

Artículo Original. Septiembre-Diciembre 2018; 8(3):106-117. Recibido: 13/02/2018 Aceptado: 20/07/2018.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.8>

Descripción del hábitat invernal de aves de pastizal con sensores remotos y estimación visual

Description of the winter habitat of grassland birds with remote sensors and visual estimation

Montes-Aldaba Andrea^{1*} a.montes1801@gmail.com, Martínez-Guerrero José² che_hugo1@hotmail.com, López-Serrano Pablito³ p_lopez@ujed.mx, Pereda-Solís Martín² conplandg@hotmail.com, Strasser Erin⁴ erin.strasser@birdconservancy.org

¹Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. ³Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango, México. ⁴Bird Conservancy of the Rockies, Fort Collins, Colorado, United States of America. *Autor corresponsable de correspondencia: Montes-Aldaba Andrea. Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango; Carretera Durango-Mezquitil km 11.5 Durango, Durango, México CP 34307.

RESUMEN

Comprender la preferencia del hábitat de aves de pastizal que declinan sus poblaciones es importante para su conservación. Actualmente el uso de sensores remotos para describir el hábitat de aves en México es reciente y brinda estudios en menor tiempo y costo. El objetivo del trabajo fue describir la cobertura del suelo en áreas con gorriones del género *Ammodramus* en dos sitios de pastizal de Durango, con el protocolo de *Bird Conservancy of the Rockies* e imágenes de alta resolución. Se seleccionaron 40 puntos de localización aleatoriamente a partir de detecciones (n=1881) registradas del seguimiento de 33 individuos de *A. bairdii* y 23 de *A. savannarum*, mediante telemetría. Se obtuvo una métrica de vegetación y un ortomosaico con clasificación supervisada en 4 clases, donde se insertaron los puntos de localización, realizando un buffer de 5 metros de radio y generando porcentajes de clases. Ambas técnicas se correlacionan y demuestran ser útiles para cuantificar las variables observadas ($p \leq 0.05$); no existen diferencias significativas entre especies, ya que usan lugares con cobertura de pasto similares a los reportados en otros estudios ($61.24 \pm 4.07\%$, $62.78 \pm 4.24\%$). Estos resultados muestran que la tecnología geoespacial tiene gran potencial para la descripción del hábitat de aves de pastizal.

Palabras clave: gorrión Chapulinero, gorrión de Baird, teledetección, clasificación supervisada, vegetación.

ABSTRACT

Understanding habitat preferences of grassland birds declining is important for their conservation. Currently, the use of remote sensing technology to describe the habitat of grassland birds is a novel tool in México which may allow for more accurate assessments of grassland habitat. We used both, high-resolution photographs and a protocol established by *Bird Conservancy of the Rockies* that uses ocular estimation in order to estimate vegetation cover within areas where individual sparrows of the genus *Ammodramus* were recorded in two sites located in Durango. We radio tracked individuals of *A. bairdii* (n=33) and *A. savannarum* (n=23) daily (n=1881) and randomly selected 40 location points. Vegetation metric was obtained and from high-resolution photographs we created an orthomosaic with supervised classification in 4 classes of vegetation cover (%). At each bird location point, we estimated the percentage of each vegetation cover class within a 5 m radius area around the point. We did not find a significant difference between vegetation cover obtained by a high-resolution photographs or ocular estimations ($p \leq 0.05$) by species. Both species were found in areas with grass cover similar to those reported using different methods ($61.24 \pm 4.07\%$, $62.78 \pm 4.24\%$). These results indicate that the use of remote sensing provide favorable information for the characterization of grassland bird's habitat.

Keywords: Grasshopper sparrow, Baird Sparrow, remote sensing, supervised classification, vegetation.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, en Norteamérica las aves de pastizal han disminuido sus poblaciones de manera continua, más que cualquier otro grupo de aves terrestres (Sauer *et al.*, 2017; NACBI, 2016), esto derivado de la fuerte presión de actividades antropogénicas que originan la pérdida y fragmentación de su hábitat, falta de disponibilidad de alimento, incremento en la depredación, entre otros factores (Vickery *et al.*, 1999; Panjabi *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2011); este fenómeno se produce tanto en tierras reproductivas como en áreas donde pasan el invierno, donde el aumento de la frontera agrícola es determinante en ese efecto (Pool *et al.*, 2014).

Por ello, en la actualidad las aves de pastizal es uno de los grupos que se muestran atractivos en las investigaciones sobre la biodiversidad de los pastizales, ya que existen especies focales que son indicadores de la estabilidad de los procesos ecológicos (Berlanga *et al.*, 2010), esto incluye la creación de Áreas Prioritarias para la Conservación de Pastizales (APCP) de interés tri-nacional (CEC, 2005), situación que estimula el interés por incrementar el conocimiento de la biología y ecología de estas aves, permitiendo diseñar estrategias de conservación exitosas (Igl y Ballard, 1999).

Un ejemplo de aves focales de pastizal cuyas poblaciones se han visto mermadas, son el gorrión Chapulinero (*Ammodramus savannarum*) y el gorrión de Baird (*Ammodramus bairdii*), que tienen una tasa de crecimiento poblacional anual de -2.5% y el -2.0% respectivamente (Sauer *et al.*, 2017); lo anterior derivado de estudios a largo plazo realizados en tierras reproductivas (conteo de aves reproductoras de EUA; sin embargo la información acerca de su estancia invernal en México es reciente, y aún escasa (Peitz, 2007); y detalla abundancia y distribución (Martínez *et al.*, 2011), estructura de hábitat invernal a gran escala (Macías-Duarte *et al.*, 2009) y sobrevivencia invernal (Macías-Duarte *et al.*, 2017).

A cerca de los estudios ecológicos en aves silvestres, la gran mayoría incluyen descriptores de las características de la vegetación, como indicadores de la abundancia y densidad de las aves en los lugares donde se reproducen o pasan el invierno (Johnson, 2007); donde históricamente se han empleado diversas metodologías cuantitativas y cualitativas para evaluar el hábitat, la cobertura de suelo y la estructura de vegetación (Fisher y Davis, 2010); como lo son: el marco de Daubenmire, el cual establece un cuadrante de 20x50 centímetros ubicados sobre un transecto fijo y en él se registra la intercepción con vegetación (Daubenmire, 1959); el bastón de Robel que usa el método de obstrucción visual vertical, para medir densidad y cobertura de suelo (Robel *et al.*, 1970) y el bastón de Wiens, que se usa de manera vertical con divisiones cada 10 centímetros, registrando el número de veces que intercepta con la vegetación para medir altura y composición (Wiens, 1969); estas son las utilizadas con mayor frecuencia para conocer la estructura de la vegetación, con datos relevantes; esto con el objetivo de mejorar la comprensión de las relaciones hábitat-animal, a través de

rangos a pequeña escala (<1m) o a gran escala (>100 km²) y establecer estrategias de conservación efectivas (Vierling *et al.*, 2008).

En ese sentido, en la actualidad los sensores remotos y la teledetección constituyen una herramienta potencial para caracterizar y analizar áreas naturales a diversas escalas (Spanhove *et al.*, 2012), y generar datos que se usen para el mapeo de cobertura de tierra y predictores de modelos de hábitat de organismos de distintas especies (Gastón *et al.*, 2017), incluyendo al grupo de aves de pastizal (Guttery *et al.*, 2016), lo que reduce el sesgo de toma de datos métricos o estimaciones en campo y cubre una mayor área de estudio en menor tiempo y costo; estos son instrumentos que transforman la radiación electromagnética en información perceptible y analizable (Pérez, 2007). Referente a esto, los UAS optimizan el uso de sensores remotos por la capacidad de transportar un amplio rango de sensores y equipo de toma de imágenes, así como la capacidad de recibir y almacenar información (Anderson y Gastón, 2013); y además ofrecen la oportunidad de analizar a distintas escalas espaciales y temporales la estructura del paisaje (Tommervick *et al.*, 2014).

Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue caracterizar la vegetación y cobertura del suelo en puntos de detección de los gorriones *A. bairdii* (BAIS) y *A. savannarum* (GRSP) durante su estancia invernal, en la zona del Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales de Cuchillas de la Zarca, usando dos diferentes metodologías: a) Protocolo de estimación visual establecido por *Bird Conservancy of the Rockies* (BCR) de muestreo convencional de la vegetación; y b) Imágenes de alta resolución obtenidas mediante un UAS, para explorar la factibilidad de su uso; bajo el supuesto de que ambas metodologías arrojan resultados similares.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El proyecto se desarrolló en dos sitios de pastizal natural delimitados dentro de la Región de Cuchillas de la Zarca (CUZA); el primero denominado DOWE, con un área aproximada de 180.36 hectáreas; y el segundo SIMT, con un área de 137.96 hectáreas; ubicados entre las coordenadas geográficas extremas 26°20'11.24"N, 105°10'58.11"O a 26°17'5.98"N y 105°9'15.35"O (figura 1).

La vegetación se compone principalmente de matorral (91%) y pastizal natural (9%), con especies de gramíneas como *Bouteloa gracilis*, *Bouteloa curtipendula*, *Chloris virgata*, entre otras. El estrato arbustivo se constituye principalmente por *Acacia spp.*, *Opuntia spp.*, *Prosopis spp.*, *Junniperus ssp.*, *Brickellia spinulosa* y *Ephedra spp.* (Rzedowski, 1981).

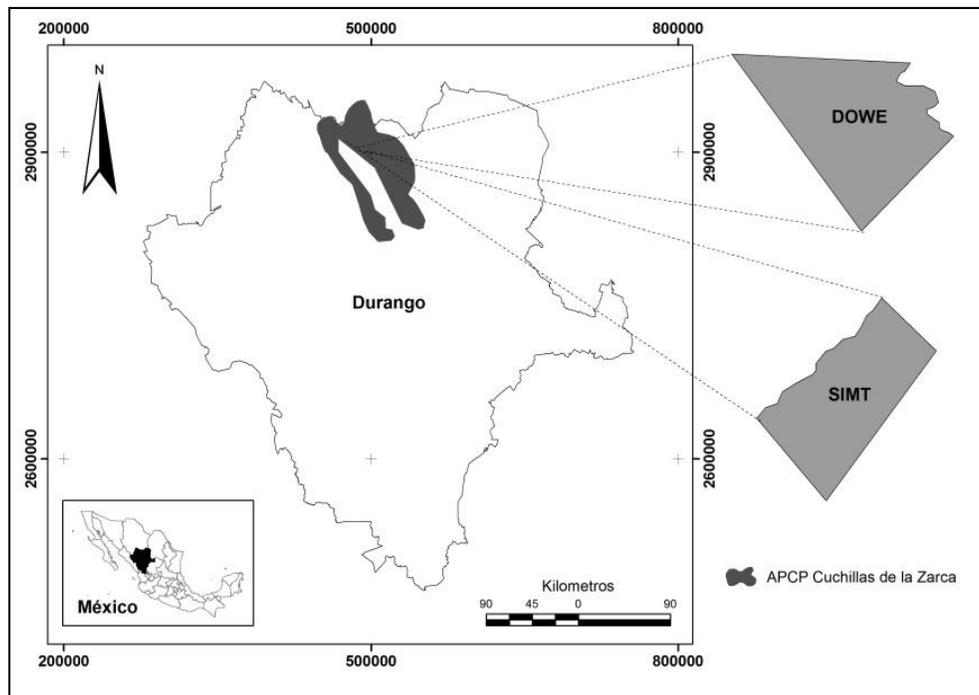


Figura 1. Área de estudio, Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales (APCP), Cuchillas de la Zarca

Captura de aves

Para la captura de aves se utilizaron 4 redes de niebla de 12 metros de largo y 2.60 metros de alto de polyester negro modelo KTX de *Avian Research Supplies*, AFO, de 36 milímetros de malla, y la ayuda de ocho personas para usar el método de arreo de las aves hacia la red (Panjabi y Beyer, 2010). Después de la captura, a cada una de las aves se le colocó un anillo metálico talla 1 del USGS (*United States Geological Survey*), para su identificación y se le tomaron las medidas zoométricas. Posteriormente se colocó un transmisor modelo PicoPip 379 de LOTEK®, de 0.5 gramos de peso, con una duración de la batería de 40 días aproximadamente, sujeto con un arnés de elástico (Rappole y Tipton, 1991).

Monitoreo de las aves

Durante todo el periodo invernal comprendido del 12 de diciembre de 2016 al 15 de marzo de 2017 (94 días), se realizó la localización visual diaria de cada individuo, mediante telemetría con la ayuda de un receptor de radio ATS (*Biotrackers*®) y auriculares (*David Clark*® modelo H10-00-4); los cuales detectan la señal de radio del transmisor. Una vez localizada se llevó el registro de las coordenadas de su ubicación con la ayuda de un navegador GPS marca *Garmin*® modelo Vista. El procedimiento anterior permitió elaborar una base de datos de puntos de localización de individuos de las dos especies en el estudio, para generar una serie de números aleatorios y seleccionar las localizaciones por especie y por sitio.

Muestreo de vegetación mediante protocolo de Bird Conservancy of the Rockies (BCR)

Para la recolección de los datos de vegetación, se utilizó el protocolo de (Macías-Duarte y Panjabi, 2013); el cual consiste en trazar un círculo de cinco metros de radio sobre el punto central de la ubicación del ave monitoreada y realizar una estimación visual del porcentaje de la cobertura (%) y la altura en centímetros (cm) de las variables pasto, arbustos y suelo desnudo (incluyendo rocas más pequeñas que un puño); así como otras coberturas (rocas, mantillo y material leñoso), de las cuales se seleccionaron las características de vegetación que se usaron para comparar con el método de clasificación de imágenes de alta resolución.

Imágenes de alta resolución obtenidas mediante vuelos de UAS

Las imágenes de alta resolución se obtuvieron a través de la cámara S110 NIR ® (Canales Verde, Rojo e Infrarrojo cercano), colocada en un UAS eBee ®; se realizó un vuelo en cada sitio, a una altura de 110 metros. De cada vuelo se generó un ortomosaico con resolución de 5 centímetros por pixel. Posteriormente se realizó una clasificación supervisada en el software ERDAS IMAGINE ®, mediante firmas espectrales de cada elemento *in situ*; esto es, un proceso en que los pixeles de identidad conocida (clases), se utilizan para clasificar pixeles de identidad desconocida. En la etapa de entrenamiento se seleccionaron las siguientes clases: pasto, arbusto, suelo desnudo y sombra. En la imagen se digitalizaron polígonos correspondientes a cada clase, cuyos datos numéricos se archivan en el software como regiones de interés; constituyendo las “áreas de entrenamiento”. Una vez que se dispone de un conjunto de dichas áreas, se adjudica cada uno de los pixeles de la escena a alguna clase, de acuerdo a los procedimientos establecidos en Richards (1999).

Con base en lo anterior se obtuvo una imagen clasificada de toda el área con las clases de pasto, arbusto, suelo desnudo y sombra. Con el fin de tener una escala igual a la usada en la metodología convencional de *Bird Conservancy of the Rockies*; en cada punto de localización de las aves seleccionadas se generó un buffer de 5 metros de radio para calcular el porcentaje de cobertura de cada una de las clases en el área del círculo. Este proceso se realizó en el software ArcMap v10.5 de ESRI®.

Análisis estadístico

La distribución de los datos obtenidos no cumplieron con los preceptos de la distribución normal; por lo que se realizó el análisis mediante el método no paramétrico de Kruskal-Wallis, para cada metodología (BCR, UAS), por sitio (DOWE, SIMT) y por especie (BAIS, GRSP), para las variables de respuesta que se lograron obtener en ambas metodologías: cobertura de pasto (%), cobertura de arbusto (%) y suelo desnudo (%), con el uso del paquete estadístico Number Cruncher Statistical Systems® (Hintze, 2001).

RESULTADOS

Durante el invierno 2016-2017, en el área de Cuchillas de la Zarca, con el uso de telemetría y el monitoreo de 56 aves del género *Ammodramus* (33 BAIS y 23 GRSP), se registraron 1881 puntos de localización georreferenciados, de los cuales se seleccionaron al azar diez por especie (n=2) y por sitio (n=2); obteniendo como resultados las tablas presentadas a continuación:

Tabla 1. Análisis de Kruskal-Wallis, de variables de cobertura de vegetación y suelo en dos sitios del Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales Cuchillas de la Zarca, con datos obtenidos mediante la clasificación supervisada de imágenes de alta resolución y protocolo de vegetación *Bird Conservancy of the Rockies*. Temporada invernal 2016-2017.

Metodología BCR		Sitio	
Variable	DOWE (n=20)	SIMT (n=20)	
Cobertura de pasto (%)	73.55±1.55 _a	82.8±1.55 _a	
Suelo desnudo (%)	8.3±1.02 _a	6.25±1.02 _a	
Cobertura de arbusto (%)	5.4±0.86 _a	4.9±0.86 _a	
Metodología imágenes de alta resolución		Sitio	
Variable	DOWE (n=20)	SIMT (n=20)	
Cobertura de pasto (%)	*72.31±3.98 _a	52.31±2.87 _b	
Suelo desnudo (%)	25.42±4.07 _b	35.96±2.96 _a	
Cobertura de arbusto (%)	0.69±0.17 _b	3.44±1.17 _a	
No clasificado	0.68±0.15 _b	8.29±2.46 _a	

*literales distintas entre columnas representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$, $Z \leq 1.96$)

Se destaca que las variables de la vegetación evaluadas por la metodología convencional de *Bird Conservancy of the Rockies*, donde utiliza la técnica de estimación visual del observador, no existen diferencias entre los sitios; por el contrario, en el análisis de las imágenes de alta resolución se observan diferencias para todas las variables entre ambos sitios, clasificando como suelo desnudo un mayor número de píxeles, por lo que esta categoría se incrementa notablemente en comparación con la metodología de *Bird Conservancy of the Rockies*.

Con respecto al análisis de las variables estudiadas por ambas metodologías en sitios de localización de gorriones del género *Ammodramus* (tabla 2), se observa que no existen diferencias significativas entre especies, lo que sugiere que el uso de imágenes de alta resolución obtenidas mediante UAS es factible para caracterizar el hábitat de ambas especies.

DISCUSIÓN

En ornitología la mayoría de los estudios que hablan sobre caracterización de hábitat de distintas especies de aves, se encuentran directamente relacionados con el estudio de variables de estructura de la vegetación, y son poco comunes los que caracterizan sitios específicos que usan las aves (Johnson, 2007); lo anterior resulta muy relevante cuando estudiamos hábitats y especies que se encuentran amenazadas, como el

ecosistema y las aves de pastizal (Berlanga *et al.*, 2010); ya que deben de cumplir con varias características deseables, como precisión, esfuerzo y costo (Sutherland *et al.*, 2004).

Los resultados obtenidos (tabla 1), nos indican que existen diferencias significativas entre las dos metodologías, cuando se analizan los dos sitios (DOWE y SIMT) para las variables de estudio; destacando que las imágenes de alta resolución establecen diferencias entre ambos lugares de estudio, situación que difiere bajo el análisis de la metodología de *Bird Conservancy of the Rockies*; por un lado debido a que el observador en la metodología BCR, realiza la estimación observando a la altura de sus ojos, y esto al replicarse hasta cientos de veces (cada localización), se convierte en un patrón de estimación constante, en el cual tiende a subestimar o sobrestimar, esto conocido como error humano (sesgo humano) (Bibby *et al.*, 1998).

Tabla 2. Análisis de Kruskal-Wallis, de variables de cobertura de vegetación y suelo en dos especies del género *Ammodramus*, del Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales Cuchillas de la Zarca, con datos obtenidos mediante la clasificación supervisada de imágenes de alta resolución y protocolo de vegetación *Bird Conservancy of the Rockies*. Temporada invernal 2016-2017.

Metodología BCR		Especie	
Variable	BAIS (n=20)	GRSP (n=20)	
Cobertura de pasto (%)	78.15±1.94 _a	78.2±1.94 _a	
Suelo desnudo (%)	7.45±1.02 _a	7.1±1.02 _a	
Cobertura de arbusto (%)	5.65±0.85 _a	4.65±0.85 _a	
Metodología imágenes de alta resolución		Especie	
Variable	BAIS (n=20)	GRSP (n=20)	
Cobertura de pasto (%)	61.24±4.07 _a	62.78±4.24 _a	
Suelo desnudo (%)	34.65±3.69 _a	26.74±3.50 _a	
Cobertura de arbusto (%)	1.39±0.24 _a	2.74±1.22 _a	

*literales distintas entre columnas representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$, $Z \leq 1.96$)

Por otro lado, la metodología de imágenes de alta resolución fue tomada a gran altura, ofreciendo una visión sin obstáculos; sin embargo, el error humano no está ausente a pesar del uso de alta tecnología, ya que radica en la habilidad del clasificador para asignar valores similares a nivel de pixel, y asociarlos en categorías de clasificación; y por otro lado al correcto procesamiento de las imágenes (Richards, 1999). Los estudios a pequeña escala se han realizado en diversos grupos de animales, como mamíferos terrestres (Stirnemann *et al.*, 2015), y para seleccionar áreas para la conservación de distintas especies (Heinrich *et al.*, 2017).

Consideramos que el hallazgo más importante en este estudio, es que analizando las variables de la vegetación en sitios de localización para cada especie del género *Ammodramus*, no se hayan encontrado diferencias significativas entre ambas especies, por ninguno de los dos métodos; lo que indica que ambas metodologías son útiles para caracterizar el hábitat de especies de aves de pastizal; sin embargo en términos de eficiencia tiempo-precisión, consideramos que el uso de sensores remotos para describir el hábitat de aves de pastizal a pequeña escala, es más eficiente que la

estimación visual; ya que por un lado, la metodología de *Bird Conservancy of the Rockies* ha sido probada en diversos estudios de aves invernantes (Panjabi *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2011; Macías-Duarte y Panjabi, 2013; Macías-Duarte *et al.*, 2017); sin embargo el uso de imágenes de alta resolución habría sido usado para describir aspectos generales del hábitat de pastizal a gran escala (nivel paisaje) en la misma región de estudio (De León-Mata *et al.*, 2014; Rodríguez-Maturino *et al.*, 2017) representando este estudio un primer intento para describir sitios específicos que usan las aves de pastizal.

En el mismo sentido, existen descripciones de las características de la vegetación y cobertura de suelo, que *A. bairdii* usa durante su estancia invernal en el Desierto Chihuahuense; donde Martínez y colaboradores (2011), durante tres inviernos (2007-2009), encontraron que esta especie se ubicaba en sitios con cobertura promedio del $66.9 \pm 1.34\%$ de pastos, $1.79 \pm 0.024\%$ de arbustos y $11.1 \pm 0.85\%$ de suelo desnudo, similares a los encontrados en este estudio por ambas metodologías. De igual manera Macías-Duarte y colaboradores (2011) relacionan la mayor densidad (individuos/km²) en coberturas de pasto mayores al 60%, en un estudio realizado en diez Áreas Prioritarias para la Conservación de Pastizales del Desierto Chihuahuense.

Para el caso de *A. savannarum* los resultados encontrados por ambas metodologías son similares a los descritos por Vickery (1999), donde a su vez, Macías-Duarte y Panjabi (2013), asocian la mayor densidad de *A. savannarum* a coberturas de pasto mayores al 60%, y cobertura de arbusto entre el 5% y 10% (Ruth, 2017); que concuerdan con los resultados obtenidos en el presente estudio y que tienen una base biológica explicable de acuerdo al sustento teórico que describe el hábitat de ambas especies.

CONCLUSIONES

El uso de imágenes de alta resolución tomadas mediante vuelos de UAS, demostró ser factible para describir el hábitat a pequeña escala de *A. bairdii* y *A. savannarum*, en áreas de uso de las aves para tres de las variables de cobertura de suelo más importantes en sitios de invernada (cobertura de pasto, cobertura de suelo desnudo y cobertura de arbusto); ya que se obtuvieron resultados similares a los del protocolo de BCR, pero siendo este método más eficiente en tiempo, esfuerzo de trabajo, costo del monitoreo, reducción del sesgo de datos métricos obtenidos en campo y presentando una menor perturbación a las especies y el ecosistema.

La información obtenida con estas metodologías es de gran utilidad desde el punto de vista de la ecología y conservación de las aves consideradas en este estudio; y es importante destacar que el uso de sensores remotos representa una opción novedosa que permite incorporar innovaciones a la investigación, y que ofrece oportunidades para desarrollar líneas de investigación en México sobre el uso de sensores remotos para ampliar el conocimiento sobre la descripción y uso de hábitat de distintas especies animales, así como resolver problemas con respecto al medio ambiente.

Este estudio representa el primer intento en México para caracterizar el hábitat invernal de aves del género *Ammodramus*, en sitios específicos de uso de las aves, mediante imágenes de alta resolución tomadas con UAS; por lo que el uso de esta tecnología geoespacial tiene un gran potencial en futuras investigaciones de aves de pastizal.

LITERATURA CITADA

ANDERSON K, Gastón KJ. 2013. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Front Ecol Environ.* 11(3): 138-146. DOI: [10.1890/120150](https://doi.org/10.1890/120150)

BERLANGA H, Kennedy JA, Rich TD, Arizmendi MC, Beardmore CJ, Blancher PJ, Butcher GS, Couturier AR, Dayer AA, Demarest DW, Easton WE, Gustafson M, Iñigo-Elias E, Krebs EA, Panjabi AO, Rodríguez-Contreras V, Rosenberg KV, Ruth JM, Santana-Castellon E, Vidal RMA, Will T. 2010. Conservando a nuestras aves compartidas: la visión trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres. *Cornell Lab. of Ornithology: Ithaca, N.Y. U.S.A.* 49 p. http://www.savingoursharedbirds.org/final_reports_pdfs/PIF2010%20Spanish%20FINAL_small.pdf

BIBBY C, Jones M, Marsden S. 1998. Expedition field techniques: Birds surveys. *Royal Geographical Society.* London, U.K. ISBN 978-0-907649-79-3

CEC (Commission for Environmental Cooperation) and The Nature Conservancy (TNC). 2005. North American central grasslands priority conservation areas: technical report and documentation. Eds J.W. Karl and J. Hoth. *Commission for Environmental Cooperation and The Nature Conservancy.* Montreal, Quebec. <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2568-north-american-grassland-priority-conservation-areas-en.pdf>

DAUBENMIRE R. 1959. A canopy-coverage method of vegetational analysis. *Northwest Science* 33:43–64.

DE LEÓN-MATA D, Pinedo-Álvarez A, Martínez JH. 2014. Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México. *Investigaciones Geográficas Boletín. No 84. Instituto de Geografía UNAM.* 42-53 p. <http://dx.doi.org/10.14350/ig.36568>

FISHER R, Davis S 2010. From Wiens to Robel: A review of grassland bird habitat selection. *J. of Wild. Manage.* 74(2) 265-273. <https://doi.org/10.2193/2009-020>

GASTÓN A, Ciudad C, Mateo-Sánchez MC, García-Viñas JI, López-Leiva C, Fernández-Landa A, Marchamalo M, Cuevas J, De la Fuente B, Fortin MJ, Saura Santiago. 2017. Species' habitat use inferred from environmental variables at multiple scales: how much we gain from high- resolution vegetation data? *Int. J. Appl. Earth Observat. Geoinform.* 55, 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2016.10.007>

GUTTERY M, Ribic C, Sample D, Paulius A, Trosen C, Dadisman J, Schneider D, Horton J. 2016. Scale-specific habitat relationships influence patch occupancy: defining neighborhoods to optimize the effectiveness of landscape-scale grassland bird Conservation. *Landscape ecol.* DOI [10.1007/s10980-016-0462-y](https://doi.org/10.1007/s10980-016-0462-y)

HEINRICH J, Aldridge C, O'Donnell M, Schumaker N. 2017. Using dynamic population simulations to extend resource selection analyses and prioritize habitats for conservation. *Ecol. Mod.* Vol. 359, 449-459. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.05.017>

HINTZE, J. 2001. *NCSS and PASS, Number Cruncher Statistical Systems*, Keyville, Utah, U.S.A. WWW.NCSS.com

IGL LD, Ballard BM. 1999. Habitat associations of migrating and overwintering grassland birds in southern Texas. *The Condor* 101:771–782. <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/condor/v101n04/p0771-p0782.pdf>

JOHNSON MD. 2007. Measuring habitat quality: a review. *Condor* 109:489–504. <https://doi.org/10.1650/8347.1>

MACÍAS-DUARTE A, Montoya AB, Mendez-Gonzalez CE, Rodriguez-Salazar JR, Hunt WG, Krannitz PG. 2009. Factors influencing habitat use by migratory grassland birds in the state of Chihuahua, Mexico. *Auk* 126:896-905. <https://doi.org/10.1525/auk.2009.08251>

MACÍAS-DUARTE A, Panjabi AO, Pool D, Youngberg E, Levandoski G. 2011. Wintering Grassland Bird Density in Chihuahuan Desert Grassland Priority Conservation Areas, 2007-2011. *Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, RMBO Technical Report I-NEOTROP-MXPLAT-10-2*. 164 p. https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2014/06/2011_Chihuahuan_Desert_Grassland_Bird_report_with_appendixAB.pdf

MACÍAS-DUARTE A, Panjabi AO. 2013. Association of habitat characteristics with winter survival of a declining grassland bird in Chihuahuan Desert grasslands of Mexico. *The Auk* 130(1):141-149. <https://doi.org/10.1525/auk.2012.12047>

MACÍAS-DUARTE A, Panjabi AO, Strasser EH, Levandoski GJ, Ruvalcaba-Ortega I, Doherty PF, Ortega-RC. 2017. Winter survival of North American grassland birds is driven by weather and grassland condition in the Chihuahuan Desert. Vol.88 (4):374-386. *J. of Field Ornithol.* DOI: [10.1111/jof.12226](https://doi.org/10.1111/jof.12226)

MARTÍNEZ JH, Wehenkel C, Pereda ME, Panjabi AO, Levandoski G, Corral JJ, Díaz R. 2011. Relación entre la cobertura del suelo y atributos de la vegetación invernal con *Ammodramus bairdii*, Audubon 1844, en el noroeste de México. *Agrociencia*; 45: 443-451. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000400004

NACBI (North American Bird Conservation Initiative), The State of North America's Birds 2016. *Environment and Climate Change Canada: Ottawa, Ontario*. 8 p. Cat. No.: CW66-527/2016E ISBN: 978-0-660-05104-8 www.stateofthebirds.org

PANJABI A, Youngberg E, Levandoski G. 2010. Wintering Grassland Bird Density in Chihuahua Desert Grassland Priority Conservation Areas, 2007-2010. *Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, RMBO Technical Report I-MXPLAT-08-03*. 83 p. https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2014/06/2011_Chihuahuan_Desert_Grassland_Bird_report_with_appendixAB.pdf

PANJABI A, Beyer L. 2010. Desert Grassland Bird Conservation: Is low winter survival driving population declines? Phase II. *Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, Final report I-MXPLAT-NPS-08-02*. 10 p. https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2015/08/Grassland-Bird-Survival-Phase-2_2010-Annual-Report.pdf

PÉREZ DJ. 2007. Laboratorio de Tectónica Andina. Retrieved from Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. http://aviris.gl.fcen.uba.ar/Curso_SR/Guia_Curso_sr_2007.pdf

PEITZ DG. 2007. Grassland bird monitoring at Herbert Hoover National historic site, Iowa; 2005-2006 State report. U.S. Department of Interior. National Park Service. *Fort Collins Co. U.S.A.* 29 p. <https://irma.nps.gov/DataStore/DownloadFile/152755>

POOL BD, Panjabi A, Macías-Duarte A, Soljhem D. 2014. Rapid Expansion of Croplands in Chihuahua, Mexico Threatens Declining North American Grassland Bird Species. *Biological Conservation*; 170:274-281 <http://dx.doi.org/10.1016>

RAPPOLE JH, Tipton AR. 1991. New harness design for attachment of radio transmitters to small passerines. *Journal of Field Ornithology*; 62(3):335-337. <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/jfo/v062n03/p0335-p0337.pdf>

RICHARDS JA. 1999. Remote sensing digital image analysis: An introduction. Springer-Verlag, Berlin, Germany. ISBN 978-3-642-30062-2

ROBEL RJ, Briggs JN, Dayton AD, and Hulbert LC. 1970. Relationships between visual obstruction measurements and weight of grassland vegetation. *Journal of Range Management* 23:295–297

RODRÍGUEZ-MATURINO A, Martínez-Guerrero JH, Chairez-Hernández I, Pereda-Solís M, Pinedo-Álvarez A. 2017. Variables del hábitat de pastizal asociadas a la densidad de aves granívoras en Malpais, Durango, México. *AGROPRUDUCTIVIDAD* 10(5):3-9. http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD_V_2017.pdf

RUTH JM. 2017. Life history attributes of Arizona Grasshopper Sparrow (*Ammodramus savannarum ammolegus*) and comparisons with other North American subspecies. *American Midland Naturalist* 178:64-81. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-178.1.64>

RZEDOWSKI J. 1981. *Vegetación de México*. Editorial LIMUSA. México. 505 p. http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf

SAUER JR, Hines JE, Fallon JE, Pardieck KL, Ziolkowski DJ Jr, Link WA. 2017. *The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966 - 2017*. Version 01.30.2015, Laurel, MD. Consulta: 18 de diciembre de 2017. [USGS Patuxent Wildlife Research Center](http://www.fws.gov/patuxent/wildlife)

SPANHOVE T, Vanden-Borre J, Delalieux S, Haest B, Paelinckx D. 2012. Can remote sensing estimate scale-fine quality indicators of natural habitats?. *Ecological Indicators* 18(2012):403-412. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.025>

STIRNEMANN I, Mortelli A, Gibbons P, Lindenmayer D. 2015. Fine-Scale Habitat Heterogeneity Influences Occupancy in Terrestrial Mammals in a Temperate Region of Australia. *PLoS One* 10(9) DOI: [10.1371/journal.pone.0138681](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138681)

SUTHERLAND W, Newton I, Green R. 2004. *Bird Ecology and Conservation: A handbook of techniques*. Oxford University Press. New York, U.S.A. ISBN-10: 0198520867

TOMMERVIK H, Karlsen SR, Nilsen L, Johansen B, Storvold R, Zmarz A, Beck P, Johansen K, Hogda K, Goetz S, Park T, Zagajewski B, Myneni R, Bjerke J. 2014. Use of unmanned aircraft systems (UAS) in a multi-scale vegetation index study of arctic plant communities in Adventdalen on Svalbard. *EARS eL eProceedings*. 2014; 13(S1): 47-52. http://www.e proceedings.org/static/vol13_S1/13_S1_tommervik1.pdf

VIERLING K, Vierling L, Gould W, Martinuzzi S, Clawges R. 2008. LIDAR: shedding new light on habitat characterization and modelling. *Fron. Ecol. Environ.* 6(2):90-98. DOI: [10.1890/070001](https://doi.org/10.1890/070001)

VICKERY PD, Tubaro P, Da Silva JMC, Peterjohn BC, Herkert JR, Cavalcanti RB. 1999. Conservation of grasslands birds in the western hemisphere. *Studies in Avian Biology*; 19: 2-26. ISBN 1-891276-11-5. https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/sab/sab_019.pdf

WIENS, JA. 1969. An approach to the study of ecological relationships among grassland birds. *Ornithological Monographs* 8:1-93.