

Relación especie-hábitat del Tordo Sargento (*Agelaius phoeniceus*) en la península de Yucatán

Species-habitat relationship of the Red-winged Blackbird (*Agelaius phoeniceus*) in the Yucatan peninsula

Davira Yolanda Palma-Cancino^{1*},
Richard E. Feldman²,
Luis F. De León³,
Azucena Canto¹

¹Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Chuburná de Hidalgo, CP. 97205. Mérida, Yucatán, México.

²Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry. 2140 East Bank Dr, Peterborough, ON K9L 1Z8, Canada.

³University of Massachusetts Boston. Boston, MA 02125, USA.

*Autor de correspondencia:
davirapalma@gmail.com

Artículo científico

Recibido: 12 de julio 2022

Aceptado: 03 de diciembre 2022

Como citar: Palma-Cancino DY, Feldman RE, De León LF, Canto A (2022) Relación especie-hábitat del Tordo Sargento (*Agelaius phoeniceus*) en la península de Yucatán. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(3): e3413. DOI: 10.19136/era.a9n3.3413

RESUMEN. Comprender los factores que determinan la variación en la distribución de una especie, reconociendo que la asociación con su hábitat puede variar entre temporadas fenológicas, permite hacer predicciones sobre su distribución ante los cambios globales. El objetivo del estudio fue analizar cómo varía la asociación con el hábitat y la distribución del tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) por temporada reproductiva (mayo-julio) y no reproductiva (diciembre-enero) en la península de Yucatán, México. Se usaron listas de eBird para generar datos de detección/no detección de la especie y la cobertura del suelo/cobertura urbana como indicador del tipo de hábitat. Se usó random forest para modelar la probabilidad de ocurrencia y distribución por temporada con la detección/no detección como variable de respuesta y 13 covariables de cobertura del suelo, dos de luces de la ciudad, y cuatro de esfuerzo de muestreo como predictores. Los predictores con mayor aportación relacionados de forma positiva con la ocurrencia fueron la sabana, sabana leñosa, pastizales, humedales, número de observadores, distancia y duración de la observación. Los más relacionados de forma negativa fueron el bosque perenne, las luces de la ciudad y hora de inicio de la observación. En ambas temporadas, la especie ocurre en tipos de vegetación cercanos a la costa o vegetación inundable (humedales, sabana y pastizales), y evita bosques y ciudades, sugiriendo que la asociación especie-hábitat del tordo sargento en la región es poco afectada por la estacionalidad.

Palabras clave: Ciencia ciudadana, distribución, estacionalidad, ocurrencia, random forest.

ABSTRACT. Acknowledging that a species' association with habitat may vary among phenological seasons, allows us to make predictions about how its distribution might respond to global change. In our study, we analyzed how habitat associations for Red-winged Blackbird (*Agelaius phoeniceus*) varied between the breeding (May-July) and non-breeding (December-January) seasons in the Yucatan Peninsula, Mexico. We used eBird checklists to generate species detection/non-detection data and land cover classes and urban light intensity to indicate habitat type. We used Random Forest to model occurrence probability per season with detection/non-detection as the response variable and 13 land cover classes, two city light variables, and four measures of sampling effort as predictor variables. The predictors with the greatest contribution that were positively associated with occurrence were savannah, woody savannah, grassland, and wetland cover, the number of observers, and observation distance and duration. The predictors most negatively associated with occurrence were evergreen forest cover, city lights and observation start time. In both seasons the species occurred in coastal vegetation types (wetlands, savannahs, grasslands), and avoided urbanized areas and forest, suggesting that Red-winged Blackbird in the region is affected little by seasonality.

Key words: Citizen science, distribution, seasonality, occurrence, random forest.

INTRODUCCIÓN

Estudiar los factores que afectan la distribución de las especies es importante para entender cómo se estructura la diversidad de especies de una región (Pilowsky *et al.* 2022). En regiones tropicales, los cambios en la precipitación pluvial pueden influir en la estructura de la vegetación y, por lo tanto, en la disponibilidad de recursos de alimentación y reproducción para diversas especies de vertebrados e invertebrados (Hazard *et al.* 2022, Stephenson *et al.* 2022). Cuando los recursos del hábitat cambian, los animales, para satisfacer sus requerimientos de forrajeo y maximizar su oportunidad de sobrevivencia y reproducción, pueden desplazarse a otras coberturas de suelo para obtener sus recursos (Shute *et al.* 2021). En este sentido, se ha reportado que algunas especies de aves residentes en regiones templadas son flexibles en sus áreas de forrajeo aprovechando diferentes coberturas del suelo que proporcionan recursos alimenticios en el verano e invierno (Tarjuelo *et al.* 2020). Sin embargo, la mayoría de los estudios se enfocan en una sola estación o temporada, descuidando la variación en la vegetación asociada al cambio de estación (Kawamura *et al.* 2019). En los trópicos, esta información es escasa y se requieren estudios que vinculen directamente la estacionalidad de las aves residentes con su distribución.

Comparado con los ambientes templados, los trópicos tienen una mayor diversidad de especies de aves y sus rangos de distribución generalmente son más pequeños (Lees *et al.* 2022). Además, durante el invierno, la región neotropical recibe una gran cantidad de especies migratorias lo que implica un aumento en la competencia e influir su comportamiento de forrajeo (Munoz y Colorado 2021). Por lo anterior, las aves pueden responder de manera diferente a la estacionalidad para cubrir sus requerimientos, dependiendo de la región.

La península de Yucatán es una región neotropical que, a través del año, presenta una mezcla de hábitats estacionales regidos por la variación en la precipitación, con periodos de sequía preestival e intraestival (De la Barrera *et al.* 2020). También presenta una considerable riqueza de especies

de aves migratorias, especialmente en los hábitats de la costa (Echeverría-Caro *et al.* 2022), por lo que estos hábitats son un buen sistema para estudiar la influencia de la estacionalidad en la distribución de las especies. En este contexto, el tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) evolucionó en los humedales tropicales (Barker *et al.* 2008) y todavía usa sitios con vegetación inundable durante su época reproductiva (Yasukawa y Searcy, 2020). En la zona templada, la especie ha colonizado hábitats antropogénicos y puede ser considerada plaga de cultivos agrícolas, especialmente durante el invierno cuando cambia su dieta de insectívora a principalmente granívora (Werrell *et al.* 2021). Esto indica que la especie puede utilizar diferentes hábitats en función de la época del año. Sin embargo, en la península de Yucatán, no hay grandes extensiones agrícolas como en las regiones templadas, lo que podría limitar la distribución de la especie a humedales y, por lo tanto, presentar menos flexibilidad en su uso de hábitat a través del año, comparado a lo que se ha registrado en las regiones templadas (Bélanger *et al.* 2021, Ingold 2022).

El objetivo de este estudio fue analizar la asociación entre tipo de hábitat y la distribución regional del tordo sargento en la península de Yucatán y cómo esta asociación varía entre temporadas reproductiva y no reproductiva. Asumimos que la ocurrencia de esta especie es mayor en las zonas de humedales, y que sus movimientos hacia otros hábitats dependen de la estación. Para el propósito de este estudio, se tomó la cobertura del suelo como indicador del tipo de hábitat, y la probabilidad de detectarla en avistamientos como indicador de la ocurrencia de la especie. El tordo sargento es una especie común y abundante, es fácil de identificar y presenta una distribución amplia. Estas características permiten tener datos de ocurrencia de buena calidad para generar modelos de distribución (Van *et al.* 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se consideró como área de estudio la península de Yucatán, conocida como Provincia Biótica

Península de Yucatán (PBPY) de acuerdo con Miranda (1958). El área abarca los estados de Yucatán, Quintana Roo, Campeche, y cinco municipios de Tabasco (Balancán, Centla, Emiliano Zapata, Jonuta y Tenosique), tres de Chiapas (Catazajá, La Libertad y Ocosingo), tres Departamentos del norte de Belice (Belice, Corozal y Orange Walk), así como el Departamento del Petén de Guatemala.

La temperatura media anual en la región es de 18 a 27 °C (Santillán-Fernández *et al.* 2021). La temporada de lluvias es de junio a octubre, con una sequía intra-estival en junio-agosto (conocido como la canícula) y la temporada seca es de noviembre a abril, con una temporada de frentes fríos de octubre a febrero, denominada Nortes si acarrearán humedad y lluvias (De la Barrera *et al.* 2020). La PBPY presenta un gradiente espacial continuo de precipitación que crea el siguiente patrón de distribución de las comunidades vegetales de acuerdo con Barber *et al.* (2001): zona noroeste, la cual se caracteriza por vegetación espinosa o suculentas adaptadas a las temperaturas altas de la zona (26-27 °C), es considerada una zona subárida (450-550mm anual), con sequías severas de al menos seis meses al año; zona del centro de la península caracterizada por fanerófitas caducifolias, especialmente leguminosas, con temperaturas menores (25-26 °C) y mayor lluvia (1 000-1 300 mm precipitación anual); y zona sur-suroeste con vegetación de selva húmeda con especies perennifolias, asociada a valores mayores de lluvia (1 500-2 000 mm precipitación anual).

En la costa de la península se encuentran manglares, pastizales inundables, petenes y sabanas húmedas. Estos tipos de cobertura de vegetación están asociados al agua y algunos permanecen inundados todo el año o en la época de lluvias, dependiendo del tipo de suelo (Morales-Ojeda *et al.* 2021).

Especie de estudio

El tordo sargento se distribuye desde el sur de Alaska y Canadá central hasta Costa Rica (Yasukawa y Searcy 2020). La especie tiene poblaciones migratorias en Canadá y el norte de Estados Unidos que pasan el invierno en el sur de Estados Unidos y México, mientras que algunas de sus pobla-

ciones del sur de Estados Unidos y las poblaciones de México son residentes todo el año (Stonefish *et al.* 2021). De acuerdo con MacKinnon (2013), el periodo reproductivo de esta ave es de abril a julio, pero en la región del presente estudio se observó y consideró como temporada reproductiva de mayo a julio, que es cuando es más probable que sus territorios de anidación estén bien establecidos (Yasukawa y Searcy, 2020). Para reducir el sesgo del periodo migratorio previo y posterior a la reproducción, se consideró la temporada no reproductiva de diciembre a enero (Fink *et al.* 2021).

El tordo sargento es un ave gregaria y durante su temporada reproductiva es muy territorial (Yasukawa y Searcy 2020). Este comportamiento territorial se detecta fácilmente ya que los machos vocalizan enérgicamente mientras expanden las alas, a manera de defensa y despliegue para mantener sus territorios al inicio de la etapa de reproducción (Louder *et al.* 2020, Wisenden *et al.* 2020). Los tordos sargento adultos son principalmente granívoros, forrajean en cultivos agrícolas como arroz (*Oryza sativa*), girasol (*Helianthus annuus*), maíz (*Zea mays*) y trigo (*Triticum spp.*) (Werrell *et al.* 2021) en las zonas templadas. También incluyen insectos en su dieta durante la temporada reproductiva y sus crías son básicamente insectívoras (Yasukawa y Searcy 2020). Esta especie generalmente ocupa humedales como hábitat reproductivo, aunque también puede anidar en pastizales y praderas (Yasukawa *et al.* 2020, Buckley *et al.* 2022).

Datos de detección/no detección

Para analizar la ocurrencia del tordo sargento, se utilizaron las listas de observación registradas en la base de datos de ciencia ciudadana eBird (eBird 2021) del 2009 al 2020 para la península de Yucatán. Cada lista de observación incluyó información sobre la identidad de la especie, ubicación geográfica (latitud, longitud) del sitio de observación, protocolo usado en la observación, fecha, distancia recorrida y tiempo que duró la observación (eBird 2021). Se utilizaron solo las listas de observación completas (es decir, los observadores indicaron que registraron todas las aves detectadas e identificadas), lo que per-

mitió considerar la ausencia del tordo sargento en una lista como una no detección (Johnston *et al.* 2021). Se filtraron las listas de observación completas conservando aquellas que presentaban el tipo de protocolo Stationary (punto fijo) y Traveling (recorrido), con duración de observación menor o igual a 5 h, distancia recorrida menor o igual a 5 km (cero para protocolo Stationary) y con 10 o menos observadores (Strimas-Mackey *et al.* 2020). La base de datos obtenida se categorizó por temporada reproductiva y no reproductiva.

Para reducir el sesgo espacial y el desbalance entre las listas con detección o no detección de la especie, se realizó un submuestreo (Johnston *et al.* 2021) con el paquete dggridR (Barnes y Sahr 2017) en R v 4.1.2 (R Core Team 2021). Para lo cual se delimitó una matriz espacial de hexágonos para la región de estudio, con una distancia de 5 km entre los centros de cada hexágono. En cada hexágono se seleccionó aleatoriamente un par de listas para cada semana de cada año, una con detección y una con no detección (Strimas-Mackey *et al.* 2020). Con el submuestreo el número total de listas para la temporada reproductiva se redujo de 16 495 a 7 138 y de 19 129 a 7 769 para la temporada no reproductiva.

Variables explicativas

Se añadió la variable de cobertura del suelo derivada del satélite MODIS, producto MCD12Q1 v006 (Friedl y Sulla-Menashe 2019) como indicador del tipo de hábitat. La cobertura del suelo se clasificó según Hansen *et al.* (2010), determinando 13 clases de cobertura en la región de estudio (Figura 1). Debido a que el producto de MODIS puede clasificar de manera errónea las áreas urbanas, en especial en ciudades de pequeñas a medianas en tamaños (Wan *et al.* 2015), se usaron los datos de intensidad lumínica derivados de la base de datos DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series versión 4. La intensidad lumínica de las ciudades permite la detección de las áreas urbanas. La base de datos de luces incluye archivos anuales multitemporales (1992-2013) que promedian los datos anuales de la intensidad lumínica de ciudades, pueblos y otros sitios con iluminación constante, en píxeles de 1 km x 1 km (Zhao

et al. 2019).

Considerando que la ubicación de cada lista puede no ser exactamente el punto donde se detectó a la especie, se resumieron los datos de la cobertura del suelo en una zona buffer de 2.5 x 2.5 km con la latitud y longitud de la lista como centro (Strimas-Mackey *et al.* 2020). Con el paquete exactextractr (Bastón D 2022) en R v 4.1.2 (R Core Team 2021), se extrajeron los valores de las capas de cobertura del suelo y se calculó la proporción de la zona buffer dentro de cada clase de cobertura de suelo. También, se calculó la media de los valores de intensidad lumínica luces de ciudad y su desviación estándar con los píxeles de luz dentro de la zona buffer (Johnston *et al.* 2021). Finalmente, los valores obtenidos de cada variable para cada lista se adjuntaron a la base de datos de detección/no detección.

Modelado de probabilidad de ocurrencia

Para estimar la probabilidad de que la especie esté presente, las listas de observación se dividieron aleatoriamente en 80% de entrenamiento para generar y 20% de prueba para evaluar el modelo. Los datos de entrenamiento se utilizaron para ajustar un modelo de random forest balanceado por temporada con el paquete ranger (Wright y Ziegler 2017) implementado en R v 4.1.2 (R Core Team 2021), usando como variable de respuesta la detección/no detección del tordo sargento y las variables de cobertura del suelo y luces de la ciudad como predictores. También, se añadieron cuatro variables de esfuerzo de muestreo de las listas (hora de inicio de la observación, duración en minutos, distancia recorrida en kilómetros y número de observadores) como covariables para considerar la variabilidad en la detección de la especie dependiendo del esfuerzo de muestreo. Después de aplicar el random forest balanceado, su calibración se realizó con un modelo aditivo generalizado, usando el paquete scam (Pya y Wood 2014) en R v 4.1.2 (R Core Team 2021). Para ello, se consideró la ocurrencia de detecciones como variable de respuesta y la probabilidad de ocurrencia como la variable predictora.

Para evaluar el desempeño de los modelos de random forest balanceado y el modelo calibrado, se

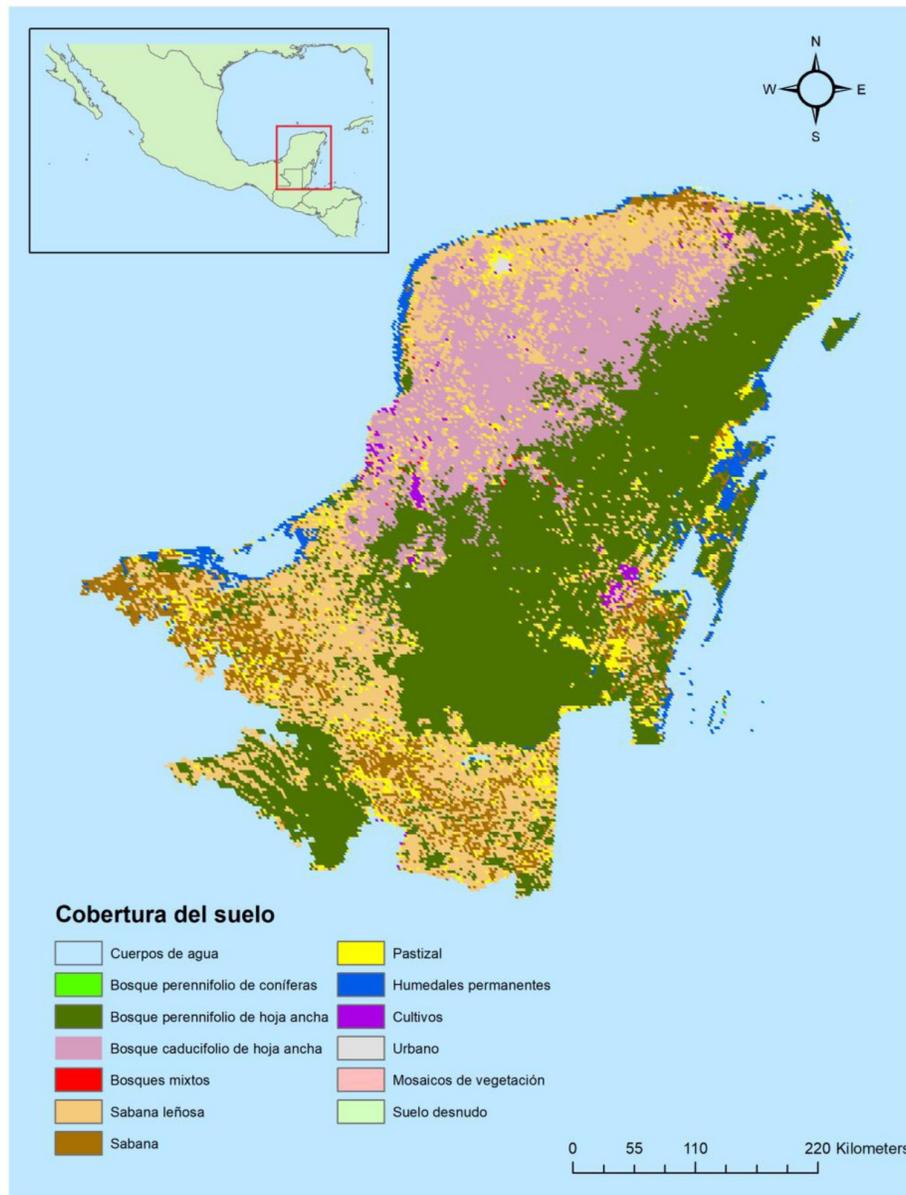


Figura 1. Distribución de los tipos de cobertura del suelo de acuerdo a la clasificación de MODIS en la Provincia Biótica Península de Yucatán en el año 2019.

usaron las listas de prueba para evaluar la precisión de las predicciones, calculando el error cuadrático medio (MSE), y para evaluar la habilidad discriminativa de los modelos, se consideró el área bajo la curva (AUC). El modelo calibrado presentó un menor MSE, por lo que éste se utilizó para modelar la ocurrencia de la especie por temporada.

Para analizar la diferencia en las asociaciones

entre la detección del tordo sargento y las variables y covariables explicativas por temporada, se calculó y graficó de acuerdo con el índice de Gini la importancia de los predictores (Amdouni *et al.* 2022) en el modelo de probabilidad de ocurrencia. Los valores mayores indican un mayor poder predictivo de la variable en el modelo. También se calculó la dirección del efecto de los predictores y se obtuvieron gráfi-

cas de dependencia parcial que muestran el efecto marginal de un predictor dado en la probabilidad de ocurrencia promediada entre los otros predictores (Strimas-Mackey *et al.* 2020).

Distribución del tordo sargento por temporada

Para generar los mapas de probabilidad de ocurrencia por temporada, primero se construyó la superficie de predicción para la península de Yucatán. La superficie de predicción se determinó con las capas de cobertura del suelo e intensidad lumínica, construyendo una matriz de celdas (ráster) de 2.5 x 2.5 km, se asignó el valor de 1 a las celdas dentro del polígono de la península de Yucatán y se dejaron vacías las que quedaron fuera del polígono. Asimismo, se calculó la proporción de cada clase de cobertura de suelo, y la media y desviación estándar de las luces de la ciudad dentro de cada celda.

Al ráster se añadieron las variables de esfuerzo de una lista estándar de eBird de 1 h de observación, 1 km de distancia, y la hora óptima para detectar a la especie (calculado con las listas 05:00 temporada reproductiva y 05:02 no reproductiva) (Strimas-Mackey *et al.* 2020) en cada celda. Se usó el modelo calibrado de random forest balanceado para estimar la probabilidad de ocurrencia (proporción esperada de listas estándar que detecten a la especie) en cada celda, se convirtieron los datos a un formato espacial y se generó una imagen ráster. Se dividió en “deciles” los datos resultantes de la estimación de valor de ocurrencia por celda, se tomaron las celdas con valores dentro del noveno decil para obtener la superficie en kilómetros cuadrados correspondiente al 10% de los valores superiores de ocurrencia por temporada, y se extrajeron los municipios que se sobreponen con estos valores en la región. Para la temporada reproductiva, se tomaron los valores mayores a 0.152 y para la no reproductiva los valores mayores a 0.184.

RESULTADOS

Modelado de probabilidad de ocurrencia

Las variables con mayor poder predictivo fueron seis clases de cobertura de suelo (sabana,

bosque perenne de hoja ancha, sabana leñosa, pastizales, agua y humedales), las luces de la ciudad (media y desviación estándar) y el esfuerzo de muestreo de las listas de observación de eBird (hora de inicio, minutos de duración, distancia recorrida y número de observadores). Las clases de cobertura de suelo con menor poder predictivo fueron el matorral cerrado, bosque perenne de coníferas y mosaico de vegetación.

Respecto a las clases de cobertura del suelo con mayor poder predictivo, el índice de Gini mostró que, en ambas temporadas, la sabana fue la clase que más explicó la ocurrencia del tordo sargento (Figura 2). En general, las variables fueron más importantes en la temporada reproductiva que la no reproductiva, con menos diferencia entre temporadas en la importancia de cobertura de suelo de sabana leñosa y humedales (Figura 2).

En ambas temporadas, la probabilidad de ocurrencia se relacionó de forma positiva con la proporción de cobertura de sabana, pastizales y humedales (Figura 3A, 3I, 3J), y de forma negativa con la proporción de cobertura de bosque perenne de hoja ancha y la media de las luces de la ciudad (Figura 3C y 3D). En la sabana leñosa, la probabilidad de ocurrencia del tordo sargento se incrementó conforme aumentó este tipo de sabana hasta un 50% de cobertura, pero en valores mayores de cobertura la ocurrencia disminuyó (Figura 3E).

En cuanto a las variables de esfuerzo de muestreo, en ambas temporadas, reproductiva y no reproductiva, la probabilidad de detectar al tordo sargento aumentó con la distancia recorrida durante la observación, a mayor duración de la observación, y con mayor número de observadores (Figura 3F, 3G, 3L), pero disminuyó a medida que la observación se inició más tarde durante el día (Figura 3B).

Distribución del tordo sargento por temporada

En los mapas generados de probabilidad de ocurrencia de la especie, se pueden apreciar diferencias en la distribución por temporada reproductiva y no reproductiva. De acuerdo con la superficie correspondiente al 10% de los valores superiores de probabilidad de ocurrencia, la especie amplía su

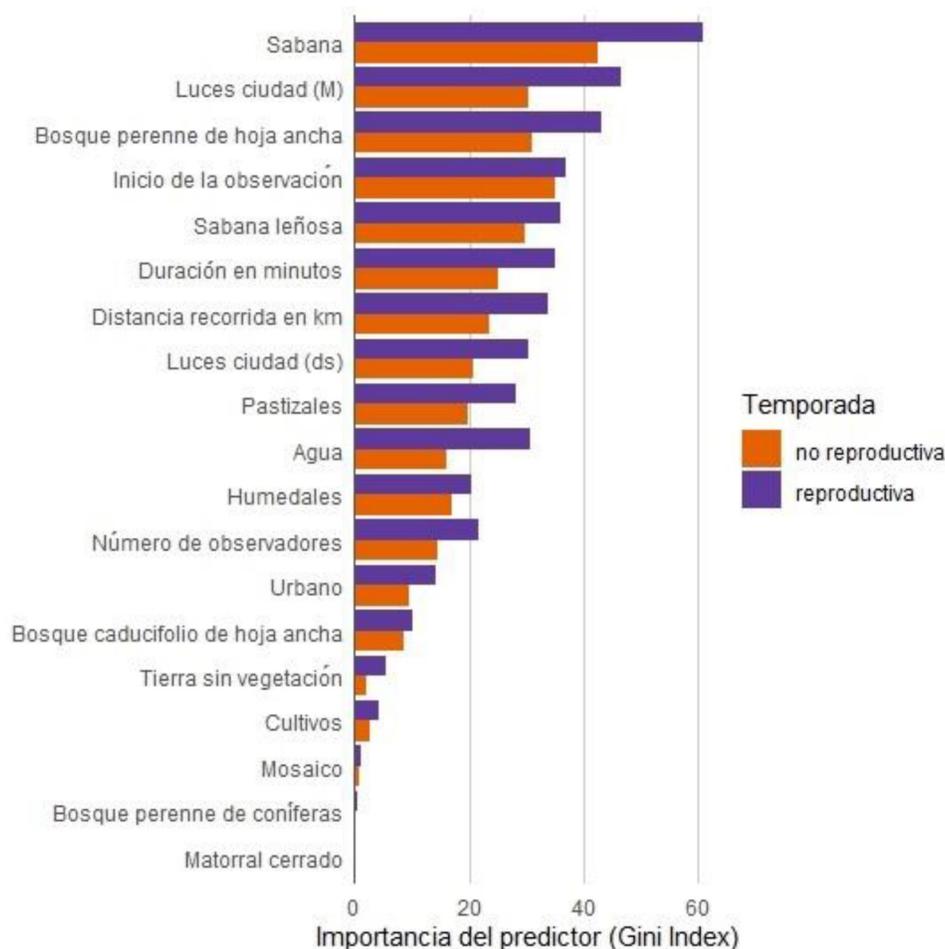


Figura 2. Importancia de las variables predictivas para explicar la detección del tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) por temporada. El MSE y el AUC de los modelos de la temporada reproductiva fueron 0.0747 y 0.833 y no reproductiva 0.043 y 0.847, respectivamente. Luces ciudad (M) = media de la intensidad y Luces ciudad (ds) = desviación estándar de la intensidad.

distribución geográfica dentro de la región durante la temporada no reproductiva (Tabla 1), principalmente en el sur de Campeche cerca de los límites con Quintana Roo, y en la parte noreste de Yucatán y Quintana Roo (Figura 4).

DISCUSIÓN

Los hábitats asociados con la ocurrencia del tordo sargento

A diferencia de la zona templada donde el tordo sargento, además de los humedales, se asocia con hábitats suburbanos como cultivos, mosaicos

de vegetación y granjas (Bélanger *et al.* 2021, Ingold 2022, Robinson y McChesney 2022), en la península de Yucatán encontramos que su ocurrencia fue restringida a los hábitats con vegetación inundable permanente o temporalmente. Esta ocurrencia fue similar tanto en la temporada reproductiva como no reproductiva.

Aunque se ha reportado a los humedales como el hábitat que más usa esta ave (Yasukawa y Searcy 2020), nuestros resultados indican que la cobertura de sabana y sabana leñosa tienen una mayor contribución a su ocurrencia. En la península de Yucatán, la sabana se mezcla con los humedales costeros y pastizales, los cuales generalmente se en-

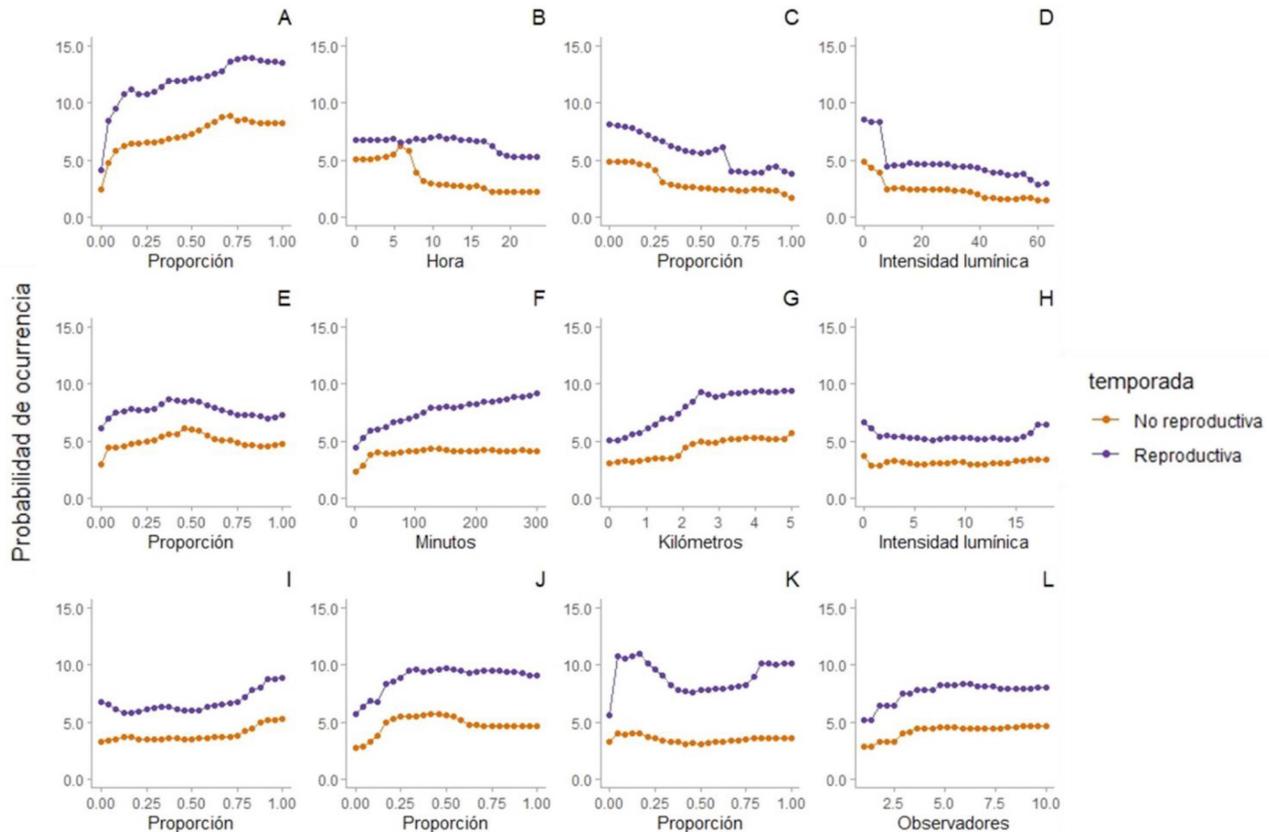


Figura 3. Relación de las variables más explicativas dentro de los modelos con la probabilidad de ocurrencia del tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) por temporada: A) sabana, B) inicio de la observación, C) bosque perenne de hoja ancha, D) luces ciudad (media), E) sabana leñosa, F) duración de la observación, G) distancia recorrida, H) luces ciudad (desviación estándar), I) pastizales, J) humedales, K) agua y L) número de observadores.

Tabla 1. Superficie y municipios con mayor probabilidad de ocurrencia por temporada del tordo sargento en la Provincia Biótica Península de Yucatán.

Temporada	Superficie (km ²)	Municipios y distritos (BLZ)
Reproductiva	22 591.59	CHP: Ocosingo, La Libertad, Catazajá. TAB: Balancán, Tenosique, E. Zapata, Jonuta, Centla. CAM: Calkiní, Champotón, Escárcega, Carmen, Candelaria, Palizada, Hopolchén, Campeche, Hecelchakán. YUC: Tekax, Tizimín, Río Lagartos, Panabá, San Felipe, Buctzotz, Dzilam de Bravo, Dzilam Gonzáles, Dzidzantún, Yobaín, Sinanché, Telchac Puerto, Dzemul, Ixil, Progreso, Hunucmá, Celestún, Halachó. QRO: Othón P. Blanco, Bacalar, F. Carrillo Puerto, Tulum, Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, Isla Mujeres. GTM: San Andrés, La Libertad, San José, Flores, Santa Ana, San Benito, Melchor de Mencos, San Francisco, Dolores, Sayaxché, San Luis, Poptún. BLZ: Orange Walk, Corozal, Belice.
No reproductiva	26 189.49	CHP: Ocosingo, La Libertad, Catazajá. TAB: Balancán. Tenosique, E. Zapata, Jonuta, Centla. CAM: Calkiní, Champotón, Carmen, Candelaria, Palizada, Tenabo, Calakmul, Escárcega, Hopolchén, Hecelchakán. YUC: Tizimín, Río Lagartos, Panabá, San Felipe, Buctzotz, Dzilam de Bravo, Dzilam Gonzáles, Dzidzantún, Su-cilá, Yobaín, Sinanché, Telchac Puerto, Dzemul, Ixil, Progreso, Hunucmá, Celestún, Halachó. QRO: Othón P. Blanco, Bacalar, F. Carrillo Puerto, Tulum, Benito Juárez, Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas, José María Morelos, Puerto Morelos. GTM: San Andrés, La Libertad, San José, Flores, Santa Ana, San Benito, Melchor de Mencos, San Francisco, Dolores, Sayaxché, San Luis, Poptún. BLZ: Orange Walk, Corozal, Belice.

*CHP = Chiapas, TAB = Tabasco, CAM = Campeche, YUC = Yucatán, QRO = Quintana Roo, GTM = Guatemala, BLZ = Belice.

cuentan en suelos con drenaje deficiente que suelen inundarse durante la época de lluvias (Morales-Ojeda *et al.* 2021). Además, la sabana presenta

una vegetación herbácea, a veces con *Typha sp.* (Vázquez-Vázquez *et al.* 2012), la cual es conocida como un recurso importante para la anidación de

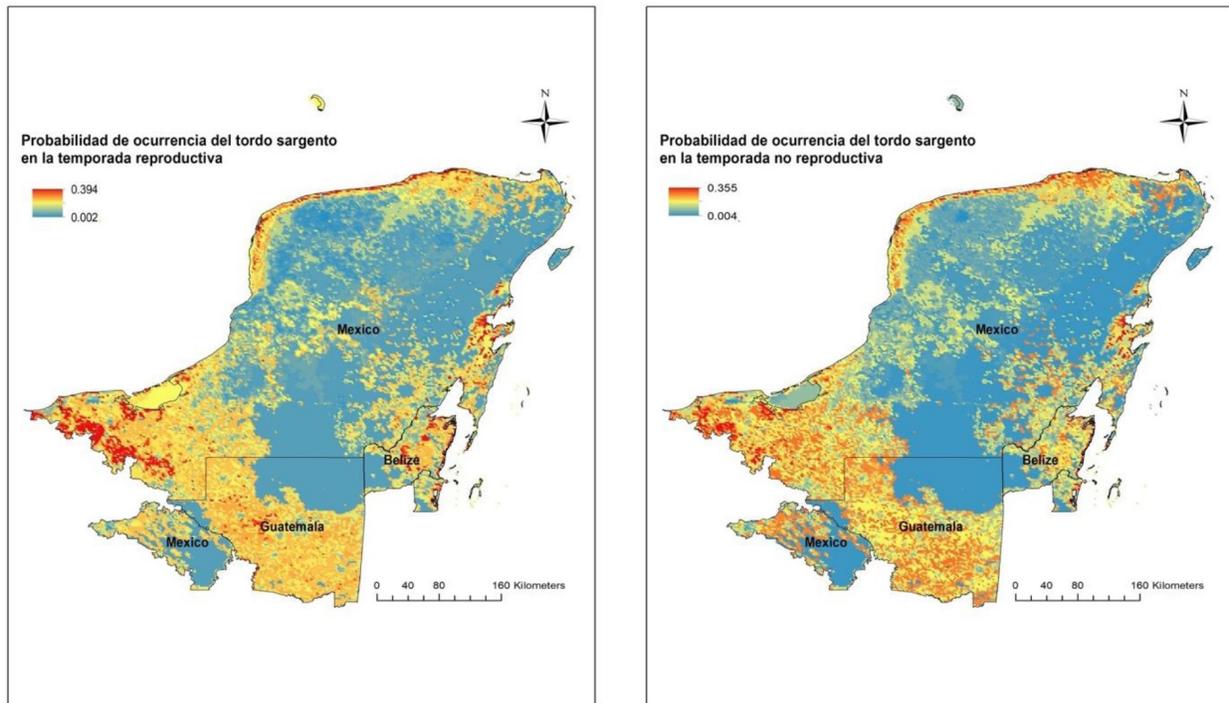


Figura 4. Mapas de las predicciones de probabilidad de ocurrencia del tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) en la Provincia Biótica Península de Yucatán por temporada reproductiva y no reproductiva.

la especie (Robinson y McChesney 2022). En ese sentido, la sabana es más similar a los humedales templados que a los humedales de la península de Yucatán, que están compuestos principalmente por manglar (Morales-Ojeda *et al.* 2021). Por lo tanto, la cobertura de sabana y sabana leñosa representan hábitats adecuados para la especie.

Durante la temporada reproductiva, la probabilidad de ocurrencia del tordo sargento aumenta en la cobertura de agua, reafirmando la importancia de cuerpos de agua con diferentes niveles de cobertura vegetal para la especie. La distribución de la especie a través del gradiente de agua no tuvo picos tan marcados en la temporada no reproductiva, quizás indicando una asociación menor a zonas de agua con gran cobertura vegetal durante esta temporada. Los diferentes tipos de hábitats con suelos inundables en la península de Yucatán son de gran importancia para la especie, debido a que la colonización de los humedales es un factor al que se le ha atribuido la diversificación adaptativa de los tordos (Barker *et al.*

2008) y la evolución de diferentes caracteres de comportamiento, como la poliginia (Searcy *et al.* 1999).

En ambas temporadas, reproductiva y no reproductiva, la ocurrencia del tordo sargento disminuyó drásticamente con la presencia de las luces de la ciudad, aun cuando éstas fueran de baja intensidad. Por lo tanto, es muy poco probable que el tordo ocurra dentro de las zonas urbanas, pero puede ocurrir en áreas aledañas o en el borde entre otros tipos de cobertura y zonas urbanas. La especie principalmente establece sus territorios de anidación en áreas con vegetación natural (Yasukawa y Searcy 2020), aunque, en las zonas templadas, se le ha registrado anidando en hábitats antropogénicos como estanques de retención de agua pluvial, zanjas al borde de carreteras, campos de heno y patios que rodean edificios (Robinson y McChesney 2022). En la península de Yucatán, la poca vegetación inundada o estanques dentro de las zonas urbanas puede contribuir a la ausencia de la especie en las ciudades, en especial si están alejadas de la costa.

La diferencia en la distribución del tordo sargento entre temporadas

En las aves residentes de zonas templadas, se ha registrado que estas expanden sus rangos durante la temporada no reproductiva y ocupan diferentes tipos de hábitats (Morganti *et al.* 2017, Schlägel y Mädlow 2022). En el caso del tordo sargento en la península de Yucatán, una zona neotropical, se encontró que se distribuye en las mismas clases de cobertura de suelo en ambas temporadas. Se esperaba que el tordo sargento usara más clases de cobertura de suelo durante la temporada no reproductiva, para disminuir la competencia por recursos debido al aumento de riqueza de especies por el establecimiento de aves migratorias en los hábitats de la costa de la península (Echeverría-Caro *et al.* 2022). Durante esta temporada también hay otros factores que les permitiría aprovechar recursos disponibles en diferentes clases de cobertura de suelo como el final de la temporada de lluvias que favorece el desarrollo de la vegetación, y el comportamiento gregario y exploratorio de la especie durante esta etapa (Pierce y Byrd 2022). Durante la temporada no reproductiva esta ave forma parvadas y generalmente percha en árboles y arbustos con coberturas densas, los cuales abandonan cuando la vegetación tira sus hojas y buscan otra que les proporcione refugio (Pierce y Byrd 2022). Los hábitats en los que el tordo sargento ocurre en la península de Yucatán están compuestos por vegetación principalmente perenne, lo que les provee refugio disponible todo el año.

Por otro lado, la importancia de casi todas las clases de cobertura de suelo fue menor en la temporada no reproductiva, indicando una distribución más igual entre las clases. Asimismo, es notable que la diferencia en ocurrencia fue más marcada cuando había una proporción de cobertura de suelo de sabana alta, presencia de agua, y una mínima intensidad de las luces de la ciudad. Estos resultados subrayan la importancia de hábitats inundables y conservados para la anidación del tordo sargento en la península de Yucatán. Lo anterior es relevante, porque en lugares como Estados Unidos, donde la especie es muy abundante se han registrado disminuciones anuales de las poblaciones de tordo sargento,

principalmente debido a la pérdida de la calidad del hábitat reproductivo (Robinson y McChesney 2022).

Aunque la probabilidad de ocurrencia del tordo es más alta en la temporada reproductiva, la especie tiende a usar una menor superficie en la península. En la temporada no reproductiva, se observó una expansión de la distribución geográfica, en el sur de la provincia biótica. Durante la temporada reproductiva, los machos tienen una defensa de territorio activa y las hembras alimentan a las crías, por lo que forrajean principalmente dentro de los mismos humedales donde anidan o en sitios adyacentes (Robinson y McChesney 2022). En cambio, durante la temporada no reproductiva, la especie no defiende territorios y tiene un comportamiento gregario y exploratorio donde forma parvadas mixtas (Werrell *et al.* 2021) que le permite aprovechar recursos fuera de sus sitios de anidación.

Los datos de ciencia ciudadana son una fuente importante de información y una herramienta útil para llenar espacios de información necesarios para modelar la distribución de las especies (Feldman *et al.* 2021). A pesar de que se realizaron filtros de los datos para reducir el sesgo espacio temporal, hay que considerar otros factores que pueden sesgar los datos, por ejemplo, falsos positivos (registrar la especie cuando no está presente), la falta de muestreos estructurados y la diversidad en la experiencia de los observadores.

Una ventaja del tordo sargento es que es una especie común y que los machos tienen una morfología y vocalizaciones muy particulares, las cuales ayudan a la correcta identificación de la especie. Sin embargo, esos caracteres son menos notables en la temporada no reproductiva; se observó una disminución de la detección de la especie cerca de las 08:00 h, en la temporada no reproductiva. El tordo sargento es más detectable durante su reproducción porque vocalizan más y tienen comportamientos de mayor exhibición, como el despliegue de alas para el cortejo y la defensa del territorio activa durante todo el día. Además, tienen territorios bien definidos que ocupan a lo largo de la temporada (Yasukawa y Searcy 2020), por lo que se les puede encontrar en los mismos sitios. Es posible que la diferencia en las probabili-

dades de ocurrencia entre temporadas en general y en hábitats específicos, sea influenciada por la capacidad de registrar la especie y no por una diferencia en su selección de hábitat.

Estudios recientes muestran que la combinación de datos de múltiples fuentes mejora la habilidad predictiva de los modelos de distribución (Miller *et al.* 2019, Robinson *et al.* 2020), por lo que, para estudios futuros en la región se recomienda la integración de datos de muestreos estructurados. Además, de la incorporación de otras variables que puedan estar asociadas con la distribución de la especie en la región, como las interacciones bióticas. Las interacciones bióticas son un factor importante que limita la distribución de las especies al afectar la eficacia biológica y la estructura de las comunidades, especialmente en latitudes bajas como los trópicos (Paquette y Hargreaves 2021). Sin embargo, debido a la dificultad para cuantificar estas interacciones, únicamente pocos modelos de distribución de especies las incluyen.

CONCLUSIONES

En la temporada reproductiva y no reproductiva el tordo sargento en la península de Yucatán ocurre en hábitats cercanos a la costa o en zonas

con vegetación inundable y evita las zonas urbanas y cobertura de bosque perenne. El uso de vegetación inundable, principalmente en la temporada reproductiva coincide con lo reportado para la especie en otras zonas de su distribución. Durante la temporada no reproductiva la especie amplía su rango de distribución en la región. Los humedales, sabanas y pastizales inundables tienen distinto grado de asociación con la ocurrencia, pero son importantes para la especie en ambas temporadas. Este estudio es un primer análisis de la asociación entre la cobertura del suelo y la ocurrencia del tordo sargento en la península de Yucatán. Por lo que proporciona datos importantes para entender la distribución en una región de la especie. Además, se resalta la importancia del hábitat de zonas costeras para la distribución y sostenibilidad de una especie común. Esto es relevante porque a pesar de que el tordo sargento no es una especie incluida en el listado de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como amenazada, los ambientes en los que se encuentra están siendo continuamente afectados por las presiones antropogénicas, lo que representa una amenaza para esta ave. Se sugieren estudios adicionales para entender mejor cómo la especie utiliza estos hábitats y qué otros factores influyen en su distribución en la región.

LITERATURA CITADA

- Amdouni J, Conte A, Ippoliti C, Candeloro L, Tora S, Sghaier S, Hassine TB, Fakhfekh EA, Savini G, Hammami S (2022) *Culex pipiens* distribution in Tunisia: Identification of suitable areas through Random Forest and MaxEnt approaches. *Veterinary Medicine and Science* 8: 2703-2715.
- Barber A, Tun J, Crespo M (2001) A new approach on the bioclimatology and potential vegetation of the Yucatan Peninsula (Mexico). *Phytocoenologia* 31: 1-31.
- Barker FK, Vandergon AJ, Lanyon SM (2008) Species status of the Red-Shouldered Blackbird (*Agelaius assimilis*): Implications for ecological, morphological, and behavioral evolution in *Agelaius*. *The Auk* 125: 87-94.
- Barnes R, Sahr K (2017) dggridR: Discrete Global Grids for R. <https://github.com/r-barnes/dggridR/>. DOI: 10.5281/zenodo.1322866.
- Baston D (2022) Exactextractr: Fast extraction from raster datasets using polygons. <https://isciences.gitlab.io/exactextractr/>. Fecha de consulta: 12 de julio de 2022.
- Bélanger L, Maisonneuve C, Rodrigue J (2021) Avian use of dairy farm ponds and landowners' perceptions of their management for wildlife conservation. *Birds* 2: 476-491

- Buckley BR, Lituma CM, Keyser PD, Holcomb ED, Smith R, Morgan JJ, Applegate RD (2022) Effects of grazing strategy on facultative grassland bird nesting on native grassland pasture of the Mid-South USA. *PeerJ* 10:e13968. DOI: 10.7717/peerj.13968.
- De la Barreda B, Metcalfe SE, Doreen SB (2020) Precipitation regionalization, anomalies and drought occurrence in the Yucatan Peninsula, Mexico. *International Journal of Climatology* 40: 4541-4555.
- eBird (2021) eBird: An online database of bird distribution and abundance [web application]. eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. <http://www.ebird.org>. Fecha de consulta: 26 de octubre de 2021.
- Echeverría-Caro A, Feldman RE, Bahn V (2022) Geographic context is a key driver of spatial variation of bird species richness during migration. *Global Ecology and Biogeography* 31: 1303-1312.
- Feldman MJ, Imbeau L, Marchand P, Mazerolle MJ, Darveau M, Fenton NJ (2021) Trends and gaps in the use of citizen science derived data as input for species distribution models: A quantitative review. *PLoS ONE* 16:e0234587. DOI: 10.1371/journal.pone.0234587.
- Fink D, Auer T, Johnston A, Strimas-Mackey M, Robinson O, Ligocki S, Hochachka W, Jaromczyk L, Wood C, Davies I, Iliff M, Seitz L (2021) eBird Status and Trends, Data Version: 2020. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. <https://doi.org/10.2173/ebirdst.2020>. Fecha de consulta: 5 de abril de 2021.
- Friedl M, Sulla-Menashe D (2019) MCD12Q1 MODIS/Terra+Aqua Land Cover Type Yearly L3 Global 500m SIN Grid V006 [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. <https://lpdaac.usgs.gov/products/mcd12q1v006/>. Fecha de consulta 20 de abril de 2021.
- Hansen MC, Sohlberg R, Defries RS, Townshend JRG (2010) Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *International Journal of Remote Sensing* 21: 1331-1364.
- Hazard QCK, Sabino-Pinto J, López Baucells AL, Farneda FZ, Meyer CFJ, Rocha R (2022) Reproductive phenologies of phyllostomid bats in the Central Amazon. *Mammalian Biology* 102: 417-428.
- Ingold DJ (2022) Abundance and habitat associations of winter and spring birds on a reclaimed surface mine (The Wilds) in Ohio, USA. *Ohio Journal of Science* 122: 35-46.
- Johnston A, Hochachka WM, Strimas-Mackey ME, Ruiz GV, Robinson OJ, Miller ET, Auer T, Kelling ST, Fink D (2021) Analytical guidelines to increase the value of community science data: An example using eBird data to estimate species distributions. *Diversity and Distributions* 27: 1265-1277.
- Kawamura K, Yamaura Y, Senzaki M, Ueta M, Nakamura F (2019) Seasonality in spatial distribution: Climate and land use have contrasting effects on the species richness of breeding and wintering birds. *Ecology and Evolution* 9: 7549-7561.
- Lees AC, Haskell L, Allinson T, Bezeng SB, Burfield IJ, Renjifo LM, Rosenberg KV, Viswanathan A, Butchart SHM (2022) State of the world's birds. *Annual Review of Environment and Resources* 47: 231-260.
- Louder MIM, Lafayette M, Louder AA, Uy FMK, Balakrishnan CN, Yasukawa K, Hauber ME (2020) Shared transcriptional responses to con-and heterospecific behavioral antagonists in a wild songbird. *Scientific Reports* 10: 4092. DOI: 10.1038/s41598-020-60231-y.
- MacKinnon B (2013) Sal a pajarear Yucatán: Guía de aves. La Vaca Independiente. México. 287p.
- Miller DAW, Pacifi K, Sanderlin JS, Reich BJ (2019) The recent past and promising future for data integration methods to estimate species' distributions. *Methods in Ecology and Evolution* 10: 22-37.
- Miranda F (1958) Rasgos fisiográficos de interés para estudios botánicos. In: Beltrán E (ed) Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento II. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. pp: 215-271.

- Morales-Ojeda SM, Herrera-Silveira JA, Orellana R (2021) Almacenes de carbono en un paisaje de humedal cárstico a lo largo de un corredor transversal costero de la península de Yucatán. *Madera y Bosques* 27: e2742425. DOI: 10.21829/myb.2021.2742425
- Morganti M, Assandri G, Aguirre JI, Ramirez A, Caffi M, Pulido F (2017) How residents behave: home range flexibility and dominance over migrants in a Mediterranean passerine. *Animal Behaviour* 123: 293-304.
- Munoz ZJ, Colorado ZGJ (2021) Importance of tropical mixed-species flocks for migratory birds in shade-grown coffee: implications of foraging together. *Journal of Field Ornithology*: 92: 212-230.
- Paquette A, Hargreaves AL (2021) Biotic interactions are more often important at species' warm versus cool range edges. *Ecology Letters* 24: 2427-2438.
- Pierce RA, Byrd R (2022) Controlling nuisance blackbirds in roosts. *Agricultural guides G*: 9447 <https://hdl.handle.net/10355/91232>. Fecha de consulta: 04 de noviembre de 2022.
- Pilowsky JA, Colwell RK, Rahbek C, Fordham DA (2022) Process-explicit models reveal the structure and dynamics of biodiversity patterns. *Science Advances* 8: eabj2271. DOI: 10.1126/sciadv.abj2271.
- Pya N, Wood SN (2014) Shape constrained additive models. *Statistics and Computing* 25: 543-559.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021.
- Robinson OJ, Ruiz-Gutierrez V, Reynolds MD, Golet GH, Strimas-Mackey M, Fink D (2020) Integrating citizen science data with expert surveys increases accuracy and spatial extent of species distribution models. *Diversity and Distributions* 26: 976-986.
- Robinson SK, McChesney HM (2022) Nesting success of red-winged blackbirds (*Agelaius phoeniceus*) in marshes in an anthropogenic landscape. *Royal Society. Open Science*.9: 220266. DOI: 10.1098/rsos.220266.
- Santillán-Fernández A, Calva-Castillo A, Vásquez-Bautista N, Huicab-Pech ZG, Larqué-Saavedra A, Bautista-Ortega J (2021) Balance hidro-climático de *Brosimum alicastrum* Sw. y su variabilidad ante escenarios de cambio climático en la península de Yucatán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44: 41-49.
- Schlägel UE, Mädlow W (2022) All-season space use by non-native resident Mandarin Ducks (*Aix galericulata*) in northeastern Germany. *Journal of Ornithology* 163: 71-82.
- Searcy WA, Yasukawa K, Lanyon S (1999) Evolution of polygyny in the ancestors of Red-Winged Blackbirds. *The Auk* 116: 5-19.
- Shute KE, Loeb S, Jachowski DS (2021) Seasonal shifts in nocturnal habitat use by coastal bat species. *The Journal of Wildlife Management* 85: 964-978.
- Stephenson K, Wilson B, Taylor M, McLaren, Van Veen R, Kunna J, Campbell J (2022) Modelling climate change impacts on tropical dry forest fauna. *Sustainability* 14: 4760. DOI: 10.3390/su14084760.
- Stonefish D, Eshleman MA, Linz GM, Jeffrey HH, Klug PE, Greives TJ, Gillam EH (2021) Migration routes and wintering areas of male Red-winged Blackbirds as determined using geolocators. *Journal of Field Ornithology* 92: 284-293.
- Strimas-Mackey M, Hochachka WM, Ruiz-Gutierrez V, Robinson OJ, Miller ET, Auer T, Kelling S, Fink D, Johnston A (2020) Best practices for using eBird Data. Version 1.0. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. <https://cornelllabofornithology.github.io/ebird-best-practices/> Fecha de consulta: 16 de marzo de 2022.

- Tarjuelo R, Benítez-López A, Casas F, Martín CA, García JT, Viñuela J, Mougeot F (2020) Living in seasonally dynamic farmland: The role of natural and semi-natural habitats in the movements and habitat selection of a declining bird. *Biological Conservation* 251: 108794.
- Van EC, Maes D, Herremans M, Swinnen KRR, Somers B, Luca S (2021) The impact of data quality filtering of opportunistic citizen science data on species distribution model performance. *Ecological Modelling* 444: 109453. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2021.109453.
- Vázquez-Vázquez C, Ortiz-Díaz J, Tun-Garrido J, García-Gil G (2012) Flora vascular de las sabanas de Xmabén, Hopelchén, Campeche, México. *Polibotánica* 34: 1-19.
- Wan B, Guo Q, Fang F, Su Y, Wang R (2015) Mapping US urban extents from MODIS Data Using One-Class Classification Method. *Remote Sensing* 7: 10143-10163.
- Werrell AK, Klug PE, Lipcius RN, Swaddle JP (2021) A sonic net reduces damage to sunflower by blackbirds (Icteridae): Implications for broad-scale agriculture and crop establishment. *Crop Protection* 144: 105579. DOI: 10.1016/j.cropro.2021.105579.
- Wisenden BD, Eaton MD, Arendell M, Bushlack BR, Clark IJ, Egan DL, Faulkner AE, Fox M, Fox MC, Gilbert C, Gillen JC, Greenberg JS, Holstrom IE, Kobilka AC, Lee AE, Molitor SA, Parker AB, Pokutnaya D, Polanco I, Powers D, Skelly KM, Skogen EE, Taylor SJ, Wiswall TR, Zahedi M (2020) Male red-winged blackbirds (*Agelaius phoeniceus*) respond with greater intensity to epaulets with UV reflectance. *The Wilson Journal of Ornithology* 132: 39-44.
- Wright MN, Ziegler A (2017) ranger: A fast implementation of random forests for high dimensional data in C++ and R. *Journal of Statistical Software* 77: 1-17. DOI: 10.18637/jss.v077.i01.
- Yasukawa K, Searcy WA (2020) Red-winged Blackbird (*Agelaius phoeniceus*), version 1.0. En *Birds of the World* (P.G. Rodewald, Editor) Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.rewbla.01>. Fecha de consulta: 17 de octubre de 2022.
- Yasukawa K, Sollenberger J, Lindsey-Robbins J, DeBruyn E (2020) Calling in the face of danger: Do nestling Red-winged Blackbirds (*Agelaius phoeniceus*) suppress begging in response to predator playbacks?. *The Auk* 137: 1-11. DOI: 10.1093/auk/ukz071
- Zhao M, Zhou Y, Li X, Cao W, He C, Yu B, Li X, Elvidge CD, Cheng W, Zhou C (2019) Applications of satellite remote sensing of nighttime light observations: advances, challenges, and perspectives. *Remote Sensing* 11: 1971. DOI: 10.3390/rs11171971