The Condor*, 87(4), 563-565. <https://doi.org/10.2307/1367968>
- Börger, L. (2022). Core Area. In *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior* (pp. 1722-1724). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-55065-7\\_668](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55065-7_668)
- Burt, W. H. (1943). Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of mammalogy*, 24(3), 346-352. <https://doi.org/10.2307/1374834>
- Canadian Endangered Species Conservation Council. (2022). *Wild Species 2020: The General Status of Species in Canada*. National General Status Working Group. Disponible en <https://www.wildspecies.ca/reports>. Consultado el 1 de octubre de 2024.
- Cannings, R. J. (1999). *Status of the long-billed curlew in British Columbia*. British Columbia, Wildlife Branch. Disponible en <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=d2a9be132a9c6>

[c092d888aa4d31ece256c3a5fcd](https://doi.org/10.2307/1522032). Consultado el 1 de octubre de 2024.

- Carmona-Gómez, E. (2023). *Efectos de la sucesión vegetal secundaria post-cultivo sobre la densidad poblacional del gorrión altiplanero (Spizella wortheni) durante la temporada reproductiva*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas.
- Coates, S. E. (2018). *Building the Full Annual Cycle Picture for Long-billed Curlews: Correlates of Nest Success in the Breeding Grounds and Spatial Distribution and Site Fidelity in the Wintering Grounds*. Tesis de maestría. Boise State University.
- Colwell, M. A., & Mathis, R. L. (2001). Seasonal variation in territory occupancy of non-breeding Long-billed Curlews in intertidal habitats. *Waterbirds*, 208-216. <https://doi.org/10.2307/1522032>
- Colwell, M. A., Mathis, R. L., Leeman, L. W. y Leeman, T. S. (2002). Space use and diet of territorial long-billed curlews (*Numenius americanus*) during the non-breeding season. *Northwestern Naturalist*, 47-56. <https://doi.org/10.2307/3536905>
- CONANP. (2013). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Janos*. SEMARNAT/CONANP. México, D.F. Disponible en [https://simec.conanp.gob.mx/pdf\\_libro\\_pm/26\\_libro\\_pm.pdf](https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/26_libro_pm.pdf). Consultado el 1 de octubre de 2024.
- Dark-Smiley, D. N. y Keinath, D. A. (2004). *Species Assessment for Long-Billed Curlew (Numenius americanus) in Wyoming*. Prepared for the USDI Bureau of Land Management Wyoming State Office, Cheyenne, by the Wyoming Natural Diversity Database, Laramie, WY, USA. 59pp. Disponible en: <https://www.uwyo.edu/wyndd/files/docs/reports/speciesassessments/long-billedcurlew-jan2004.pdf>
- Dieni, J. S., Howe, W. H., Jones, S. L., Manzano-Fischer, P. y Melcher, C. P. (2003). New information on wintering birds of northwestern Chihuahua. *American Birds*, 103, 26-31.
- Dugger, B. D. y Dugger, K. M. (2020). Long-billed Curlew (*Numenius americanus*), version 1.0. En Polle, A.F. y Gill, F.B. (Editores) *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.lobcur.01>
- Environment Canada. (2013). *Management Plan for the Long-billed Curlew (Numenius americanus) in Canada*. Species at Risk Act Management Plan Series. Environment Canada, Ottawa. iii + 24 pp. Disponible en [https://www.sararegistry.gc.ca/virtual\\_sara/files/plans/mp\\_long\\_billed\\_curlew\\_e\\_fi](https://www.sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/plans/mp_long_billed_curlew_e_fi)

[nal.pdf](#). Consultado el 1 de octubre de 2024.

- Fellows, S. y Jones, S. (2009). *Status assessment and conservation action plan for the Long-Billed Curlew* (Numenius americanus). U.S. Department of Interior, Fish and Wildlife Service, Biological Technical Publication, FWS/BTP-R60122009, Washington, D.C. Disponible en: [https://whsrn.org/wp-content/uploads/2019/02/statusassessment\\_conservationactionplan\\_lbcu.pdf](https://whsrn.org/wp-content/uploads/2019/02/statusassessment_conservationactionplan_lbcu.pdf)
- Fieberg, J., & Kochanny, C. O. (2005). Quantifying home-range overlap: the importance of the utilization distribution. *The Journal of Wildlife Management*, 69(4), 1346-1359. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2005\)69\[1346:QHOTIO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2005)69[1346:QHOTIO]2.0.CO;2)
- Fink, D., Auer, T., Johnston, A., Strimas-Mackey, M., Ligocki, S., Robinson, O., Hochachka, W., Jaromczyk, L., Crowley, C., Dunham, K., Stillman, A., Davies, I., Rodewald, A., Ruiz-Gutierrez, V. y Wood, C. (2023). eBird Status and Trends, Data Version: 2022; Released: 2023. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. <https://doi.org/10.2173/ebirdst.2022>
- Fleming C.H. y Calabrese J. M. (2023). *ctmm: Continuous-Time Movement Modeling*. R package version 1.2.0. <https://CRAN.R-project.org/package=ctmm>
- Fleming, C. H. y Calabrese, J. M. (2017). A new kernel density estimator for accurate home-range and species-range area estimation. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(5), 571-579. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12673>
- Fleming, C. H., Fagan, W. F., Mueller, T., Olson, K. A., Leimgruber, P. y Calabrese, J. M. (2015). Rigorous home range estimation with movement data: a new autocorrelated kernel density estimator. *Ecology*, 96(5), 1182-1188. <https://doi.org/10.1890/14-2010.1>
- Fleming, C. H., Sheldon, D., Fagan, W. F., Leimgruber, P., Mueller, T., Nandintsetseg, D., ... y Calabrese, J. M. (2018). Correcting for missing and irregular data in home-range estimation. *Ecological Applications*, 28(4), 1003-1010. <https://doi.org/10.1002/eap.1704>
- Gabbard, C., Sprandel, G., y Cobb, D. (2001). Home range analyses of shorebirds wintering along the Gulf of Mexico, Florida, USA. *BULLETIN-WADER STUDY GROUP*, 96, 79-84. Disponible en <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/iwsgb/v096/p00079-p00084.pdf>. Consultado del 6 de octubre 2024.
- González-Alanís, D. L. (2024). *Diversidad de aves asociada a las parcelas agrícolas y a la sucesión secundaria posterior en el Área Prioritaria para la Conservación de*

*Pastizales El Tokio*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas.

- Handmaker, M. C., Sanders, F. J., Smith, A. D., Shealy, E. P., Fontaine, N., Kaplin, M. B., ... & Senner, N. R. (2024). Individual foraging site fidelity persists within and across stopover seasons in a migratory shorebird, *Numenius phaeopus* (Whimbrel). *Ornithology*, ukae021. <https://doi.org/10.1093/ornithology/ukae021>
- Harrison, A. L., Stenzel, C., Anderson, A., Howell, J., Lanctot, R. B., Aikens, M., ... y Wunder, M. B. (2024). The collective application of shorebird tracking data to conservation. *bioRxiv*, 2024-01. <https://doi.org/10.1101/2024.01.30.576574>
- Hartman, C. A., & Oring, L. W. (2009). Reproductive success of Long-billed Curlews (*Numenius americanus*) in northeastern Nevada hay fields. *The Auk*, 126(2), 420-430. <https://doi.org/10.1525/auk.2009.08062>
- Howell, S. N. G. y Webb S. (1995). *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press, New York, NY, USA.
- Hruska, T. (2020). Evolving patterns of agricultural frontier expansion in Mexico's Chihuahuan Desert: a political ecology approach. *Journal of Land Use Science*, 15(2-3), 270-289. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2019.1646332>
- Jenni, D. A., Bammann, A., Bibles, D., Bicak, T. K., Kochert, M. N., Rath, M., ... y Tripp, A. (1981). Behavioral ecology and habitat relationships of Long-billed Curlew in western Idaho. Department of Interior: Bureau of Land Management, Boise, ID. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.153821>
- Jourdan, C., Fort, J., Pinaud, D., Delaporte, P., Gernigon, J., Guenneteau, S., ... & Bocher, P. (2021). Highly diversified habitats and resources influence habitat selection in wintering shorebirds. *Journal of Ornithology*, 162(3), 823-838. <https://doi.org/10.1007/s10336-021-01873-1>
- Kantrud, H. A., & Kologiski, R. L. (1982). *Effects of soils and grazing on breeding birds of uncultivated upland grasslands of the northern Great Plains* (No. 15, pp. 0-33). US Fish and Wildlife Service. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/publication/2002363>
- Knight, E. C., Carlisle, J., Boyce, J., Bradley, D., Cimprich, P., Coates, S., Dinmore, J., Gregory, C. J., Jorgensen, J. G., Kelly, J. F., Newstead, D., Olalla, A., Powell, L. A., Scarpignato, A. L., Tibbitts, T. L., Warnock, N., Wehtje, W., Marra, P. P., & Harrison, A.-L. (2025). Delineating ecologically distinct groups for annual cycle management of a declining shorebird. *Journal of Applied Ecology*, 00, 1–14. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14885>

- Mace, G. M., & Harvey, P. H. (1983). Energetic constraints on home-range size. *The American Naturalist*, *121*(1), 120-132. <https://doi.org/10.1086/284043>
- Manzano-Fischer, P., List, R., Ceballos, G. y Cartron, J. L. E. (2006). Avian diversity in a priority area for conservation in North America: the Janos-Casas Grandes Prairie Dog Complex and adjacent habitats in northwestern Mexico. *Biodiversity & Conservation*, *15*, 3801-3825. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-5408-7>
- Manzano-Fischer, P., List, R., y Ceballos, G. (1999). Grassland birds in prairie-dog towns in northwestern Chihuahua, Mexico. *Studies in Avian Biology*, *19*, 263-271. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Gerardo-Ceballos-3/publication/267325679\\_Grassland\\_birds\\_in\\_prairie-dog\\_towns\\_in\\_northwestern\\_Chihuahua\\_Mexico/links/5852205008aef7d030a2a402/Grassland-birds-in-prairie-dog-towns-in-northwestern-Chihuahua-Mexico.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gerardo-Ceballos-3/publication/267325679_Grassland_birds_in_prairie-dog_towns_in_northwestern_Chihuahua_Mexico/links/5852205008aef7d030a2a402/Grassland-birds-in-prairie-dog-towns-in-northwestern-Chihuahua-Mexico.pdf)
- Marra, P. P., Cohen, E. B., Loss, S. R., Rutter, J. E., y Tonra, C. M. (2015). A call for full annual cycle research in animal ecology. *Biology letters*, *11*(8), 20150552. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0552>
- Mokany, K., Ware, C., Woolley, S. N., Ferrier, S., y Fitzpatrick, M. C. (2022). A working guide to harnessing generalized dissimilarity modelling for biodiversity analysis and conservation assessment. *Global Ecology and Biogeography*, *31*(4), 802-821. <https://doi.org/10.1111/geb.13459>
- Navarro-Sigüenza A.G. (2024) Atlas de las Aves de México: Fase II. Version 1.15. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/r6h87s>
- Nice, M. M. (1941). The role of territory in bird life. *American midland naturalist*, 441-487. <https://doi.org/10.2307/2420732>
- Noble, G. K. (1939). The role of dominance in the social life of birds. *The Auk*, 263-273. <https://doi.org/10.2307%2F4079047>
- Olalla-Kerstupp, A., Ruiz-Aymá, G., González-Rojas, J. I., y Guzmán-Velasco, A. (2015a). Using satellite telemetry to identify long-billed curlew winter habitat use in the southeastern corner of the Chihuahuan Desert (Mexico). *The American Midland Naturalist*, *174*(1), 117-131. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-174.1.117>
- Olalla-Kerstupp, A., Ruiz-Aymá, G., González-Rojas, J. I., y Guzmán-Velasco, A. (2015b). High fidelity to wintering, stop-over and breeding sites shown by a Long-billed Curlew *Numenius americanus* tracked with satellite telemetry on migratory flights across North America. *Bird Study*, *62*(4), 556-560.

<https://doi.org/10.1080/00063657.2015.1073678>

- Olalla-Kerstupp, A., Ruiz-Aymá, G., Guzmán-Velasco, A., y González-Rojas, J. I. (2020). Winter diet and prey availability of the long-billed curlew (*Numenius americanus*) in the Chihuahuan Desert, Mexico. *Natural Areas Journal*, 40(3), 228-236. <https://doi.org/10.3375/043.040.0319>
- Oring, L. W., & Hartman, C. A. (2006). Hayfields in the American west: critical habitat for highly imperiled Long-billed Curlews. *Wader Study Group Bulletin*, 109, 31. Disponible en: <https://www.waderstudygroup.org/article/3142/>
- Pampush, G. J., & Anthony, R. G. (1993). Nest success, habitat utilization and nest-site selection of Long-billed Curlews in the Columbia Basin, Oregon. *The Condor*, 95(4), 957-967. <https://doi.org/10.2307/1369431>
- Partners in Flight. (2024). Avian Conservation Assessment Database, version 2024. Disponible en <http://pif.birdconservancy.org/ACAD>. Consultado el 30 de septiembre de 2024.
- Peng, H. B., Choi, C. Y., Ma, Z., Bijleveld, A. I., Melville, D. S., & Piersma, T. (2023). Individuals of a group-living shorebird show smaller home range overlap when food availability is low. *Movement Ecology*, 11(1), 70. <https://doi.org/10.1186/s40462-023-00427-9>
- R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rangel-Reséndez, D. M. (2019). *Fragmentación y cambio en el uso de suelo y vegetación en el área de distribución del Gorrión Altiplanero (Spizella wortheni)*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Redmond, R. L. (1986). Egg size and laying date of long-billed curlews *Numenius americanus*: implications for female reproductive tactics. *Oikos*, 330-338. <https://doi.org/10.2307/3565831>
- Redmond, R. L., & Jenni, D. A. (1986). Population ecology of the Long-billed Curlew (*Numenius americanus*) in western Idaho. *The Auk*, 103(4), 755-767. <https://doi.org/10.1093/auk/103.4.755>
- Rodríguez-Vásquez, F., y Taylor, C. (2024). An overview of the drivers of performance in nonbreeding Nearctic–Neotropical migratory songbirds. *Ornithology*, ukae018. <https://doi.org/10.1093/ornithology/ukae018>
- Rosenberg, K. V., Dokter, A. M., Blancher, P. J., Sauer, J. R., Smith, A. C., Smith, P. A., ... y Marra, P. P. (2019). Decline of the North American avifauna. *Science*, 366(6461),

- 120-124. <https://doi.org/10.1126/science.aaw1313>
- Saalfeld, S. T., Conway, W. C., Haukos, D. A., Rice, M., Jones, S. L. y Fellows, S. D. (2010). Multiscale habitat selection by Long-billed Curlews (*Numenius americanus*) breeding in the United States. *Waterbirds*, 33(2), 148-161. <https://doi.org/10.1675/063.033.0203>
- Salinas-Rodríguez, M. M. (2006). Poblaciones no-reproductivos de tres especies de aves: *Athene cunicularia*, *Charadrius montanus* y *Numenius americanus*: en la región de los pastizales de Janos, Chihuahua, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Samuel, M. D., Pierce, D. J., & Garton, E. O. (1985). Identifying areas of concentrated use within the home range. *The Journal of Animal Ecology*, 711-719. <https://doi.org/10.2307/4373>
- Sedgwick, J. A. (2006). *Long-billed Curlew (Numenius americanus)—A technical conservation assessment*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Region, 56 p. Disponible en línea en: <https://pubs.usgs.gov/pp/1842/g/pp1842g.pdf>
- Sesser, K. A. (2013). *Habitat and space use by long-billed curlews (Numenius americanus) in California's Central Valley*. Tesis de maestría. Humboldt State University. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2148/1662>
- Shuford, W. D., Langham, G. M., Page, G. W., & Hickey, C. (2009). Distribution, abundance, and habitat use of Long-billed Curlews in California's Central Valley from broad scale surveys in 2007 and 2008. *Central Valley Bird Club Bulletin*, 12(2), 29-44. Disponible en: <https://www.cvbirds.org/wp-content/themes/cvbirds/files/V.12no.2/V.12no.2pp29-44..pdf>
- Shuford, W. D., Page, G. W., Langham, G. M., & Hickey, C. (2013). The importance of agriculture to Longbilled Curlews in California's Central Valley in fall. *Western Birds*, 44(3), 196-205. [https://archive.westernfieldornithologists.org/archive/V44/WB-44\(3\)-Shuford-Page\\_et\\_al.pdf](https://archive.westernfieldornithologists.org/archive/V44/WB-44(3)-Shuford-Page_et_al.pdf)
- Silva, I., Fleming, C. H., Noonan, M. J., Alston, J., Folta, C., Fagan, W. F., & Calabrese, J. M. (2022). Autocorrelation-informed home range estimation: A review and practical guide. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(3), 534-544. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13786>
- Species at Risk Act. (2002). Bill C-5. An act respecting the protection of wildlife species at risk in Canada. Disponible en <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/S-15.3/>.

Consultado el 1 de octubre de 2024.

- Stenzel, L. E., Huber, H. R. y Page, G. W. (1976). Feeding behavior and diet of the Long-billed Curlew and Willet. *The Wilson Bulletin*, 314-332. Disponible en: <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/wilson/v088n02/p0314-p0332.pdf>
- Tanner, E. P., Elmore, R. D., Fuhlendorf, S. D., Davis, C. A., Dahlgren, D. K., y Orange, J. P. (2017). Extreme climatic events constrain space use and survival of a ground-nesting bird. *Global Change Biology*, 23(5), 1832-1846. <https://doi.org/10.1111/gcb.13505>
- U.S. Fish and Wildlife Service. (2021). Birds of Conservation Concern 2021. United States Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, Migratory Birds, Falls Church, Virginia. Disponible en <https://www.fws.gov/sites/default/files/documents/birds-of-conservation-concern-2021.pdf>. Consultado el 1 de octubre de 2024.
- Watmough, M., y Schmoll, M. J. (2007). *Environment Canada's Prairie & Northern Region Habitat Monitoring Program phase II: recent habitat trends in the Prairie Habitat Joint Venture*. Edmonton, AB, Canada: Canadian Wildlife Service. Disponible en [https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2018/eccc/cw69-5/CW69-5-493-eng.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2018/eccc/cw69-5/CW69-5-493-eng.pdf). Consultado el 1 de octubre de 2024.
- Webster, J. D. (1984). Richardson's Mexican Collection: birds from Zacatecas and adjoining states. *The Condor*, 86(2), 204-207. <https://doi.org/10.2307/1367042>
- WHSRN. (2019, febrero 15). Llano de la Soledad. [https://whsrn.org/whsrn\\_sites/llano-de-la-soledad/](https://whsrn.org/whsrn_sites/llano-de-la-soledad/). Consultado el 1 de octubre de 2024.
- Wiken, E., Nava, F. J., & Griffith, G. (2011). North American terrestrial ecoregions—level III. *Commission for Environmental Cooperation, Montreal, Canada*, 149. Disponible en línea en: <http://www.cec.org/files/documents/publications/10415-north-american-terrestrial-ecoregionslevel-iii-en.pdf>
- Winkler, D. W., Billerman, S. M., y Lovette, I. J. (2020). Sandpipers and Allies (*Scolopacidae*), version 1.0. En Billerman, S.M., Keeney, B.K., Rodewald, P.G. y Schulenberg, T.S. (Editores). *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.scolop2.01>
- Winner, K., Noonan, M. J., Fleming, C. H., Olson, K. A., Mueller, T., Sheldon, D., & Calabrese, J. M. (2018). Statistical inference for home range overlap. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(7), 1679-1691. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13027>
- Wood, S. (2017). *Generalized additive models: an introduction with R*. Chapman and

hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781315370279>

Wood, S. (2023). *Package 'mgcv'*. R package version 1.9-1. Disponible en línea en:  
<https://cran.r-project.org/web/packages/mgcv/mgcv.pdf>