



**INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C.**

POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Factores que influyen en la ocupación de hábitat en
la temporada de reproducción del gorrión de
Worthen (*Spizella wortheni*) en el Altiplano Potosino.

Tesis que presenta

Martha Valeria Velázquez Álvarez

Para obtener el grado de

Maestra en Ciencias Ambientales

**Director de la Tesis:
Dr. Leonardo Chapa Vargas**

San Luis Potosí, S.L.P., 12 septiembre de 2019.



Constancia de aprobación de la tesis

La tesis "Factores que influyen en la ocupación de hábitat en la temporada de reproducción del gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el Altiplano Potosino." presentada para obtener el Grado de Maestra en Ciencias Ambientales fue elaborada por **Martha Valeria Velázquez Álvarez** y aprobada el **12 de septiembre de 2019** por los suscritos, designados por el Colegio de Profesores de la División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Dr. Leonardo Chapa Vargas
Director

Dr. Joel David Flores Rivas
Asesor de tesis

Dr. Alberto Macías Duarte
Asesor de tesis

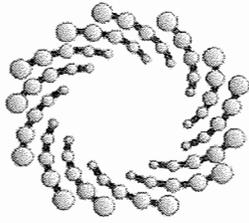


Créditos Institucionales

Esta tesis fue elaborada en la División de Ciencias Ambientales del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., bajo la dirección de Dr. Leonardo Chapa Vargas.

Durante la realización del trabajo el autor recibió una beca académica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (61429) y del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C.

Este trabajo pudo concretarse gracias al financiamiento del proyecto de Problemas Nacionales con clave PDCPN-2015-01-1628 titulado Relaciones Ecológicas entre aves y parásitos hemosporidios en un gradiente ambiental en el Centro de México.



IPICYT

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

Acta de Examen de Grado

El Secretario Académico del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., certifica que en el Acta 078 del Libro Primero de Actas de Exámenes de Grado del Programa de Maestría en Ciencias Ambientales está asentado lo siguiente:

En la ciudad de San Luis Potosí a los 24 días del mes de septiembre del año 2019, se reunió a las 11:00 horas en las instalaciones del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., el Jurado integrado por:

Dr. Leonardo Chapa Vargas
Dr. Joel David Flores Rivas

Presidente
Secretario

IPICYT
IPICYT

a fin de efectuar el examen, que para obtener el Grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS AMBIENTALES

sustentó la C.

Martha Valeria Velázquez Álvarez

sobre la Tesis intitulada:

Factores que influyen en la ocupación de hábitat en la temporada de reproducción del Gorrion de Worthen (Spizella wortheni) en el Altiplano Potosino

que se desarrolló bajo la dirección de

Dr. Leonardo Chapa Vargas

El Jurado, después de deliberar, determinó

APROBARLA

Dándose por terminado el acto a las 12:37 horas, procediendo a la firma del Acta los integrantes del Jurado. Dando fe el Secretario Académico del Instituto.

A petición de la interesada y para los fines que a la misma convengan, se extiende el presente documento en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., México, a los 24 días del mes de septiembre de 2019.

Dr. Marcial Bonilla Marín
Secretario Académico

Mtra. Ivonne Lizette Cuevas Vélez
Jefa del Departamento del Posgrado



Dedicatoria

A mi madre Martha Álvarez, quien me apoya incondicionalmente y confió en mí a lo largo de mi vida, sin ella no hubiera llegado a la meta.

A mi padre Antonio Velázquez, que siempre confió en que puede realizar todo lo que me propongo.

A John, Sujail, Alejandro y Rodrigo, mis hermanos que siempre estuvieron al pendiente y dispuestos a ayudarme.

Principalmente, a mi hermano Sujail por ser mi guía en este viaje, por escucharme y sobre todo por enseñarme a nunca darme por vencida.

A Iker Velázquez por ser parte de mi vida, nunca te rindas.

A mis abuelitas, Aurora y Josefina por preocuparse por mí.

A mis amigas Sandra, Elda y Melissa porque estar conmigo en la distancia.

Finalmente, a mi vida académica en el IPICYT que me ayudó a crecer académicamente y personalmente para convertirme en una mejor persona.

Agradecimientos

Principalmente quiero agradecer a mi Director de tesis, Dr. Leonardo Chapa Vargas por todo el apoyo que me brindó en estos años, por no darse por vencido y por la enorme paciencia que tuvo conmigo. Por otra parte, por darme la oportunidad de conocer mis sitios de estudio y apoyarme incondicionalmente en las salidas a campo.

A José Romeo Tinajero Hernández por acompañarme y enseñarme en las salidas de campo para encontrar al gorrión de Worthen.

Al Chapa team, Gerardo, Antonio, Yeraldi, Larissa, Patricia, Guadalupe y Minerva siempre juntos en campo y en las caballerizas.

A mi comité: Dr. Joel y Dr. Alberto por sus comentarios y apoyo para la culminación de la tesis.

A todos los profesores que me formaron académicamente durante el posgrado, gracias por esta experiencia de montaña rusa.

A mis padres por su apoyo emocional y económico durante toda mi vida, sin ustedes no hubiera sido posible.

A Arcelia por su cariño y constante apoyo para lograr mis proyectos.

Por otra parte, me gustaría agradecer a Andrea, Carmen, Claudia, Edgar, Iván y Violeta, Mónica, Edgar y Valentina, Panchiviricks, Ricardo, Sandra, Saúl, Pancho y Neto, mis amigos que ahora son mi familia y gracias a su apoyo logré concluir esta etapa.

Especialmente a Francisco Calvillo (Panchivircks) por su apoyo incondicional y académico.

También quiero agradecer a todos mis amigos de la generación 2016-2018, Alexa, Alma, Anahí, Andrea, Azucena, Carmen, Caro, Chuy, Claudia, Dulce, Edgar, Francisco, Iván, Janette, Juanjo, Karime, Lilia, Mariana Candia, Mariana Valdez, Marisol, Mónica, Ricardo, Sandra, Saúl y Yeraldi, porque fuimos una generación única y unida.

Podría llenar mi tesis con agradecimientos, porque he sido bendecida por conocer muchas personas que me han brindado su cariño y apoyo a lo largo de este camino, gracias a todos mis amigos por permanecer.

No menos importante, a mis roomies Melissa, Gaby, Eva, Max y Montse por todo lo que significa compartir una vida en el mismo departamento.

Por último, me gustaría agradecer a Chema por brindarme todo su amor y paciencia en esta última etapa.

Finalmente, por mi paciencia y tenacidad.

Lista de tablas

Tabla 1. Comparación de modelos de ocupación de hábitat para el Gorrión de Worthen en el altiplano potosino en la temporada reproductiva de 2017.	33
Tabla 2. Estimación de parámetros promediados, errores estándar (EE), parámetros transformados a la escala original-exponenciados (Odd Ratio) y sus intervalos de confianza (IC) para los factores que explican la ocupación de hábitat por el gorrión de Worthen en el Altiplano Potosino.	34

Lista de figuras

Fig. 1. Fotografía del Gorrión de Worthen (<i>Spizella wortheni</i>). Por Romeo Tinajero.	17
Fig. 2. Mapa de los sitios de estudio donde se registró el gorrión de Worthen (<i>Spizella wortheni</i>) en el Altiplano Potosino.	22
Fig. 3. Fotografía de Santa Teresa en Ahualulco. De Valeria Velázquez.	23
Fig. 4. Fotografía de Santa Teresa en Ahualulco. De Valeria Velázquez.	23
Fig. 5. Registros totales del gorrión de Worthen y por sitio, Santa Teresa y San Juan del Tuzal.	29
Fig. 6. Registros totales del gorrión de Worthen por método sin considerar los registros del otro método. Puntos de conteo (PC) y uso de grabaciones del canto (GR).	30
Fig. 7. Registros totales del gorrión de Worthen para los modelos de ocupación, por sitio Santa Teresa (ST) y San Juan del Tuzal (TU) y por método de detección, por puntos de conteo (PC) y grabaciones (GR).	31
Fig. 8. Probabilidad de detección estimada del gorrión de Worthen por método puntos de conteo, uso de grabaciones del canto y ambos métodos combinados.	32
Fig. 9. Porcentaje de ocupación de hábitat por parte del gorrión de Worthen en Santa Teresa, Ahualulco (ST) vs San Juan del Tuzal, Charcas (TU) en San Luis Potosí.	35
Fig. 10. Efectos de densidad de yucas (A) y altura promedio de arbustos (B) sobre el porcentaje de ocupación de hábitat para el gorrión de Worthen en Santa Teresa, Ahualulco y San Juan del Tuzal, Charcas en San Luis Potosí.	36

Resumen

El Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*), es una especie endémica y amenazada del Altiplano Mexicano que se asocia a pastizales naturales y matorrales. Su rango de distribución ha disminuido significativamente en los últimos años, por lo que es importante determinar las variables que influyen sobre la presencia de la especie. El objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial efecto de las características de la vegetación sobre los patrones de ocupación de hábitat de la especie en la temporada de reproducción y proponer un método que garantice la mayor detectabilidad posible del gorrión de Worthen en la misma temporada. Mediante censos por puntos de conteo y con grabaciones del canto de la especie, se registró su presencia en 92 puntos, en los que también se realizaron mediciones de la vegetación incluyendo densidad y altura de arbustos, cobertura de gramíneas y densidad de yucas. El efecto de esas variables se evaluó mediante modelos de ocupación de hábitat. En el caso de las variables de vegetación, la ocupación incrementó cuando la densidad de yucas aumentó (rango= 0-25.5 yucas/ha). La ocupación también incrementó con la altura promedio de arbustos (rango= 0-2.5 m). Por lo tanto es posible que un manejo enfocado a estas variables promueva la conservación de esta y otras especies asociadas. La mayor probabilidad de detección total estimada fue del 78% y correspondió a la combinación de los dos métodos combinados (censos con puntos de conteo y censos con grabaciones del canto de la especie), por lo que se recomienda realizar tres repeticiones de los conteos utilizando ambos métodos para aumentar la detectabilidad.

Abstract

The Worthen's sparrow (*Spizella wortheni*) is an endemic, threatened species of the high Mexican plateau. It is associated to natural grassland and scrubland. Its distribution range has decreased significantly in recent years. Therefore, it is important to determine the variables that influence the presence of the species. The objective of the current study was to evaluate the potential effect of vegetation characteristics on habitat occupancy patterns by the species in the breeding season, and to propose a method that guarantees the highest possible detectability for the Worthen's sparrow in the breeding season. The presence of the species was recorded at 92 points through point counts, and through playbacks. In each count point, various vegetation measures were recorded, including shrub density and height, grass cover and yucca tree density. The effect of these variables was evaluated using habitat occupancy models. Occupancy increased with increasing yuca density (range = 0-25.5 yucas / ha), and with increasing mean shrub height (range = 0-2.5 m). Therefore, it is possible that a management focused on these variables would promote the conservation of this and other associated species. The estimated total detection probability was 78% and corresponded to the use of the two detection methods combined (count point and playbacks). Therefore, three replicate censuses using both methods combined would maximize the detectability.

Contenido

Constancia de aprobación de la tesis	2
Créditos institucionales	3
Acta de examen	4
Dedicatorias	5
Agradecimientos	6
Lista de tablas	7
Lista de figuras	8
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	12
Biología de la especie	17
Objetivos	20
Hipótesis	21
Metodología	22
Resultados	29
Discusión	37
Conclusiones	43
Referencias	44

Introducción

El impacto de las actividades humanas sobre el ambiente se ha acelerado, llevando a un gran número de especies a su extinción, y a muchas otras a estatus de amenazadas o al borde de la extinción (Wells 2010; Barnosky *et al.* 2011; Díaz *et al.* 2018). En las últimas décadas, el cambio de uso de suelo y el cambio climático han sido estudiados para determinar de qué manera afectan a los ecosistemas y como contribuyen a procesos como el de la extinción de especies (Jetz *et al.* 2007). Algunos estudios proyectan que aproximadamente el 25% de las áreas actualmente clasificadas como naturales serán transformadas debido al cambio climático y 9% debido a las conversiones del uso de la tierra (Jetz *et al.* 2007; Díaz *et al.* 2018).

En el grupo de las aves se calculaba que se extinguía una especie cada 100 años; a partir del año 1500 hasta 1900 aumentó la tasa de extinción a 30 especies cada 100 años, ya que se registró la extinción de 151 aves en este periodo (Wells 2010; Barnosky *et al.* 2011). Además, a partir de 1900, la tasa se duplicó hasta el punto en que 61 especies desaparecieron (Wells 2010; Barnosky *et al.* 2011). Además, el número de especies en estatus vulnerable es cada vez mayor. En la actualidad, en Norteamérica existen 5 especies de aves en peligro de extinción y 20 vulnerables solamente para los ecosistemas de pastizales o pastos asociados a arbustos (IUCN 2017).

En México existen extensas zonas de alta riqueza biológica y entre estas las áridas y semiáridas que cubren alrededor del 60% de la superficie total nacional (Palacio-Prieto *et al.* 2000) donde se encuentran un gran número de especies endémicas. Estas especies son muy relevantes en términos de su conservación, ya que se distribuyen solo en un área restringida, lo cual generalmente las hace muy vulnerables (Rzedowski 1978; Palacio-Prieto *et al.* 2000; Begon *et al.* 2006).

La vegetación natural dominante de estas zonas son los matorrales xerófilos (Rzedowski 1978), los cuales pueden existir en todo tipo de condiciones topográficas y presentan una composición florística variable a nivel de especies vegetales. En estas zonas también se presentan pastizales naturales (o zacatales,

Rzedowski 1966, 1978) los cuales poseen asociaciones vegetales dominadas por gramíneas, y composición de suelos que no se encuentran en otra comunidad vegetal de México (Rzedowski 1978).

Los matorrales y pastizales naturales figuran entre los ecosistemas más variables, debido a patrones de precipitación impredecibles entre años y regiones, y frecuentes disturbios por incendios y pastoreo (Rzedowski 1978; Brigs *et al.* 2005). Estos ecosistemas altamente dinámicos, proporcionan bienes y servicios que soportan a la flora, fauna y poblaciones humanas en todo el mundo (Rzedowski 1978; Brigs *et al.* 2005). Se estima que abarcan aproximadamente de 41 a 56 millones de km² o entre el 31-43% de la superficie terrestre (Whittaker y Likens 1975; Rzedowski, 1978; Atjay *et al.* 1979; Olson *et al.* 1983), y son utilizados intensamente por el hombre para fines de agricultura y ganadería (Brigs *et al.* 2005).

Los matorrales y pastizales del centro-norte de México, albergan una gran variedad de especies de aves migratorias y residentes, que se reúnen en invierno en grupos heteroespecíficos o monoespecíficos (Powell 1979, Hutto 1994, Latta y Wunderle 1996; Canales-Delgadillo *et al.* 2008).

Algunas especies de aves son dependientes obligadas de los tipos de vegetación de las zonas áridas y semiáridas y debido a los riesgos como el cambio de uso de suelo para producción agrícola y ganadera, las poblaciones de algunas de estas especies se enfrentan a distintos niveles de riesgo y algunas llegan a estar en peligro de extinción.

Las disminuciones de las poblaciones de aves se pueden atribuir parcialmente a las pérdidas de hábitats nativos, debido a la invasión de especies vegetales (Schlossberg y King 2010; Johnson e Igl 2015). Otro problema, en el caso particular de los pastizales, es la degradación debido a un manejo ganadero inadecuado, a la interrupción de los regímenes de perturbaciones naturales, así como a la invasión de vegetación leñosa y exótica. Además, en el caso del hábitat que implica la separación de grandes áreas contiguas de hábitat en parches más

pequeños que están aislados unos de otros (Vickery *et al.* 1994; Wiens 1995; Johnson y Winter 1999; Walk y Warner 1999; Johnson e Igl 2015). La fragmentación de hábitat se asocia con una menor disponibilidad de hábitat de reproducción adecuado para las aves de matorral (Askins 1993; Hagan 1993; Fink *et al.* 2006; King *et al.* 2009; Schlossberg *et al.* 2010). Debido a estas características es importante identificar las variables que afectan la presencia de las aves en estos ecosistemas y de esta manera poder implementar prácticas de manejo que promuevan la conservación de la biodiversidad para poder preservar su función de productividad para generaciones futuras.

Algunas aves de zonas áridas y semiáridas muestran una conducta nómada (Canales-Delgadillo *et al.* 2012), por lo que los individuos se mueven constantemente a través de los paisajes buscando áreas que presentan las mejores condiciones para la alimentación, apareamiento, construcción de nidos, puesta de huevos y eclosión (Anderson 1980; Dean 1997, 2004). Se cree que el desplazamiento de las aves es una respuesta adaptativa a la falta de cobertura vegetal, donde se reduce el traslape de nichos, evita la agresión intraespecífica, disminuye la probabilidad de depredación y facilita el proceso de forrajeo (Powell 1979; Hutto 1994; Latta y Wunderle 1996; Canales-Delgadillo *et al.* 2008).

Una de las especies de aves cuyas poblaciones figuran entre las vulnerables es el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) (Estrada *et al.* 2010). Esta es una especie endémica del altiplano mexicano que históricamente se asocia a pastizales naturales que se presentan en asociación con arbustos pequeños (Wege *et al.* 1993; De León *et al.* 2007; Scott *et al.* 2008; Scott *et al.* 2017; BirdLife International 2019). Actualmente esta especie es considerada como amenazada (NOM-059-2010) y en peligro de extinción (Birdlife International 2019). Una de las posibles causas de que el Gorrión de Worthen se encuentre en una situación vulnerable es la reducción severa de su hábitat debido principalmente al establecimiento de la agricultura y al sobrepastoreo por ganado doméstico (Wege *et al.* 1993).

La información para la especie es limitada y poco precisa, para su rango de distribución existen estimaciones que varían desde los 25 km² hasta los 17,000 km² (Wege *et al.* 1993; De León *et al.* 2007; Scott *et al.* 2008; Scott *et al.* 2017; BirdLife International 2019).

Para 2013 se estimó una población de 632 individuos con una proporción de sexos de 1:1 (Scott *et al.* 2017). No existen reportes más recientes del tamaño de la población, pero se han reportado poblaciones para la especie en sitios alejados del rango de distribución reconocida en 2013 (Canales-Delgadillo *et al.* 2015). En este contexto, al tratarse de una especie en peligro de extinción, es importante desarrollar los métodos más eficientes posibles para su detección y monitoreo, particularmente los métodos que hacen uso de grabaciones de cantos de la especie.

El gorrión de Worthen utiliza los matorrales densos y bajos para refugio y anidación, y las áreas abiertas de pastizal bajo para forrajeo (Behrstock *et al.* 1997; De León *et al.* 2007). Estudios anteriores reportan distintos tipos de hábitat para la época reproductiva como matorral micrófilo o matorral rosetófilo con diferente composición vegetal (De León *et al.* 2007; Canales-Delgadillo *et al.* 2015; Velasco 2015).

Sin embargo, son pocos los estudios que se han llevado a cabo con esta especie, y no existen estimaciones relacionadas con el efecto que la estructura vegetal tiene sobre su densidad poblacional a pesar de que esta información es crucial para poder implementar acciones que promuevan su viabilidad. De esta forma, se requieren estudios que desarrollen modelos de calidad de hábitat mediante la determinación de las características óptimas de hábitat para la especie.

La evidencia que existe hasta el momento, indica que para entender los factores que afectan a las aves de matorral o pastizal, es necesario tomar en cuenta aspectos de la estructura y composición del paisaje, así como los relacionados con la estructura y composición de la vegetación (Niemi y Hanowski 1984, Hagan

y Meehan 2002, MacFaden y Capen 2002, Confer y Pascoe 2003), y esta necesidad incluye al gorrión.

Existen estudios, por ejemplo que sugieren que para las aves de zonas arbustivas es importante la estructura de la vegetación para la selección de hábitats (Niemi y Hanowski 1984; Hagan y Meehan 2002; MacFaden y Capen 2002; Confer y Pascoe 2003). Según la altura de la vegetación o la cobertura de arbustos, las aves pueden seleccionar hábitats porque están relacionados con los sitios de alimentación, anidación y seguridad contra depredadores (Sabo 1980; Brodmann *et al.* 1997; Martin 1998; Clark y Shutler 1999).

En este contexto, el presente estudio pretende determinar el efecto de las características de la vegetación (tales como densidad de arbustos, altura promedio de arbustos, cobertura de gramíneas y cobertura de yucas) sobre los patrones de ocupación del hábitat por parte del Gorrión de Worthen.

Biología de la especie

El gorrión de Worthen se encuentra en la familia passerellidae, llega a medir entre 12-14cm de color marrón con los ojos delineados por un anillo de color blanco y su pico es color rosa-melón, presenta canto en la temporada de reproducción. Su temporada reproductiva se ha reportado a partir de mayo hasta julio dependiendo del sitio (Wege y Sada 1993). El tamaño de la nidada puede contener hasta 5 huevos (de León *et al.* 2007). Se alimentan de semillas y algunos insectos como otras especies asociadas a pastizales y matorrales (Canales-Delgadillo *et al.* 2008).



Figura 1. Fotografía del Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*). Por Romeo Tinajero.

El gorrión de Worthen, como algunas otras aves de zonas áridas y semiáridas muestra una conducta nómada (Canales-Delgadillo *et al.* 2012). Por lo que los individuos se mueven constantemente a través de los paisajes buscando las áreas que presentan las mejores condiciones para llevar a cabo todas sus actividades,

incluyendo alimentación, apareamiento, construcción de nidos, puesta de huevos y eclosión (Andersson 1980; Dean 1997, 2004). Su temporada reproductiva se ha reportado a partir de mayo hasta julio dependiendo del sitio (Wege y Sada 1993).

En situaciones como las que actualmente prevalecen de cambio de uso de suelo y cambio climático por actividades humanas la conducta nómada podría resultar contraproducente para la especie en su establecimiento. Sin embargo, en condiciones óptimas, esta conducta podría promover procesos como el establecimiento de poblaciones en áreas anteriormente no ocupadas, el abandono y la colonización de sitios previamente ocupados y el aislamiento parcial de estas poblaciones recién establecidas durante varias generaciones. El nomadismo también podría complicar la identificación de todo el rango de distribución de la especie (Canales-Delgadillo *et al.* 2015).

Por otra parte, el gorrión de Worthen presenta preferencias por ciertos hábitats que facilitan conocer su distribución potencial. Estudios anteriores reportan que el hábitat de anidación consiste de sitios con características de matorral micrófilo dominado por gobernadora (*Larrea tridentata*), y el estrato herbáceo constituido por plantas anuales como hojásén (*Flourensia cernua*), cenizo (*Atriplex canescens*), corona de cristo (*Koeberlinia spinosa*) y pastos (*Muhlenbergia villiflora* var. *villiflora*), zacate de burro (*Scleropogon brevifolius*), navajita azul (*Bouteloa gracilis*), zacate picudo (*Stipa clandestina*) (Canales *et al.* 2007; De León *et al.* 2007; Scott *et al.* 2008; Roque 2015; Velasco 2015).

Por otro lado, existen reportes de sitios de anidación y de invierno de la especie en los que la composición y estructura vegetal es un poco diferente. De León y colaboradores (2007) reportaron la existencia de un sitio de anidación dentro de la porción suroeste del estado de Coahuila, México, así como un nuevo hábitat reproductivo para la especie, matorral micrófilo de hojásén (*Flourensia cernua*).

El Gorrión de Worthen utiliza los matorrales densos y bajos para refugio y anidación, y las áreas abiertas de pastizal bajo para forrajeo (Behrstock *et al.* 1997; De León *et al.* 2007). Además, recientemente se reportó la presencia de la

especie en San Luis Potosí durante los meses de agosto a noviembre de 2012 y de marzo a noviembre de 2013 en los municipios de Catorce y Charcas, en una zona conocida como "Zona Ixtlera"(Canales-Delgadillo *et al.* 2015) en hábitats que incluyen: 1.-el izotal que consiste de un matorral rosetófilo dominado por *Yucca spp* y una combinación de gobernadora (*Larrea tridentata*) y hojásén (*Flourensia cernua*) como especie dominante en la capa arbórea; 2.- matorral micrófilo dominado por gobernadora en los que se ha eliminado la capa arbórea, debido a la extracción de fibra de árboles de yuca para fabricar cuerdas (Canales-Delgadillo *et al.* 2015).

Con base en lo anterior y en registros más recientes, Scott *et al.* (2017) sugieren que San Luis Potosí y potencialmente Zacatecas pueden contener casi el 65% de la población de la especie, ya que de estas zonas se obtuvieron 217 de un total de 316 registros. Esto difiere de la premisa que originalmente se tenía con respecto a que se consideraba que el área de distribución de la especie correspondía principalmente a los estados de Coahuila y Nuevo León.

Objetivos

- ⊙ Evaluar el potencial efecto de las características de la vegetación como densidad de arbustos, altura promedio de arbustos, cobertura de gramíneas y densidad de yucas sobre las tasas de ocupación de hábitat del Gorrión de Worthen en la temporada reproductiva.
- ⊙ Comparar la probabilidad de detección del gorrión de Worthen utilizando como métodos censos a distancia y detección por medio del uso de grabaciones de cantos de la especie.
- ⊙ Proponer un método que garantice la mayor detectabilidad posible del gorrión de Worthen en la temporada reproductiva.

Hipótesis

- ⊙ La ocupación del hábitat por parte del Gorrión de Worthen es mayor en sitios semi-abiertos, es decir, utiliza los matorrales densos y bajos para refugio y anidación, y las áreas abiertas de pastizal bajo para forrajeo. Y es menor la ocupación en sitios con pastizales abiertos sin presencia de arbustos o en sitios con vegetación cerrada, como matorrales con alta densidad de arbustos y árboles.
- ⊙ Se espera que la detectabilidad aumente al combinar los dos métodos de detección (censo por puntos de conteo y censo con grabaciones del canto de la especie). A su vez, que el uso de grabaciones de cantos produzca una mayor detectabilidad en la temporada de reproducción.

Metodología

Sitio de estudio. El estudio se llevó a cabo en dos municipios del estado de San Luis Potosí (Fig. 2), 1) Santa Teresa en el municipio de Ahualulco con coordenadas $22^{\circ}23'14.46720''$ N, $101^{\circ}18'11.00160''$ W, altitud de 2290 msnm (Fig. 3) y 2) San Juan del Tuzal en el municipio de Charcas con coordenadas $23^{\circ}08'53.99880''$ N, $101^{\circ}20'29.00040''$ W, altitud de 2110 msnm (Fig. 4), presentan clima seco o árido con una precipitación entre 300-500mm en la época húmeda de verano (García, 1988), el tipo de vegetación es matorral rosetófilo por presentar especies de agaves, como lechugillas, yucas, algunas acacias y especies de cactáceas (Rzedowzki, 1961).

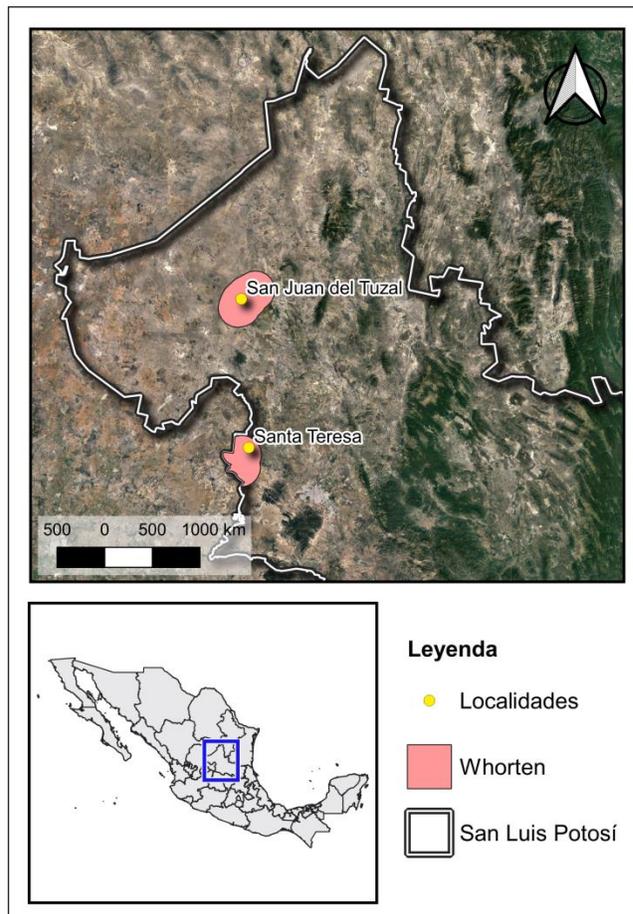


Figura 2. Mapa de los sitios de estudio donde se registró al gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el Altiplano Potosino.



Figura 3. Fotografía de Santa Teresa en Ahualulco. De Valeria Velázquez.



Figura 4. Fotografía de San Juan del Tuzal en Charcas. De Valeria Velázquez.

Trabajo de campo. Durante la temporada de reproducción de 2017, entre mayo y agosto, se llevaron a cabo dos censos del Gorrión de Worthen mediante puntos de conteo visuales y auditivos (Buckland *et al.* 2001) y mediante el uso de grabaciones de cantos de la especie. Los censos se llevaron a cabo en el Altiplano Potosino en los municipios de Santa Teresa en Aqualulco y San Juan del Tuzal en Charcas, San Luis Potosí.

Los censos se realizaron en un horario de 7:00 a 13:00 hrs. Con el objetivo de que los puntos de muestreo fueran independientes, la distancia entre puntos fue de al menos 150 m. En cada punto se realizaron observaciones visuales y auditivas de las aves por un período de 4 minutos, y se registraron a las aves presentes, así como la distancia a la que se encontraban del observador, la cual se registró con binoculares con distanciómetro láser.

Al momento de realizar los censos, se siguieron las recomendaciones para asegurar que: 1) las aves fueran registradas en su posición original, 2) que no hubieran dobles conteos, 3) que las distancias fueran registradas de manera precisa, y 4) que la identificación de la especie fuera precisa. Todos los puntos de conteo fueron censados en dos ocasiones durante la temporada reproductiva. La localización de todos los puntos fue georeferenciada (Buckland *et al.* 2001).

Al terminar el censo por puntos de conteo visual y auditivo se reprodujo una grabación del canto del gorrión de Worthen por un período de un minuto y se puso atención durante este período para registrar potenciales individuos que pudieran responder a las grabaciones. Los registros correspondientes a los censos con y sin grabación del canto fueron anotados por separado.

En cada punto de conteo se midió la cobertura de gramíneas y las características de la vegetación de los puntos de muestreo como densidad de arbustos, altura promedio de arbustos y densidad de yucas. Se utilizó un cuadro de 1m² en el que cada 20 cm se colocó un alambre a través del cuadro con el fin de formar una cuadrícula de 4x4 intersecciones. Este cuadro para medición de cobertura de gramíneas se colocó en el suelo en el centro de cada punto de conteo. En cada

intersección de los alambres se registró la presencia o ausencia de pasto para obtener una medición de la cobertura de gramíneas. La cobertura de gramíneas se expresó como porcentaje (Mostacedo y Fredericksen 2000).

La densidad de arbustos se midió con el método conocido como “Point-Quarter Sampling”, este método consiste en la toma de cuatro medidas a partir de un punto central. En este caso, el punto central, corresponde al centro del conteo puntual para aves, se cruzaron dos líneas perpendiculares imaginarias, para obtener cuatro cuadrantes. En cada cuadrante se ubicó el arbusto más cercano al punto central y se midió la distancia (d) entre el punto central y el arbusto. Para cada uno de los cuatro arbustos se registró la altura y la especie (Krebs, 1989; Mostacedo y Fredericksen 2000). Finalmente, se contaron las yucas que se encontraban en un radio máximo de 50 m a partir del punto central de conteo. La densidad de arbustos (D , plantas por hectárea) se obtuvo con la siguiente fórmula (Mostacedo y Fredericksen 2000).

$$Dh = \frac{10000}{(\bar{d})^2}$$

donde \bar{d} es el promedio de la distancia punto central-arbusto (d). Finalmente con el conteo de yucas se obtuvo la densidad de las mismas expresada como el número de yucas por hectárea.

Análisis de datos. Se ajustaron modelos de ocupación de hábitat a los datos obtenidos en el campo con el programa *PRESENCE* (Hines, 2006).

Los modelos de ocupación de hábitat utilizan las repeticiones de cada punto para estimar la detectabilidad (p , la probabilidad de detectar a la especie en un sitio cuando este es ocupado). Posteriormente se utiliza esta estimación de detectabilidad y los datos de detección y falta de detección de la especie para estimar la probabilidad de que la especie ocupe cada uno de los puntos de muestreo (Ψ), es decir, que por lo menos un individuo de la especie ocupe el punto. Esta estimación hace uso de la estimación de detectabilidad para ajustar para la presencia de individuos presentes que no fueron detectados (MacKenzie *et*

al., 2006). Por lo tanto es posible obtener estimadores no sesgados de la ocupación.

Existe una gran variedad de modelos de ocupación de hábitat que permiten realizar varios tipos de inferencias. Para propósitos del presente estudio se utilizaron los modelos de una sola temporada que suponen que el verdadero estado de ocupación de una unidad de muestra no cambia durante el curso del estudio, es decir, se asumió que la población es cerrada a la ocupación (MacKenzie *et al.* 2017).

Los modelos de ocupación de una temporada necesitan cumplir algunos supuestos: 1) la población se considera cerrada a la ocupación, es decir, que la ocupación no cambia durante el tiempo que dura el muestreo, por lo que ningún sitio dentro del área de muestreo es colonizado ni desocupado durante este periodo; 2) la detección de la especie en un sitio es independiente de su detección en otros sitios (MacKenzie *et al.* 2017).

Se utilizó el modelo de métodos múltiples (Nichols *et al.* 2008), el cual es una extensión del modelo de una temporada y permite que las probabilidades de detección sean diferentes para los diferentes métodos de observación. Esto permite la estimación de un parámetro adicional (θ), que es la probabilidad de detección específica para cada uno de los métodos utilizados (MacKenzie *et al.* 2017).

Las estimaciones de ocupación de hábitat y de detectabilidad se llevaron a cabo utilizando los datos de: 1) la detección mediante censos por puntos de conteo exclusivamente, 2) la detección mediante el uso de grabaciones del canto de la especie exclusivamente, 3) detección mediante ambos métodos combinados. En cada muestreo se realizó un censo de cada tipo, y cada muestreo se replicó en dos ocasiones para un total de dos censos por puntos de conteo y dos censos mediante el uso de grabaciones. El efecto de la estructura del hábitat sobre la ocupación se modeló como un predictor lineal de covariables x_1, x_2, \dots, x_p con la función logit como función vínculo ("link"):

$$\text{logit}(\psi) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p$$

Como covariables se utilizó la densidad de arbustos, altura promedio de arbustos, densidad de yucas y cobertura de gramíneas. Esto permitió realizar comparaciones entre los métodos empleados para determinar si la detectabilidad varía de acuerdo al método utilizado en el campo y encontrar alguna relación con las características de la vegetación de los sitios y la ocupación de hábitat de gorrión de Worthen.

Se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC), y los pesos de Akaike (w_i) para evaluar el soporte por parte de los datos a favor de varios modelos *a priori* de ocupación. Estos modelos corresponden a hipótesis relacionadas con los efectos que influyen en la ocupación de hábitat por el gorrión de Worthen (Burnham y Anderson, 2002).

El conjunto de modelos *a priori* que se emplearon para tratar de explicar la ocupación de hábitat por el gorrión de Worthen incluye: 1) un modelo nulo sin variables explicativas, 2) un modelo con variable categórica de sitio: Santa Teresa (1) vs San Juan del Tuzal (2), 3) un modelo con la variable sitio y densidad de yucas, 4) un modelo con la variable sitio y altura promedio de arbustos, 5) un modelo con variables sitio, densidad de yucas y altura promedio de arbustos, 6) un modelo con variables densidad de arbustos, altura promedio de arbustos y densidad de yucas y 7) un modelo con variables densidad de arbustos, altura promedio de arbustos y cobertura de gramíneas.

El modelo nulo se usó para determinar si un modelo aleatorio sin variables explicativas explicaba la ocupación mejor que la inclusión de cualquiera de las variables explicativas. Se utilizó AIC, diferencias Akaike (ΔAIC) y w_i para clasificar los modelos que fueron apoyados por los datos (Burnham y Anderson 2002). Luego, para tener en cuenta la incertidumbre en la selección del modelo, se calcularon las estimaciones de los parámetros promediados a través de todos los modelos y sus errores estándar asociados utilizando los pesos de Akaike (Burnham y Anderson 2002). Finalmente, se utilizaron las estimaciones de los

parámetros promediados y los errores estándar promediados que fueron transformados mediante el método delta para construir gráficas que representan el efecto en el porcentaje de ocupación de las variables que estaban presentes en el modelo con el mejor soporte y las que recibieron el apoyo equivalente de los datos al modelo con el mejor apoyo ($\Delta AIC \leq 2$). Debido a que los valores de w_i fueron reajustados, se utilizaron estos valores para calcular las tablas AIC y las estimaciones de los parámetros promediados en una hoja de cálculo que se adhiere a las fórmulas publicadas (Burnham y Anderson 2002; Hines 2006).

Para el modelo donde se utilizaron todas la variables (sitio, densidad de arbustos, altura promedio de arbusto, porcentaje de gramíneas y densidad de yucas) se realizó la prueba de bondad de ajuste (MacKenzie y Bailey 2004) utilizando un total de 1000 iteraciones.

Resultados. En total se obtuvieron 170 registros de gorrión de Worthen utilizando censos con puntos de conteo y censo con el uso de grabaciones del canto de la especie en Santa Teresa y San Juan del Tuzal. El muestreo se realizó en 35 puntos para Santa Teresa y en 57 puntos en San Juan del Tuzal con dos repeticiones para cada punto. En el caso de Santa Teresa se obtuvieron 35 registros totales y para San Juan del Tuzal 135 (Fig. 5). Se obtuvieron 80 registros totales en el primer muestreo y 90 para el segundo. En el caso de Santa Teresa, de los 35 puntos muestreados en 8 se registró a más de un individuo y en San Juan del Tuzal de los 57 puntos muestreados en 33 puntos se registraron más de un individuo.

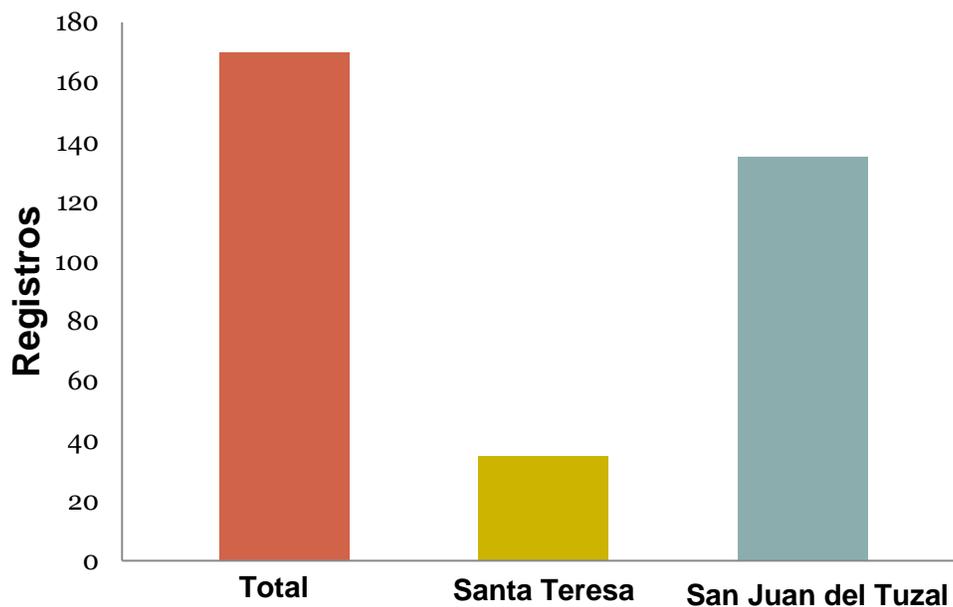


Figura 5. Registros totales del gorrión de Worthen y por sitio, Santa Teresa y San Juan del Tuzal.

Por otra parte, se tuvieron 12 registros por medio de puntos de conteo sin que se registraran individuos por medio de uso de grabaciones del canto y 21 registros por medio de uso de grabaciones sin que se registraran por medio de puntos de conteo (Fig. 6).

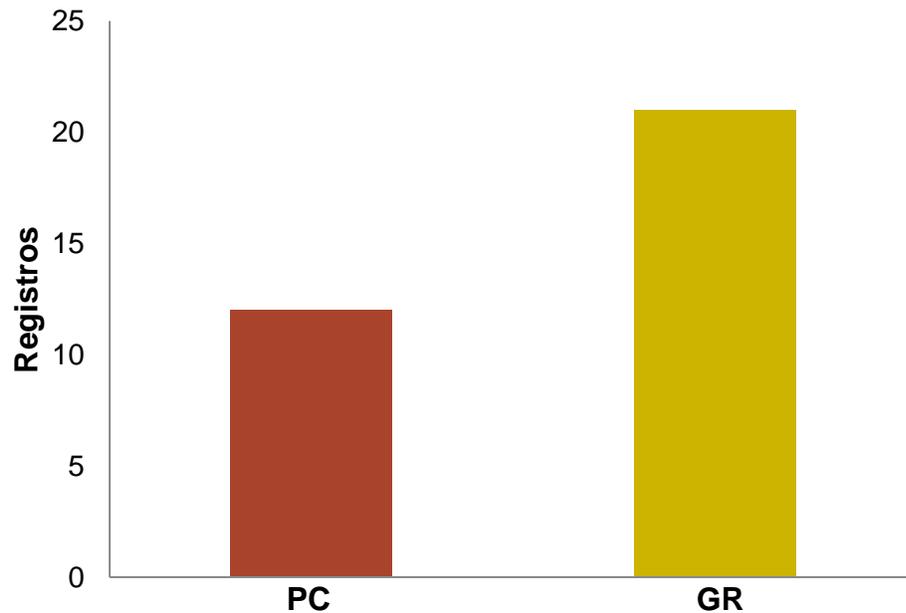


Figura 6. Registros totales del gorrión de Worthen por método sin considerar los registros del otro método. Puntos de conteo (**PC**) y uso de grabaciones del canto (**GR**).

Para los modelos de ocupación de hábitat se utilizó una base de datos de presencia y ausencia, por lo tanto se utilizaron 122 registros totales, es decir, solo se consideró a un individuo presente por punto, aunque hubieran más de uno. Los registros por sitio fueron 22 para Santa Teresa y 100 para San Juan del Tuzal, por método fueron 57 registros por censo a distancia y 65 por censo con grabaciones del canto (Fig. 7).

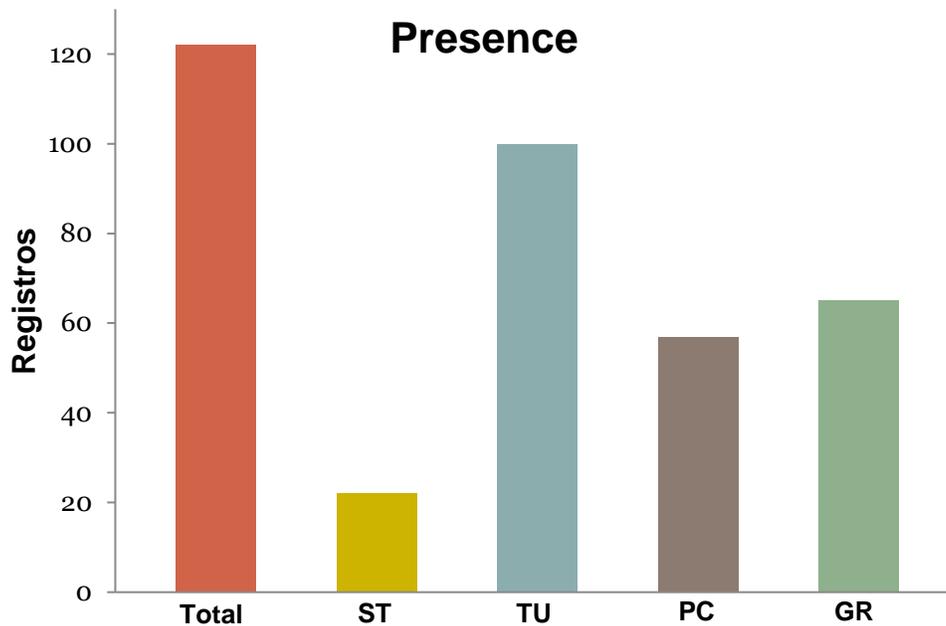


Figura 7. Registros totales del gorrión de Worthen para los modelos de ocupación, por sitio Santa Teresa (**ST**) y San Juan del Tuzal (**TU**) y por método de detección, por puntos de conteo (**PC**) y grabaciones (**GR**).

Los valores, máximo, el mínimo, promedio y error estándar (\pm) de cada covariable son los siguientes. Para la densidad de arbustos se obtuvieron en promedio 1079.3 ± 105.4 arbustos/ha (rango = 0-1079.3), para altura promedio de arbustos se obtuvo un promedio de 0.984 ± 0.03 m (rango = 0-2.15), para cobertura de gramíneas se obtuvo un promedio de $51.14 \pm 2.44\%$ (rango = 0-95%) y con respecto a densidad de yucas se obtuvo un promedio de 5.176 ± 0.66 yucas/ha (rango = 0-25.46 yucas/ha).

La probabilidad de detección total estimada fue del $78 \pm 17.8\%$ utilizando los dos métodos combinados (censo por puntos de conteo y con grabaciones del canto). Cuando se llevó a cabo el análisis por método de manera separada, en el caso del censo por puntos de conteo, la detectabilidad fue del $66 \pm 18.8\%$ y para el censo con grabaciones del canto fue de $75 \pm 24.8\%$ (Fig. 8). Debido a que la detectabilidad no fue del 100%, no fue posible utilizar una regresión logística para analizar el efecto de las variables predictivas sobre la ocupación. Por lo tanto se

empleó el método más apropiado para analizar los datos, mediante modelos de ocupación de hábitat para una temporada con extensión de métodos múltiples.

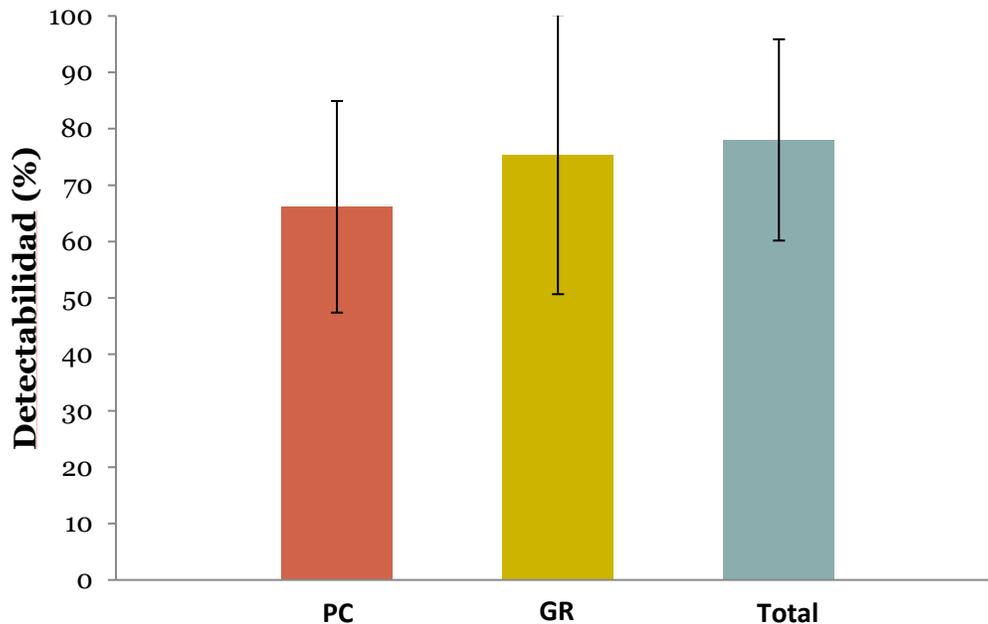


Figura 8. Probabilidad de detección estimada del gorrión de Worthen por método, ya sea censo por puntos de conteo (PC), censo con uso de grabaciones del canto de la especie (GR) y mediante ambos métodos combinados (Total). Las barras representan los errores estándar.

La proporción de sitios donde al menos una vez fue detectado el gorrión de Worthen (estimación ingenua de ocupación) fue de 60.9%. Los resultados de la prueba de bondad de ajuste (MacKenzie y Bailey, 2004) indicaron que no hay evidencia de falta de ajuste del modelo a los datos ($p=0.6274$, $X^2=11.6767$, $g.l=17$ y $\hat{c}= 0.8069$; 1000 iteraciones). Para el caso de los modelos de ocupación de hábitat, el modelo que contiene efectos de sitio (Santa Teresa vs San Juan del Tuzal) fue el que recibió mayor soporte de los datos (Tabla 1). El modelo con efectos de sitio y densidad de yucas, así como el modelo con efectos de sitio y altura promedio recibieron un soporte de los datos equivalente al correspondiente al mejor modelo ($\Delta AIC < 2$, Tabla 1). Basado en estos modelos y en las

estimaciones de los parámetros promediados (Tabla 2), la probabilidad de ocupación de hábitat por parte del gorrión de Worthen fue mayor en San Juan del Tuzal que en Santa Teresa (Fig. 9), incrementa con el aumento en la densidad de yucas (Fig. 10a) y con el aumento en la altura promedio de arbustos (Fig.10b). Los efectos de las demás variables fueron despreciables.

Tabla 1. Comparación de modelos de ocupación de hábitat para el Gorrión de Worthen en el Altiplano Potosino en la temporada reproductiva de 2017. Para los modelos se utilizaron las siguientes covariables de sitio: sitio (S, Santa Teresa vs San Juan del Tuzal), densidad de Yucas (Y, Yucas/ha), altura promedio de arbustos evaluada en metros (A), densidad de arbustos (D, arbustos/ha), porcentaje de gramíneas (G) y sin covariables (NCV). Adicionalmente se utilizó una covariable de muestreo (método, censo a distancia vs censo auditivo). La comparación entre modelos se llevó a cabo utilizando el criterio de información de Akaike (AIC). Se presentan las diferencias de Akaike (ΔAIC), el número de parámetros por modelo (K), y los pesos de Akaike (w_i).

Modelo	K	AIC	ΔAIC	w_i
Psi(S)p(método)	5	392.8167	0	0.4363
Psi(S,Y)p(método)	6	393.7035	0.8868	0.2801
Psi(S,A)p(método)	6	394.6647	1.848	0.1732
Psi(S,A,Y)p(método)	7	395.6369	2.8202	0.1065
Psi(.NCV)p(método)	4	403.9095	11.0928	0.0017
Psi(D,A,Y)p(método)	7	404.307	11.4903	0.0014
Psi(D,A,G)p(método)	7	405.4925	12.6758	0.0007

Tabla 2. Estimación de parámetros promediados, errores estándar (EE), parámetros transformados a la escala original-exponenciados (Odd Ratio) y sus intervalos de confianza (IC) de 95% para los factores que explican la ocupación de hábitat por el gorrión de Worthen en el Altiplano Potosino. El sitio de comparación para la variable sitio (S) es Santa Teresa. Abreviaciones de los parámetros como en la Tabla1.

Parámetro	Estimado	EE	Odd Ratio	IC
Intercepto	-2.43	2.07	0.09	0.09 ± 0.00
S(Tuzal)	2.29	1.88	9.91	9.91 ± 0.25
Y	0.16	0.27	1.17	1.17 ± 0.69
A	0.04	0.21	1.04	1.04 ± 0.69
D	0.00	0.06	1.00	1.00 ± 0.899
G	0.00	0.01	1.00	1.00 ± 0.98

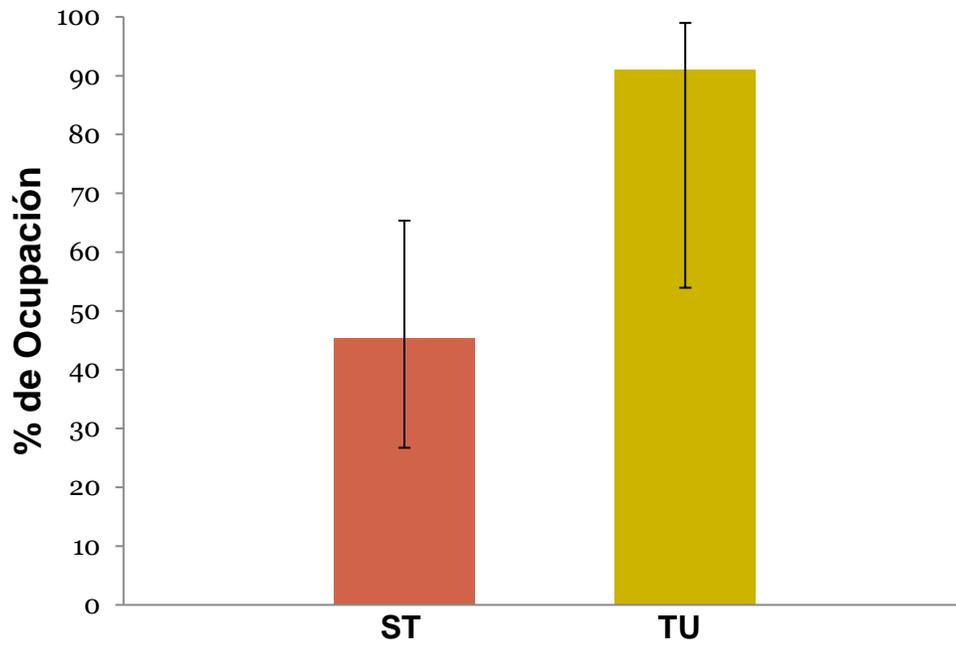


Figura 9. Porcentaje de ocupación de hábitat por parte del gorrión de Worthen en Santa Teresa Ahualulco (**ST**) vs San Juan del Tuzal Charcas (**TU**) en San Luis Potosí. Barras representan el error estándar.

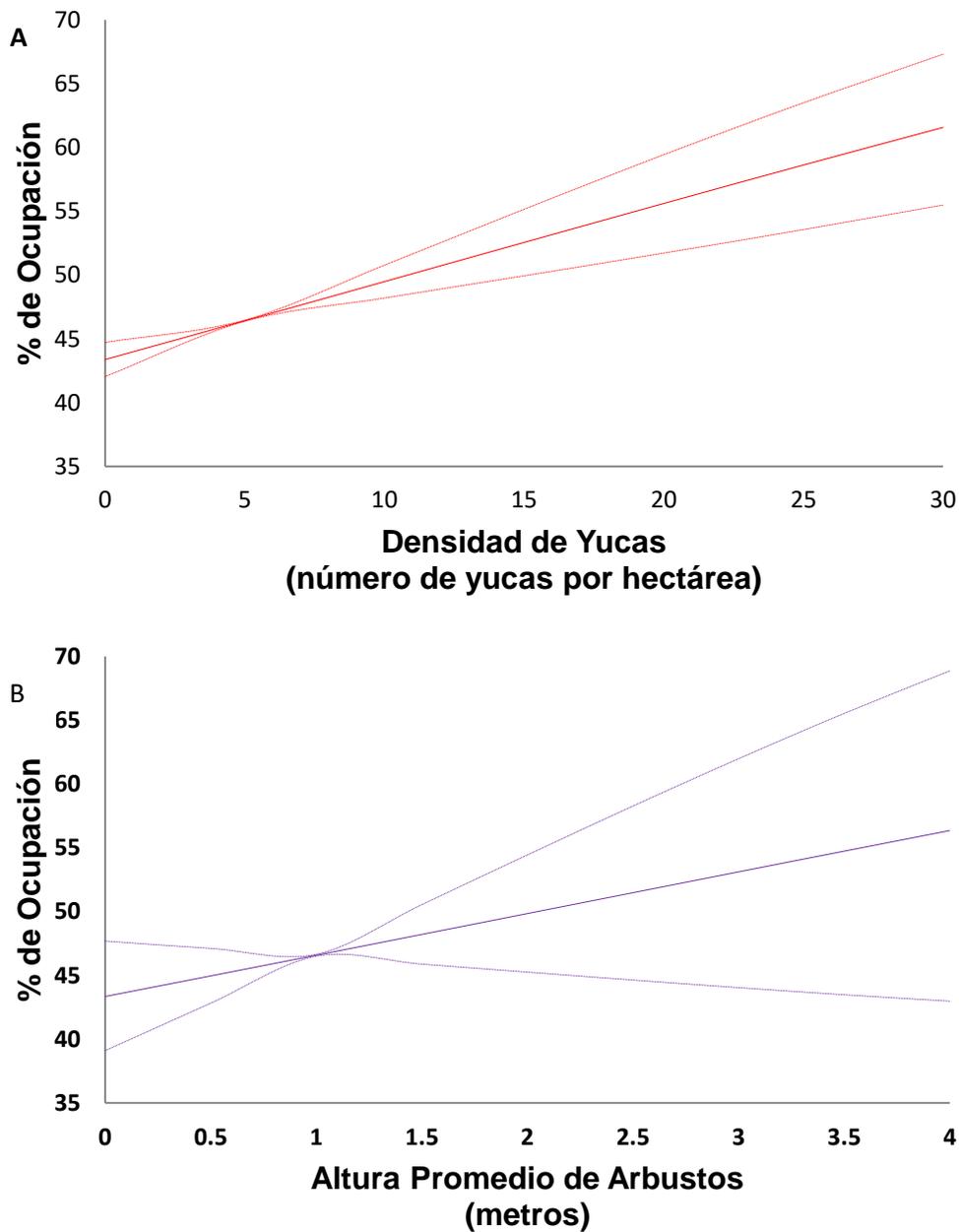


Figura 10. Efectos de densidad de yucas (**A**) y altura promedio de arbustos (**B**) sobre el porcentaje de ocupación de hábitat para el gorrión de Worthen en Santa Teresa, Aqualulco y San Juan del Tuzal, Charcas en San Luis Potosí. Las líneas punteadas representan intervalos de confianza del 95%.

Discusión.

VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA OCUPACIÓN DE HÁBITAT. De las cinco variables medidas en Santa Teresa y San Juan del Tuzal, las que tuvieron mayor efecto en la ocupación de hábitat del gorrión de Worthen fueron densidad de yucas que presentó un aumento en el porcentaje de ocupación del gorrión conforme aumentó la densidad de yucas por hectárea; así mismo, conforme aumentó la altura promedio de arbustos, el porcentaje de ocupación se incrementó. De los dos sitios de estudio. San Juan del Tuzal tuvo el mayor porcentaje de ocupación (91.02%).

Schlossberg y colaboradores (2010) realizaron un análisis de la estructura de la vegetación relacionada con aves con afinidad por zonas arbustivas donde se reporta que la cubierta arbustiva afecta la abundancia de estas aves. En este caso ocho especies tuvieron un efecto positivo con arbustos altos y bajos, lo que sugiere que tienen una preferencia por la cubierta arbustiva sin altura específica. Otro grupo de aves tuvo preferencia por la vegetación herbácea y los arbustos de baja estatura. En el caso del gorrión llanero (*Spizella pusilla*) y el gorrión cantor (*Melospiza melodía*) tuvieron preferencia por una mayor cobertura de herbáceas, ambas especies anidan a nivel del suelo y pueden estar seleccionando áreas con cobertura para ocultar los nidos (Confer y Pascoe 2003; Chandler 2006).

Estudios anteriores han reportado que las aves con afinidad a los matorrales que anidan en el suelo prefieren la cubierta leñosa cerca del suelo, mientras que las aves que anidan y se alimentan en el follaje prefieren la vegetación más alta como Tordo negro (*Molothrus ater*), Curruca alas azules (*Vermivora cyanoptera*), Chipe Flancos Castaños (*Setophaga pensylvanica*), Mascarita común (*Geothlypis trichas*), Chipe de pradera (*Setophaga discolor*), Chipe Amarillo (*Setophaga petechia*), Rascador pinto (*Pipilo erythrophthalmus*), Maullador gris (*Dumetella carolinensis*), Jilguerito (*Spinus tristis*) (DeGraaf y Yamasaki 2001; Confer y Pascoe 2003; Chandler 2006; Schlossberg *et al.* 2010). De tal manera encontraron que la cubierta arbustiva parece ser una característica importante que afecta la abundancia. Aunque para el presente estudio no se consideraron los mismos rangos de altura, se puede observar que existe una relación y preferencia entre la

altura de la vegetación y la presencia de las aves con afinidad por zonas arbustivas. Para el gorrión de Worthen puede ser una característica esencial para la ocupación de hábitat, debido a que estudios reportan que esta especie anida en arbustos (Behrstock *et al.* 1997; Canales-Delgadillo *et al.* 2007; Canales-del Castillo *et al.* 2010).

Por otra parte, se ha reportado que las aves de pastizal tienen mayor sensibilidad a las características de la estructura de la vegetación que a la composición de especies vegetales (Winter *et al.* 2005). Y el gorrión de Worthen no es la excepción, ya que se ha confirmado que no es dependiente a un grupo de especies arbustivas en particular (Webster 1954; Wege *et al.* 1993; Behrstock *et al.* 1997; Canales-Delgadillo *et al.* 2007; Canales-del Castillo *et al.* 2010) y probablemente tiene preferencias a la estructura de la vegetación para la ocupación de hábitat. De tal manera, la zona de estudio que corresponde al presente trabajo presenta la composición vegetal característica reportada en la literatura para el gorrión de Worthen como: gobernadora (*Larrea tridentata*), hojases (*Flourensia cernua*), yuca (*Yucca spp*), sangre de grado (*Jatropha dioica*), corona de cristo (*Koeberlinia spinosa*), uña de gato (*Acacia greggii*), agrito (*Berberis trifoliata*), granjeno (*Condalia spp.*), *Opuntia sp.*, cardón (*O. imbricata*), y cilindrillo (*Lycium sp.*) y mezquite (*Prosopis*) (Webster 1954; Wege *et al.* 1993; Behrstock *et al.* 1997; Canales-Delgadillo *et al.* 2007; De León *et al.* 2007; Canales-del Castillo *et al.* 2010; Roque 2015; Velasco 2015).

Pero en el presente estudio se evidencia que además de la composición, también es importante que la estructura vegetal para el establecimiento de la especie sea adecuada, y esto incluye factores como la densidad de yucas y altura de arbustos para incrementar la probabilidad de ocupación. En los sitios en donde no se registró al gorrión de Worthen se presentaban distintos rangos de las variables de estructura vegetal que se analizaron, a pesar de la composición vegetal fue similar a la reportada en la literatura. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta las características de la estructura de la vegetación.

En este trabajo se encontró que San Juan del Tuzal presentó una mayor probabilidad de ocupación que Santa Teresa. Posiblemente esto se debe a la presencia de las características apropiadas para el establecimiento del gorrión de Worthen, en el caso de Santa Teresa, la altura promedio de arbustos ($0.91 \pm 0.4\text{m}$) y la densidad de yucas ($3.6 \pm 0.84\text{yucas/ha}$) y para el caso de San Juan del Tuzal, la altura promedio de arbustos ($1.04 \pm 0.04\text{m}$) y la densidad de yucas ($6.14 \pm 0.9\text{yucas/ha}$). Estos valores son más cercanos entre San Juan del Tuzal y Santa Teresa que los que predicen los modelos para que la especie este presente.

En comparación con los sitios en donde no se registró la especie, como en Guadalupe Victoria en Charcas se presentan parches de vegetación muy densa, y para la altura promedio de arbustos se obtuvo un promedio de $0.96 \pm 0.02\text{m}$ (rango = 0-2.1m) y con respecto a densidad de yucas se obtuvo un promedio de $16 \pm 2.01\text{yucas/ha}$ (rango = 0-34 yucas/ha), en Pozo Blanco en Salinas, los parches de vegetación son muy abiertos, y para la altura promedio de arbustos se obtuvo un promedio de $0.98 \pm 0.04\text{m}$ (rango = 0-2.47m) y para la densidad de yucas se obtuvo un promedio de $2.6 \pm 1.3\text{yucas/ha}$ (rango = 0-21 yucas/ha) con respecto a los sitios estudiados.

En el caso de la altura promedio de arbustos se cree que está relacionada con el sustrato de anidación, estudios anteriores han encontrado que los gorriones de Worthen colocan los nidos en plantas arbustivas de altura promedio de 0.95m aproximadamente (Behrstock *et al.* 1997; Canales-Delgadillo *et al.* 2007; De León *et al.* 2007; Canales-del Castillo *et al.* 2010; Roque. 2015; Velasco *et al.* 2015). Por lo tanto, es posible que la respuesta positiva en ocupación de hábitat a la altura de arbustos que se registró en el presente estudio, responde a la dependencia de la especie en el estrato arbustivo para la anidación y posiblemente otras actividades como el forrajeo. Posiblemente la especie, al igual que otras especies de hábitats similares utiliza arbustos aproximadamente de 1m para colocar sus nidos y al mismo tiempo como protección para depredadores o parásitos de nido (Kurki y Linden 1995; Rodewald y Yahner 2001; King *et al.* 2009).

El efecto positivo de la densidad de yucas en la ocupación de hábitat por esta especie, se ha reportado como una característica del tipo de hábitat de gorrión de Worthen, también podría ser un efecto relacionado a que el gorrión de Worthen tiene afinidad por sitios semi- abiertos con vegetación relativamente densa y alta para establecerse en un sitio, donde además las yucas proveen una mejor cobertura del nido y pueden ser utilizadas como perchas para el cuidado parental(De León *et al.*. 2007; Canales-Delgadillo *et al.* 2015; Velasco. 2015).

Cabe mencionar que las variables, densidad de arbustos y cobertura de gramíneas no presentaron ningún efecto en la probabilidad de ocupación, probablemente porque el gorrión de Worthen se desplaza entre parches con la vegetación característica, es decir, utiliza parches relativamente densos para anidar y los lugares abiertos para forrajear, de tal manera que los dos sitios muestran estas características.

Por lo tanto, se debe considerar un plan de manejo para el gorrión de Worthen especialmente porque es una especie endémica y se encuentra en riesgo. Algunas recomendaciones serían controlar la invasión de la vegetación arbustiva para que no se conviertan en parches densos y de esta manera dejar claros que utilizan para forrajeo, se recomienda utilizar el pastoreo rotatorio, de tal manera que el ganado impida el establecimiento de plantas arbustivas y dejar sitios adecuados sin pastoreo para el gorrión de Worthen en la temporada de reproducción, llevando a cabo la anidación en la zona arbustiva. Este tipo de manejo también beneficia el crecimiento de pastizales naturales, debido a que las aves con afinidad a las zonas arbustivas y pastizales incluyendo el gorrión de Worthen fomentan la dispersión de semillas, de esta manera el ganado se alimenta de los mismos y los ganaderos se ven favorecidos económicamente, asegurando la viabilidad del ecosistema para generaciones futuras.

Método de detección. En el presente estudio, se emplearon dos métodos de detección durante la época reproductiva. La razón de esta estrategia fue intentar aumentar la probabilidad de detección, los resultados sugieren que al ser una especie que presenta mayor número de avistamientos en la temporada reproductiva en donde los machos cantan para atraer a las hembras es una ventaja agregar al censo tradicional a distancia los cantos del gorrión de Worthen, esto permitió en varias ocasiones identificar individuos que no se logró ver con el censo a distancia y al poner el canto el gorrión.

Por otra parte, se consideró comparar los dos métodos, así como la combinación de ambos con el objetivo de establecer el método más eficaz para obtener una mayor detectabilidad del gorrión de Worthen, debido a la necesidad de establecer un método estandarizado donde varios grupos de trabajo interesados en la especie puedan comparar resultados y conocer la distribución actual del gorrión de Worthen, de esta manera se pueden discutir las ventajas y desventajas de tener un método estandarizado y encontrar un plan de manejo eficiente para la conservación del gorrión y su hábitat.

Por otra parte, para estudios posteriores con esta metodología se deben considerar al menos tres muestreos en la temporada reproductiva, esto también ayudaría a disminuir la variación en los errores y se debe tomar en cuenta analizar otros tipos de metodologías para la temporada de invierno donde varias especies se reúnen en grupos heteroespecíficos o monoespecíficos (Powell 1979; Hutto 1994; Latta y Wunderle 1996; Canales-Delgadillo *et al.* 2008).

Los errores amplios registrados en el presente estudio se deben a la naturaleza de los datos, esto se puede deber a que es complicado modelar sistemas abiertos y con organismos que se mueven por temporadas y que presentan comportamientos variables como la presencia y ausencia de canto dependiendo de la temporada.

También porque se consideraron variables de escala fina, las características de la estructura de la vegetación como altura promedio de arbustos, cobertura de gramíneas, densidad de arbustos, densidad de yucas, altura promedio de yuca, área basal de arbustos y composición vegetal que pueden ser las primeras determinantes de la selección del hábitat para muchas aves, pero no se consideraron variables ambientales de escala gruesa como la estructura y composición del paisaje, tipo de uso de suelo, relieve topográfico, características del suelo, que son los factores de escala gruesa que pueden influir en los patrones generales de distribución y en afinidades específicas del hábitat (MacFaden *et al.* 2002).

Conclusiones

El presente trabajo logró obtener un método que aumentara la detección del gorrión de Worthen en la temporada de reproducción al combinar los dos tipos de censos: por puntos de conteo y con uso de grabaciones del canto de la especie, a partir del cual se puede obtener mayor información en estudios posteriores.

También se logró obtener una mayor detectabilidad con el método de censo con uso de grabaciones del canto del gorrión de Worthen, de esta manera se puede obtener mayor información de la especie con este método en la temporada de reproducción.

La ocupación fue mayor en San Juan del Tuzal que en Santa Teresa, sin embargo, la ocupación aumentó conforme la altura de arbustos y la densidad de yucas incrementaron. Las otras variables analizadas no tuvieron efectos significativos en los sitios de estudio.

Referencias

Andersson. M. 1980. Nomadism and site tenacity as alternative reproductive tactics in birds. *Journal of Animal Ecology*. 49: 175-184.

Askins. R. A. (1993). Population trends in grassland, shrubland, and forest birds in eastern North America. In *Current ornithology* (pp. 1-34). Springer. Boston. MA.

Ajtay, G. L. (1979). Terrestrial primary production and phytomass. *The global carbon cycle, SCOPE 13*, 129-181.

Barnosky. A. D., Matzke. N., Tomiya. S., Wogan. G. O., Swartz. B., Quental. T. B., & Mersey. B. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*. 471(7336). 51.

Behrstock. R. A., Sexton. C. W., Lesley. G. W., Eubanks. T. L. & Gee. J. P. (1997). First nesting records of Worthen's sparrow (*Spizella wortheni*) for Nuevo Leon, Mexico, with habitat characterization of the nest site and notes on ecology, voice, additional sighting and leg coloration. *Cotinga*. 8: 27-33.

BirdLife International (2019) Species factsheet: *Spizella wortheni*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 24/05/2019

Brodmann. P. A., Reyer. H. U. & Baer. B. (1997). The relative importance of habitat structure and of prey characteristics for the foraging success of water pipits (*Anthus spinoletta*). *Ethology*. 103(3). 222-235.

Burnham. K. P. & Anderson. D. R. (2002). Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. New York Springer-Verlag.

Carroll. RJ & Ruppert. D. (1981). *Prediction and the Power Transformation Family*.

Canales. D. Julio. C. Scott Morales. L. M. Coteria Correa. M. & Pando Moreno. M. (2007). Observaciones sobre los sucesos de temporada reproductiva de *Spizella wortheni*. *Ciencia UANL*. 10(2).

Canales-Delgadillo, J. C., Scott-Morales, L. M., Correa, M. C., & Moreno, M. P. (2008). Observations on flocking behavior of Worthen's Sparrows (*Spizella wortheni*) and occurrence in mixed-species flocks. *The Wilson Journal of Ornithology*, 120(3), 569-575.

Canales del Castillo. R. (2010). *Biología y genética de la conservación de un gorrión amenazado y endémico del Noreste de México: Spizella wortheni* (Doctoral dissertation. Universidad Autónoma de Nuevo León).

Canales-del Castillo. R. González-Rojas. J. I. Ruvalcaba-Ortega. I. & García-Ramírez. Á. (2010). New breeding localities of Worthen's Sparrows in northeastern Mexico. *Journal of Field Ornithology*. 81(1). 5-12.

Canales-Delgadillo. J. & Scott-Morales. L. (2012). Uso de hábitat y relaciones sociales. El gorrión de Worthen en el Altiplano Mexicano. Editorial Académica Española. Saarbrücken. Deutschland.

Canales-Delgadillo. J. C. Chapa-Vargas. L. Carlos Gómez. J. A.. & Arreola Aguirre. J. (2015). Nuevos registros de distribución del gorrión de Worthen *Spizella wortheni* en San Luis Potosí. México. *Acta Zoológica Mexicana*. 31(2). 313-317.

Chandler. R. B. (2006). *Early-successional bird abundance and nest success in managed shrublands on the White Mountain National Forest* (Doctoral dissertation. University of Massachusetts Amherst).

Clark. R. G. & Shutler. D. (1999). Avian habitat selection: pattern from process in nest-site use by ducks?. *Ecology*. 80(1). 272-287.

Confer. J. L. & Pascoe. S. M. (2003). Avian communities on utility rights-of-ways and other managed shrublands in the northeastern United States. *Forest Ecology and Management*. 185(1-2). 193-205.

Dean. W. R. J. 1997. The distribution and biology of nomadic birds in the Karoo. South Africa. - *Journal of Biogeography*. 24: 769-779.

Dean. W. R. J. 2004. Nomadic desert birds. - Springer. Berlin Heidelberg.

DeGraaf. R. M. & Yamasaki. M. (2001). *New England wildlife: habitat. natural history. and distribution.* Upne.

De León. A. G.. Rosales. I. M.. de La Fuente. F. C.. Hernández. R. T. & de Aquino. S. L. (2007). Parámetros reproductivos y nueva localidad de anidación para el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el estado de Coahuila. México. *Ornitología Neotropical.* 18. 243-249.

Díaz. S. Pascual. U.. Stenseke. M. Martín-López. B. Watson. R. T.. Molnár. Z. & Polasky. S. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science.* 359(6373). 270-272.

Estrada-Castillón. E.. Scott-Morales. L. Villarreal-Quintanilla. J. A. Jurado-Ybarra. E. Coteria-Correa. M. Cantú-Ayala. C. & García-Pérez. J. (2010). Clasificación de los pastizales halófilos del noreste de México asociados con perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*): diversidad y endemismo de especies. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 81(2). 401-416.

Fink. A. D. THOMPSON III. F. R. & Tudor. A. A. (2006). Songbird use of regenerating forest. glade. and edge habitat types. *The Journal of wildlife management.* 70(1). 180-188.

García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. *México (DF): Talleres Offset Larrios.*

Hagan. J. M. & Meehan. A. L. (2002). The effectiveness of stand-level and landscape-level variables for explaining bird occurrence in an industrial forest. *Forest Science.* 48(2). 231-242.

Hines. J.E. (2006). PRESENCE-Software to estimate patch occupancy and related parameters. USGS-PWRC.

Hutto, R. L. (1994). The composition and social organization of mixed-species flocks in a tropical deciduous forest in western Mexico. *The Condor*, 96(1), 105-118.

Jetz, W. Wilcove, D. S. & Dobson, A. P. (2007). Projected impacts of climate and land-use change on the global diversity of birds. *PLoS biology*, 5(6), e157.

Johnson. D. H. & Igl. L. D. (2015). Area requirements of grassland birds: a regional perspective.

King. D. I. Chandler. R. B. Collins. J. M. Petersen. W. R. & Lautzenheiser. T. E. (2009). Effects of width, edge and habitat on the abundance and nesting success of scrub-shrub birds in powerline corridors. *Biological Conservation*. 142(11). 2672-2680.

Kurki, S., & Lindén, H. (1995). Forest fragmentation due to agriculture affects the reproductive success of the ground-nesting black grouse *Tetrao tetrix*. *Ecography*, 18(2), 109-113.

Latta, S. C., & Wunderle Jr, J. M. (1996). Ecological relationships of two todies in Hispaniola: Effects of habitat and flocking. *The Condor*, 98(4), 769-779.

MacFaden. S. W. & Capen. D. E. (2002). Avian habitat relationships at multiple scales in a New England forest. *Forest Science*. 48(2). 243-253.

MacKenzie. D. I. & Bailey. L. L. (2004). Assessing the fit of site-occupancy models. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*. 9(3). 300-318.

MacKenzie. D. I. Nichols. J. D. Royle. J. A. Pollock. K. H. Bailey. L. & Hines. J. E. (2017). *Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Elsevier.

Martin. T. E. (1998). Are microhabitat preferences of coexisting species under selection and adaptive? *Ecology*. 79(2). 656-670.

Mostacedo. B. & Fredericksen. T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal* (p. 92). Santa Cruz. Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).

Nichols. J.D. L.L. Bailey. A.F. O'Connell Jr.. N.W.Talancy. E.H.C. Grant. A.T. Gilbert. E.M. Annand. T.P. Husband & J.E. Hines. (2008). Multi-scale occupancy estimation and modelling using multiple detection methods. *Journal of Applied Ecology* 45(5):1321-1329.

Niemi. G. J. & Hanowski. J. M. (1984). Relationships of breeding birds to habitat characteristics in logged areas. *The Journal of Wildlife Management*. 48(2): 438-443.

Olson, J. S., Watts, J. A., & Allison, L. J. (1983). *Carbon in live vegetation of major world ecosystems* (No. 1997). Oak Ridge National Laboratory.

Palacio-Prieto. J. L. Bocco. G. Velázquez. A. Mas. J. F. Takaki-Takaki. F. Victoria. A. & Trejo-Vázquez. I. (2000). La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones geográficas*. (43). 183-203.

Powell, G. V. (1979). Structure and dynamics of interspecific flocks in a Neotropical mid-elevation forest. *The Auk*, 96(2), 375-390.

Rodewald, A. D., & Yahner, R. H. (2001). Influence of landscape composition on avian community structure and associated mechanisms. *Ecology*, 82(12), 3493-3504.

Roque. J. S. (2015). *Caracterización estructural del hojaseñ (Flourenzia cernua) y especies asociadas como sustrato de anidación del Gorrión de Worthen (Spizella wortheni) en el Rancho Los Ángeles. Saltillo. Coahuila. México* (Doctoral dissertation. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8086/64077%20ALVARADO%20DIAZ%20JOSE%20ALFREDO%20TESIS.pdf>).

- Rzedowski. J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. D.F. 432 p.
- Rzedowski. J. 1993. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. In Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. T. P. Ramamoorthi. R. Bye. A. Lot y J. Fa (comps.). Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. p. 129-145.
- Sabo. S. R. (1980). Niche and habitat relations in subalpine bird communities of the White Mountains of New Hampshire. *Ecological monographs*. 50(2). 241-259.
- Schlossberg. S.. King. D. I.. Chandler. R. B.. & Mazzei. B. A. (2010). Regional synthesis of habitat relationships in shrubland birds. *The Journal of Wildlife Management*. 74(7). 1513-1522.
- Scott-Morales. L. Necedal. J. Cotera. M. & Canales-Delgadillo. J. (2008). Worthen's sparrow (*Spizella wortheni*) in the northern Mexican Plateau. *The Southwestern Naturalist*. 53(1). 91-96.
- Scott-Morales. L. M. Vela-Coiffier. P. Cotera-Correa. M. Almejo-Ramos. M. & Canales-Delgadillo. J. (2017). Reassessment of the distribution and population size of *Spizella wortheni*. *Bird Conservation International*. 28(3). 1-11.
- Velasco Bautista. I. A. Lozano Cavazos. E. A. D. A. Villarreal Quintanilla. J. O. S. E. & Heredia Pineda. F. J. D. (2015). Caracterización Estructural de la Mariola (*Parthenium incamun*) Como Sustrato de Anidamiento del Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el Rancho Experimental "Los Angeles". Saltillo, Coahuila.
- Vickery. P. D. M. L. Hunter jr. and S. M. Melvin. (1994). Effects of habitat area on the distribution of grassland birds in Maine. *Conserv. Biol.* 8:1087–1097.
- Walk. J. W. & Warner. R. E. (1999). Effects of habitat area on the occurrence of grassland birds in Illinois. *The American Midland Naturalist*. 141(2). 339-344.
- Wege. D. C. Howell S. N. G. & Sada A. M. 1993. The distribution and status of Worthen's Sparrow *Spizella wortheni*: a review. *Bird Conserv. Int.* 3: 211–220.

Wells. J. V. (2010). Birder's conservation handbook: 100 North American birds at risk. *Princeton University Press*.

Whittaker, R. H., & Likens, G. E. (1975). The biosphere and man. In *Primary productivity of the biosphere* (pp. 305-328). Springer, Berlin, Heidelberg.

Winter. M. Johnson. D. H. & Shaffer. J. A. (2005). Variability in vegetation effects on density and nesting success of grassland birds. *Journal of Wildlife Management*. 69(1). 185-197.