

Ecología

Comparación de los rasgos morfológicos y la condición corporal del mirlo café (*Turdus grayi*) en dos localidades con diferente grado de urbanización del municipio de Centro, Tabasco

Comparison of the morphological traits and body condition of the Clay-colored Thrush (Turdus grayi) in two localities with different degrees of urbanization in the municipality of Centro, Tabasco

José Carlos Burelos-Peralta ^{a, *}, Judith Andrea Rangel-Mendoza ^a,
Claudia Isabel Rodríguez-Flores ^b, Iliana Tamara Cibrián-Llenderal ^c, Rafael Ávila-Flores ^a,
Alba Zulema Rodas-Martínez ^a y Juan Manuel Koller-González ^a

^a Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 s/n, Entronque a Bosques de Saloya, 86039 Villahermosa, Tabasco, México

^b El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, Carretera Villahermosa-Reforma Km 15.5 s/n, Ranchería Guineo, 2ª Sección, 86280 Villahermosa, Tabasco, México

^c Universidad Veracruzana, Instituto de Neuroetología, Avenida Dr. Luis Castelazo s/n, Col. Industrial Ánimas, Km. 3.5 Carretera Xalapa-Veracruz, 91190 Xalapa, Veracruz, México

*Autor para correspondencia: jose.burelos@gmail.com (J.C. Burelos-Peralta)

Recibido: 10 enero 2026; aceptado: 17 abril 2026

Resumen

Los ambientes urbanos pueden ejercer presiones selectivas sobre la morfología de los organismos, generando respuestas variables entre especies. En aves, la urbanización puede provocar cambios en el tamaño corporal y en rasgos asociados al uso del hábitat. El objetivo de este estudio fue evaluar si la morfología y la condición corporal del mirlo café (*Turdus grayi*) difieren entre 2 hábitats con distinto grado de urbanización en el municipio de Centro, Tabasco. Para ello, se registraron la longitud de ala, tarso y pico, así como la masa corporal, de 48 individuos capturados con redes de niebla entre mayo de 2023 y febrero de 2024. Los resultados mostraron que los individuos del sitio más urbanizado presentaron menores valores promedio de longitud de ala, tarso, pico y condición corporal en comparación con los registrados en el sitio menos urbanizado. Asimismo, los análisis estadísticos indicaron que el sitio y la edad influyeron significativamente sobre las variables morfológicas evaluadas. Estos resultados sugieren que las condiciones asociadas al grado de urbanización pueden influir en la variación morfológica y en la condición corporal de las poblaciones de *T. grayi*. Este estudio aporta evidencia sobre los efectos potenciales de la urbanización en aves residentes.

Palabras clave: Ecomorfología; Antropización; Aves urbanas; Turdidae; Passeriformes

Abstract

Urban environments can exert selective pressures on organism morphology, generating variable responses among species. In birds, urbanization may cause changes in body size and traits associated with habitat use. The objective of this study was to evaluate whether the morphology and body condition of the Clay-colored Thrush (*Turdus grayi*) differ between 2 habitats with different degrees of urbanization in the municipality of Centro, Tabasco. To achieve this, wing, tarsus, and bill length, as well as body mass, were recorded from 48 individuals captured with mist nets between May 2023 and February 2024. Results showed that individuals from the more urbanized site presented lower average values of wing, tarsus, and bill length, as well as poorer body condition, compared to those recorded in the less urbanized site. Statistical analyses also indicated that site and age significantly influenced the morphological variables evaluated. These findings suggest that conditions associated with the degree of urbanization may influence morphological variation and body condition in populations of *T. grayi*. This study provides evidence of the potential effects of urbanization on resident bird species.

Keywords: Ecomorphology; Anthropization; Urban birds; Turdidae; Passeriformes

Introducción

La actividad humana ha transformado significativamente los ambientes naturales, generando cambios profundos en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Chamberlain et al., 2009; Jetz et al., 2007; Shochat et al., 2006). Estas transformaciones pueden afectar la diversidad biológica y alterar la distribución y abundancia de numerosas especies (Jetz et al., 2007; Lepczyk et al., 2023; McDonald et al., 2020; Vitousek et al., 1997). Uno de los procesos más importantes asociados a estas modificaciones es el cambio de uso de suelo, particularmente la conversión de áreas naturales en paisajes urbanos o agrícolas, lo que modifica las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos para las especies (Laurance et al., 2014; Wigginton et al., 2016).

Los cambios en el entorno pueden influir en diversos rasgos biológicos de los organismos, incluyendo características morfológicas asociadas con su desempeño ecológico. En este contexto, la ecomorfología estudia la relación entre la forma de los organismos y las funciones ecológicas que desempeñan, permitiendo comprender cómo determinadas características morfológicas pueden favorecer el uso de ciertos recursos o hábitats (Wainwright, 1991). En aves, rasgos como la longitud del ala, la forma del pico o el tamaño corporal pueden estar relacionados con aspectos como la movilidad, la eficiencia en la obtención de alimento o el uso del espacio (Amiot et al., 2022; Chávez-Zichinelli et al., 2013; Evans et al., 2009; Santos et al., 2023).

Las especies con mayor tolerancia a distintos tipos de hábitat y alta plasticidad fenotípica tienen mayores

probabilidades de persistir en entornos urbanos (Santini et al., 2019; Sol et al., 2013). En este contexto, la variación de rasgos morfológicos a lo largo de gradientes de urbanización puede estar influenciada tanto por factores ecológicos como por la historia evolutiva de cada especie (Evans et al., 2010; Lowry et al., 2013; Merckx et al., 2018). Las aves representan un grupo particularmente adecuado para estudiar estas respuestas debido a su alta movilidad, sensibilidad a los cambios ambientales y capacidad de adaptación a ambientes modificados por el ser humano (Bonier et al., 2007; Evans et al., 2010; Sol et al., 2020). En este grupo, rasgos como la forma del ala, la longitud del tarso y la estructura del pico se relacionan estrechamente con la locomoción, el uso del hábitat y las estrategias de forrajeo (Durant et al., 2003; Luther y Greenberg, 2014; Zeffner et al., 2003). Por ello, el análisis de la variación morfológica puede proporcionar información relevante sobre cómo las aves responden a las condiciones ambientales asociadas a la urbanización (Benmazouz et al., 2023; Caizergues et al., 2018; Dulisz et al., 2016; Liker et al., 2008; Meillère et al., 2015; Mena et al., 2025).

Se han documentado diferencias en la morfología de las aves asociadas a los entornos urbanos. Por ejemplo, en el mirlo común (*Turdus merula*) se observaron variaciones en el tamaño corporal, donde las aves de ambientes urbanos presentaron cuerpos más compactos y alas más cortas, posiblemente relacionadas con las condiciones estructurales propias de estos ambientes (Evans et al., 2009). De manera similar, en el abanico maorí (*Rhipidura fuliginosa*), los individuos de zonas urbanas mostraron picos más cortos (Amiot et al., 2022). Asimismo, en el rascador viejita (*Melospiza fusca*) se registraron valores

más bajos de condición corporal en ambientes urbanos (Chávez-Zichinelli et al., 2013). En conjunto, estos estudios evidencian que la urbanización puede generar cambios en distintos rasgos morfológicos de las aves, los cuales pueden estar asociados tanto a procesos adaptativos, como mejoras en el desplazamiento o el uso de recursos, así como a restricciones ecológicas relacionadas con la disponibilidad de alimento, la estructura del hábitat y las condiciones ambientales (Revelo-Hernández et al., 2016; Schoener, 1974; Winkler, 1988).

En este contexto, el mirlo café (*Turdus grayi*) es una especie adecuada para explorar los efectos de la urbanización sobre la morfología debido a que se distribuye ampliamente en Mesoamérica y es común en distintos tipos de hábitat, incluyendo áreas urbanas, suburbanas y rurales del sureste de México (Peterson y Chalif, 1989). Su presencia frecuente en ambientes modificados por el ser humano la convierte en un organismo óptimo para evaluar cómo las condiciones asociadas a la urbanización pueden influir en rasgos morfológicos y en la condición corporal de las aves.

La expansión urbana registrada en las últimas décadas en el municipio de Centro (Tabasco, México) ha transformado el paisaje drásticamente, reduciendo la cobertura de vegetación natural y modificando la dinámica de los cuerpos de agua (Barragán-Vázquez et al., 2014; Mihart et al., 2019). Estos cambios han generado un mosaico de ambientes con distintos grados de urbanización, lo que ofrece un escenario adecuado para evaluar posibles variaciones morfológicas en especies que habitan estos entornos.

El objetivo de este estudio fue analizar las diferencias en rasgos morfológicos y condición corporal de individuos de *Turdus grayi* que habitan en 2 ambientes con distinto grado de urbanización en el municipio de Centro, Tabasco. Dado que diversos estudios han documentado que el entorno urbano puede influir en la morfología de las aves (Chace y Walsh, 2006; Luther y Greenberg, 2014; McKinney, 2002; Revelo-Hernández et al., 2016), se planteó la hipótesis de que los individuos que habitan en ambientes con menor grado de urbanización presentarán valores mayores en las medidas morfométricas y mejor condición corporal en comparación con aquellos que viven en ambientes más urbanizados.

Materiales y métodos

La fase de campo se llevó a cabo del 23 de mayo de 2023 al 22 de febrero de 2024 en 2 sitios del municipio de Centro, Tabasco, México: el Parque Tomás Garrido Canabal (PTGC) y la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre Bioparque Saraguatos (UBS) (fig. 1). El

PTGC es un parque urbano con una extensión de 6 ha, caracterizado por áreas verdes fragmentadas, vegetación ornamental, presencia constante de actividad humana e infraestructura recreativa (17°59'51.18" N, 92°56'19.74" O); la UBS es un área con menor grado de urbanización y mayor cobertura vegetal, con una extensión de 16 ha, conformada por vegetación más densa y heterogénea, con menor perturbación antrópica (17°55'21.87" N, 92°59'08.07" O). La distancia entre ambos sitios es de 9.68 km, lo que reduce la probabilidad de desplazamiento de individuos entre áreas (Wysocki et al., 2004).

El municipio de Centro presenta un clima cálido húmedo con lluvias en verano (AM) y en algunas zonas al sur, colindantes con Teapa y Jalapa, se observa clima cálido-húmedo con lluvias todo el año (AF) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014). En la mayor parte del municipio las temperaturas máximas suelen oscilar entre 32 °C y 37 °C, alcanzando hasta 40-42 °C en eventos extremos; las mínimas van de 20 °C a 25 °C en promedio, con descensos ocasionales de 12-16 °C en eventos fríos y la media anual típica supera los 26 °C (Weather Atlas, 2025). Los valores de precipitación se sitúan en ~ 2,200 mm al año (entre 2,190 y 2,237 mm), con máximo mensual en septiembre (~ 300 mm) y mínimo en abril (~ 50 mm) (Servicio Meteorológico Nacional, 2015).

Los sitios de estudio y sus alrededores se caracterizaron mediante variables ambientales obtenidas a través de sensores satelitales (Buermann et al., 2008). MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) es un sensor a bordo de los satélites Terra y Aqua. Este instrumento captura datos en 36 bandas espectrales que abarcan desde el visible hasta el infrarrojo térmico, con resoluciones espaciales de 250 m, 500 m y 1 km, y proporciona cobertura global casi diaria, lo que lo hace adecuado para el monitoreo de variables ambientales (Justice et al., 1998). Se empleó el paquete MODISTools (Tuck et al., 2014) en el programa estadístico R (RStudio Team, 2023) para descargar 3 productos MODIS utilizados en la caracterización de la vegetación en los sitios de estudio durante el periodo de muestreo (mayo de 2023 a febrero de 2024). Los productos seleccionados fueron: 1) el índice de área foliar (LAI, por sus siglas en inglés), que cuantifica la cantidad total de área foliar por unidad de superficie de suelo, expresado como m² de hoja por m² de suelo (m²/m²) y cuyos valores típicamente oscilan entre 0 y 10; 2) la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación (FPAR, por sus siglas en inglés), la cual representa la proporción de radiación utilizada en procesos fotosintéticos, es adimensional y toma valores entre 0 y 1 (o de 0 a 100% cuando se expresa en porcentaje) (Pu et al., 2024); y 3) la cobertura vegetal continua (VCF, por sus siglas en inglés), que estima

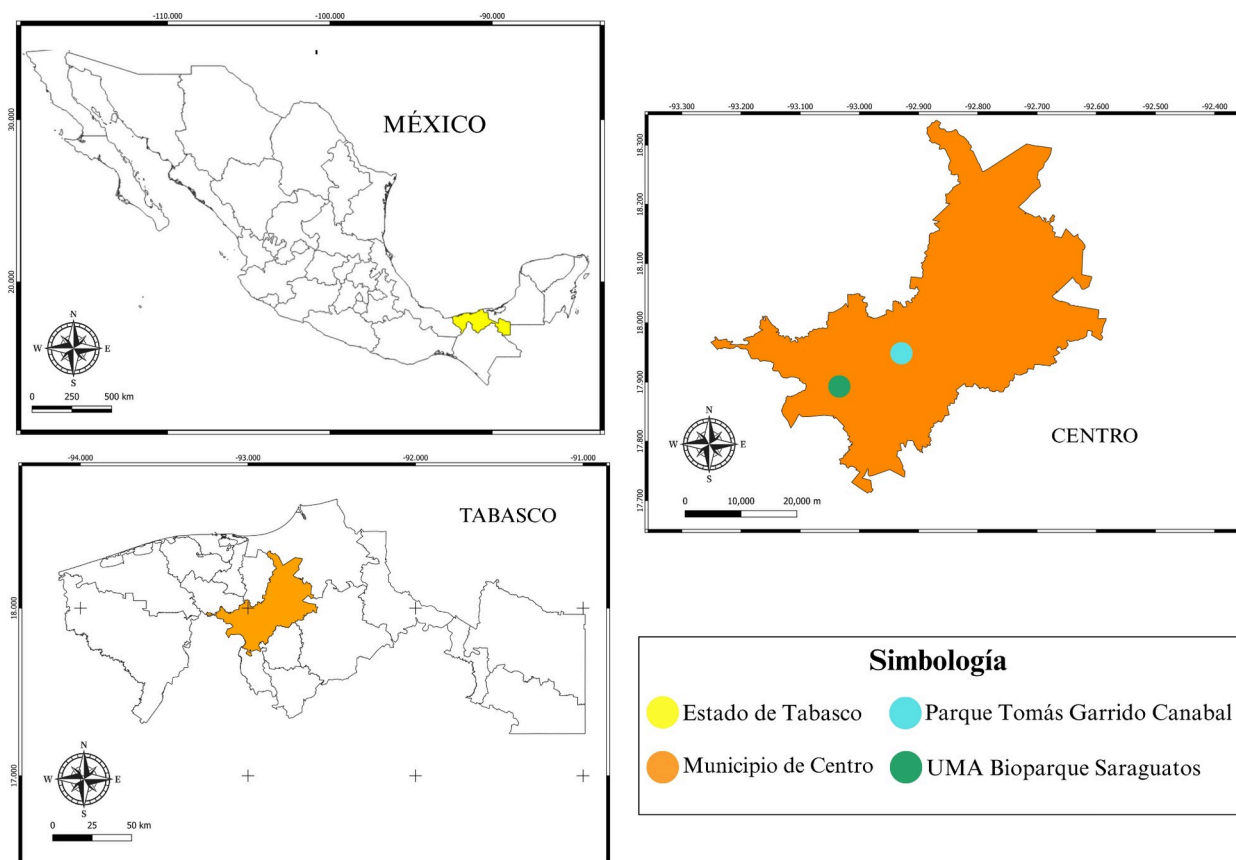


Figura 1. Localización de Tabasco en México, del municipio de Centro y de las áreas de estudio. La zona urbanizada (PTGC) se indica con un círculo azul, mientras que el área conservada (UBS) se muestra en verde.

el porcentaje de cobertura vegetal en 3 componentes: vegetación arbórea, vegetación no arbórea y áreas sin vegetación, expresado en porcentaje (%) y con valores que van de 0 a 100 (DiMiceli et al., 2011).

Los productos LAI y FPAR se obtuvieron con una resolución espacial de 500 m y una resolución temporal de 8 días (Myneni et al., 2021), mientras que el VCF se obtuvo con una resolución espacial de 250 m y una periodicidad anual (DiMiceli et al., 2011). Los valores descargados fueron reescalados de acuerdo con los factores de escala establecidos para cada producto MODIS, ya que estos se distribuyen en formato entero para optimizar su almacenamiento y procesamiento. En particular, los valores de LAI se dividieron entre 10 y los de FPAR entre 100, conforme a la documentación del producto, con el fin de expresarlos en sus unidades reales y permitir su correcta interpretación ecológica (Myneni et al., 2021).

Las aves fueron capturadas en ambos sitios mediante redes de niebla de 12 m de largo, 2 m de altura y 4 bolsas, con luz de malla de 2 cm (Ralph et al., 1997). Se utilizaron

un total de 6 redes por sitio, las cuales se colocaron en zonas de forrajeo y refugios previamente identificados mediante observación directa. En la UBS, las redes se colocaron con una separación de 50 m entre sí, mientras que en el PTGC se dispusieron a una distancia de 15 m, de acuerdo con la extensión de cada área de estudio. Las capturas se realizaron 2 días por semana (1 día por sitio), de 06:00 a 12:00 h, durante toda la fase de campo. Las redes fueron revisadas cada 30 min (Mena-Mora, 2020). Para evitar la recaptura de individuos, se realizó un corte en forma de “V” en una de las plumas rectrices de cada ave. Tras la captura de los individuos de mirlo café, se determinó la edad con base en características del plumaje y coloración ocular, considerando como inmaduros a aquellos con patrón moteado amarillento en el plumaje y ojos de color gris, y como adultos a los individuos con plumaje uniforme y ojos de color marrón (Pyle, 2008) (fig. 2A, B, F, G).

En cada individuo se registraron las siguientes medidas morfométricas con ayuda de un vernier: longitud

alar no aplanada, manteniendo su curvatura natural (Pyle, 2008); longitud del tarso, medida desde la articulación con la tibia hasta el borde distal de la última escama completa antes de los dedos, los cuales se colocaron en un ángulo de 90°; longitud del pico, medida desde la punta hasta su inserción en el cráneo (De Beer et al., 2001; Gosler, 2004; NABC, 2001) (fig. 2C-E, H-J). El peso corporal se obtuvo utilizando una báscula digital con precisión de ± 0.1 g; cada individuo fue colocado en una bolsa de tela previamente tarada para evitar errores de medición (Liker et al., 2008; Mena-Mora, 2020). Todas las mediciones fueron realizadas por una misma persona, con el fin de reducir la variabilidad asociada al observador.

Para estimar la condición corporal de los individuos del mirlo café, se empleó el índice de masa escalada (SMI, por sus siglas en inglés) propuesto por Peig y Green (2009), el cual permite estandarizar la masa corporal en función del tamaño estructural del organismo. Este índice es ampliamente utilizado como una medida del estado energético de los individuos (Brown y Sherry, 2006; Schulte-Hostedde et al., 2005), ya que ajusta el peso corporal con respecto a una variable morfométrica independiente del contenido inmediato de alimento. Se calculó según la siguiente ecuación:

$$SMI = M_X \left(\frac{L_0}{L_x} \right)^{b_{SMA}}$$

donde:

M_X → Peso del individuo.

L_0 → Media del tarso de la población. Se calculó de manera independiente para cada población, obteniéndose valores de $L_0 = 3.00$ cm para la localidad urbana (PTGC) y $L_0 = 2.79$ cm para la localidad no urbana (UBS).

L_x → Longitud del tarso del individuo.

b_{SMA} → Componente de escala estimado, calculado a partir de la pendiente de la regresión del peso en función de la longitud del tarso dividida entre el coeficiente de correlación de Pearson entre dichas variables.

Debido a que en aves silvestres no existe un valor absoluto universal que defina una condición corporal óptima, se empleó un criterio basado en la distribución poblacional del SMI. Se consideró como condición corporal óptima a los valores del SMI cercanos al promedio poblacional, definidos dentro del rango de variación natural delimitado por 1 desviación estándar alrededor de la media. Para este estudio, dicho intervalo correspondió a 70.08-71.72 g en individuos adultos y a 65.36-67.60 g en individuos inmaduros. Los valores por debajo de estos rangos se interpretaron como indicativos de una condición corporal baja (Labocha y Hayes, 2012; Peig y Green, 2009).

La normalidad de las variables morfométricas (longitud de ala, tarso y pico) y de la condición corporal se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Bartlett. Posteriormente, se analizaron las diferencias entre estas variables mediante pruebas t de Student, utilizando los datos de individuos juveniles y adultos (Rodríguez-Flores y Stiles, 2005). Estas pruebas y análisis se realizaron con el software STATGRAPHICS Centurion v.18.0 (Statpoint Technologies, Inc., 2021), empleando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Con la finalidad de reducir la dimensionalidad de los datos, identificar relaciones entre variables y explorar patrones de variación morfológica, se realizó un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) empleando las variables: longitud de ala, longitud de tarso, longitud de pico y condición corporal. Los análisis se realizaron en R (R Core Team, 2024) mediante el paquete stats, utilizando RStudio como interfaz (RStudio Team, 2023).

Finalmente, se evaluaron los efectos del sitio y la edad, así como su interacción sobre las variables morfométricas y condición corporal mediante un análisis de varianza multivariado (Manova, por sus siglas en inglés), implementado en R (R Core Team, 2024) con funciones del paquete stats y RStudio como interfaz (RStudio Team, 2023). La variable edad se incluyó en el análisis debido a que las diferencias ontogénicas pueden influir en la morfología y la condición corporal de las aves (Liker et al., 2008; Peig y Green, 2010), por lo que su consideración permite una mejor interpretación de las variaciones observadas entre los grupos.

La captura de aves de este proyecto se llevó a cabo conforme a la licencia de colecta científica expedida por la Dirección General de Vida Silvestre de la Subsecretaría de Política Ambiental y Recursos Naturales (Semarnat), bajo el oficio Núm. SPARN/DGVS/04276/23 y oficio Núm. SPARN/DGVS/07129/23.

Resultados

El PTGC presentó valores de LAI de $2.5 \text{ m}^2/\text{m}^2$ y de FPAR de 0.25 (25%), lo que indica una baja cobertura vegetal y una reducida capacidad de aprovechamiento de la radiación solar para la fotosíntesis, características asociadas a ambientes urbanizados (Scurlock et al., 2001). Por su parte, la UBS registró un valor de LAI de $5.17 \text{ m}^2/\text{m}^2$, lo que sugiere una mayor superficie foliar por unidad de área de suelo y, por ende, una mayor cobertura vegetal. En cuanto al FPAR, se obtuvo un valor de 0.61 (61%), indicando una mayor proporción de radiación

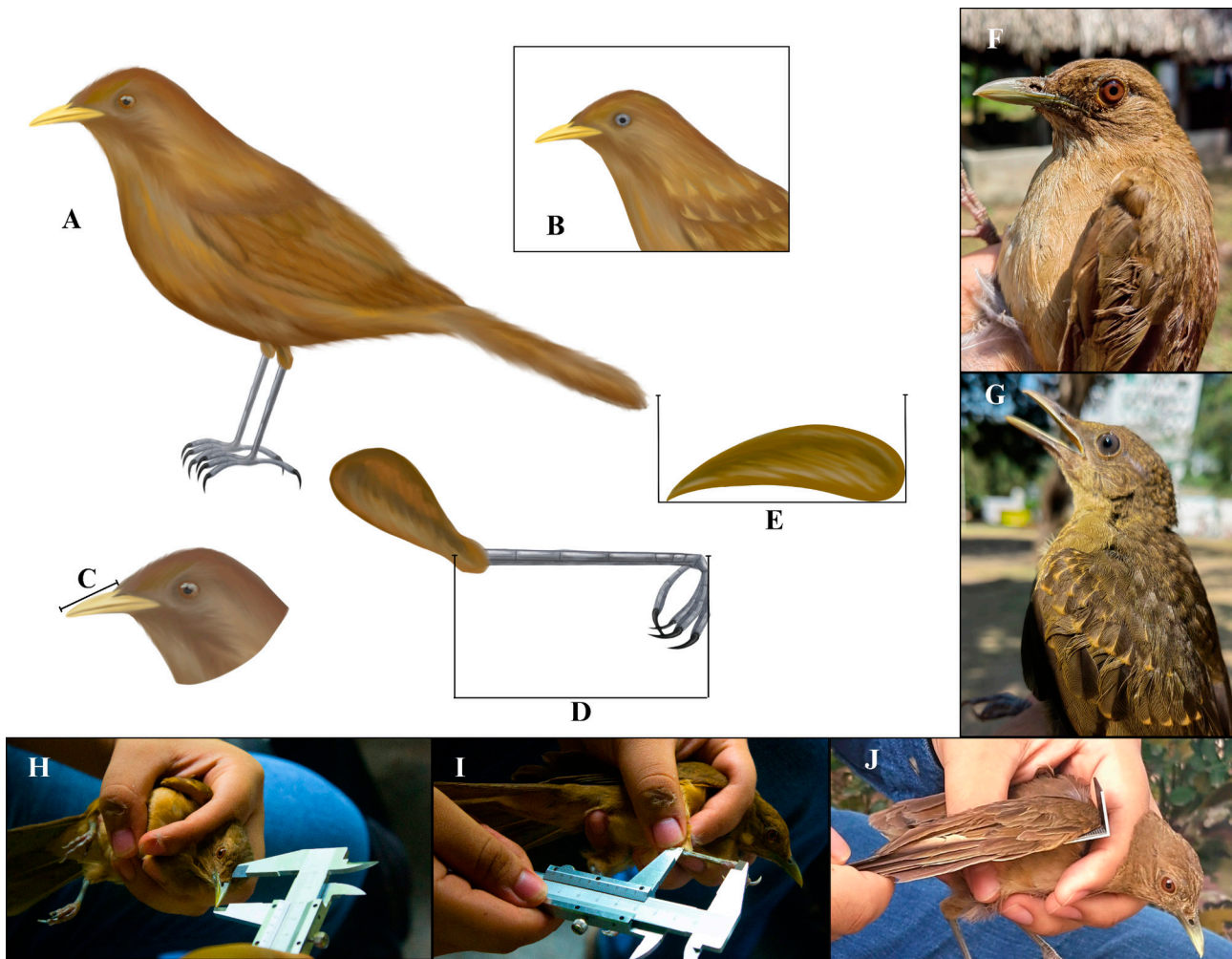


Figura 2. Representación de un individuo adulto (A) y uno inmaduro (B) de mirlo café (*Turdus grayi*). Se muestran las mediciones morfométricas utilizadas: longitud de pico (C), longitud de tarso (D) y longitud de ala (E). Fotografías de individuos capturados en campo que ilustran las diferencias en plumaje y coloración ocular entre adultos (F) e inmaduros (G). Proceso de medición en campo utilizando vernier, incluyendo longitud de pico (H), longitud de tarso (I) y longitud de ala (J). Ilustración por José Carlos Burelos Peralta. Fotografías F, G por José Carlos Burelos Peralta; H-J por Eduardo Emilio Bejarano Martínez.

fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación, lo que refleja una estructura vegetal más densa y funcional en este sitio en comparación con el PTGC.

En cuanto al VCF, el PTGC presentó 8% de cobertura arbórea, 63% de vegetación no arbórea y 29% de áreas sin vegetación, lo que indica una baja proporción de estrato arbóreo y una mayor presencia de superficies abiertas o modificadas. A su vez, la UBS registró 58% de cobertura arbórea, 36% de vegetación no arbórea y 6% de áreas sin vegetación, lo que refleja una mayor dominancia del estrato arbóreo y una cobertura vegetal más continua.

Se capturó un total de 48 individuos de mirlos cafés, de los cuales 30 correspondieron a la UBS y 18 al PTGC.

En la UBS se registraron 20 adultos y 10 inmaduros, mientras que en el PTGC se capturaron 12 adultos y 6 inmaduros. La longitud de ala, longitud de tarso, longitud de pico y la condición corporal de los mirlos cafés adultos (UBS: $n = 20$; PTGC: $n = 12$) difirieron significativamente entre las áreas de estudio (longitud de ala: $t = -2.099$, $p = 0.04$; longitud de tarso: $t = -3.891$, $p = 0.001$; longitud de pico: $t = -5.413$, $p = 0.001$; condición corporal: $t = 3.877$, $p = 0.001$). En específico, los individuos adultos de la UBS presentaron valores más altos de morfometría y condición corporal (longitud de ala: 12.04 ± 0.09 cm; longitud de tarso: 3.04 ± 0.03 cm; longitud de pico: 2.13 ± 0.03 cm; condición corporal: 70.90 ± 0.82 g) en comparación con

los registrados en el PTGC (longitud de ala: 11.76 ± 0.06 cm; longitud de tarso: 2.88 ± 0.03 cm; longitud de pico: 1.89 ± 0.02 cm; condición corporal: 66.18 ± 0.75 g).

Al comparar los individuos inmaduros de los mirlos cafés entre sitios (UBS: $n = 10$; PTGC: $n = 6$), se encontró que las variables morfométricas y la condición corporal difirieron significativamente entre poblaciones (longitud de ala: $t = -3.260$, $p = 0.005$; longitud de tarso: $t = -5.358$, $p = 0.001$; longitud de pico: $t = -5.850$, $p = 0.001$; condición corporal: $t = -5.632$, $p = 0.001$). Específicamente, los individuos inmaduros de la UBS presentaron valores morfométricos y de condición corporal más altos (longitud de ala: 11.84 ± 0.11 cm; longitud de tarso: 2.91 ± 0.03 cm; longitud de pico: 1.86 ± 0.02 cm; condición corporal: 66.48 ± 1.12 g) en comparación con los registrados en el PTGC (longitud de ala: 11.31 ± 0.08 cm; longitud de tarso: 2.61 ± 0.04 cm; longitud de pico: 1.66 ± 0.02 cm; condición corporal: 58.06 ± 0.36 g).

El PCA mostró que los 2 primeros componentes explicaron 90.70% de la varianza total. El componente principal 1 (PC1) presentó cargas positivas similares para todas las variables (longitud de ala = 0.43, longitud de tarso = 0.52, longitud de pico = 0.50 y condición corporal = 0.53), lo que sugiere que este componente representa un gradiente general de tamaño corporal y condición fisiológica de los individuos (tabla 1). Por su parte, el componente principal 2 (PC2) estuvo dominado por la longitud de ala (0.78), con contribuciones negativas de la longitud de pico (-0.46) y la condición corporal (-0.36), lo que indica un eje de variación asociado a diferencias en la forma corporal, particularmente en la relación entre estructuras de vuelo y rasgos asociados a la alimentación y el estado corporal (tabla 1). Estos patrones sugieren que las diferencias entre grupos observadas en el espacio multivariado están principalmente asociadas a variaciones en el tamaño corporal general (PC1) y, en menor medida, a diferencias en la forma corporal (PC2).

El PCA separó a los individuos en 4 grupos definidos por la combinación de sitio (UBS y PTGC) y edad (adultos e inmaduros) (fig. 3). La separación entre grupos se observó principalmente a lo largo del PC1, asociado a un gradiente de tamaño corporal y condición fisiológica. En este eje, los adultos de la UBS (AU en la figura 3) se ubicaron hacia valores positivos, lo que indica mayores dimensiones corporales y mejor condición corporal en comparación con los demás grupos. En contraste, los individuos inmaduros del PTGC (IP en la figura 3) se agruparon hacia valores negativos del PC1, reflejando menores valores en las variables morfométricas y de condición corporal. Los individuos inmaduros de la UBS se posicionaron en una región intermedia, pero mantuvieron valores superiores a

Tabla 1

Autovalores y autovectores obtenidos del análisis del análisis de componentes principales (PCA) para las medidas morfométricas de las 2 poblaciones de los mirlos cafés (*Turdus grayi*) del municipio de Centro (Tabasco, México).

	PC1	PC2	PC3	PC4
Autovalores	3.008	0.619	0.255	0.115
% de la varianza explicada	75.22	15.50	6.38	2.89
Autovectores				
Longitud de ala	0.43 •	0.78 ••	0.42	-0.10 •
Longitud de tarso	0.52	0.16 •	-0.76 ••	0.34
Longitud de pico	0.50	-0.46	0.48	0.53
Condición corporal	0.53 ••	-0.36	-0.05 •	-0.76 ••

•• Variables que más aportaron al componente. • Variables que menos aportaron al componente.

los inmaduros del PTGC, lo que confirma la tendencia observada en los análisis univariados. Por su parte, el PC2 contribuyó en menor medida a la separación de los grupos, reflejando variaciones asociadas principalmente a la longitud de ala.

Las variables sitio y edad tienen un efecto significativo sobre las variables morfológicas y de condición corporal a nivel general en las poblaciones de mirlos cafés (Manova, sitio ($F_{(4,32)} = 15.66$, $p = 0.001$), edad ($F_{(4,32)} = 18.67$, $p = 0.001$)). El análisis particular de cada variable de respuesta reveló el grado de influencia significativa que ejercen el sitio y la edad sobre la morfología de los individuos en ambas poblaciones (tabla 2), mientras que la interacción entre ambos factores no fue significativa ($p > 0.05$).

Tabla 2

Resultados del análisis de varianza multivariado (Manova) para el efecto del sitio y la edad en las variables morfométricas de 2 poblaciones de los mirlos cafés (*Turdus grayi*) del municipio de Centro (Tabasco, México).

Variables	Sitio		Edad	
	F (1, 32)	p-valor	F (1, 32)	p-valor
Longitud de ala	10.790	0.002	7.690	0.008
Longitud de tarso	35.576	0.0001	27.097	0.001
Longitud de pico	42.245	0.0001	64.525	0.001
Condición corporal	44.007	0.0001	50.262	0.001

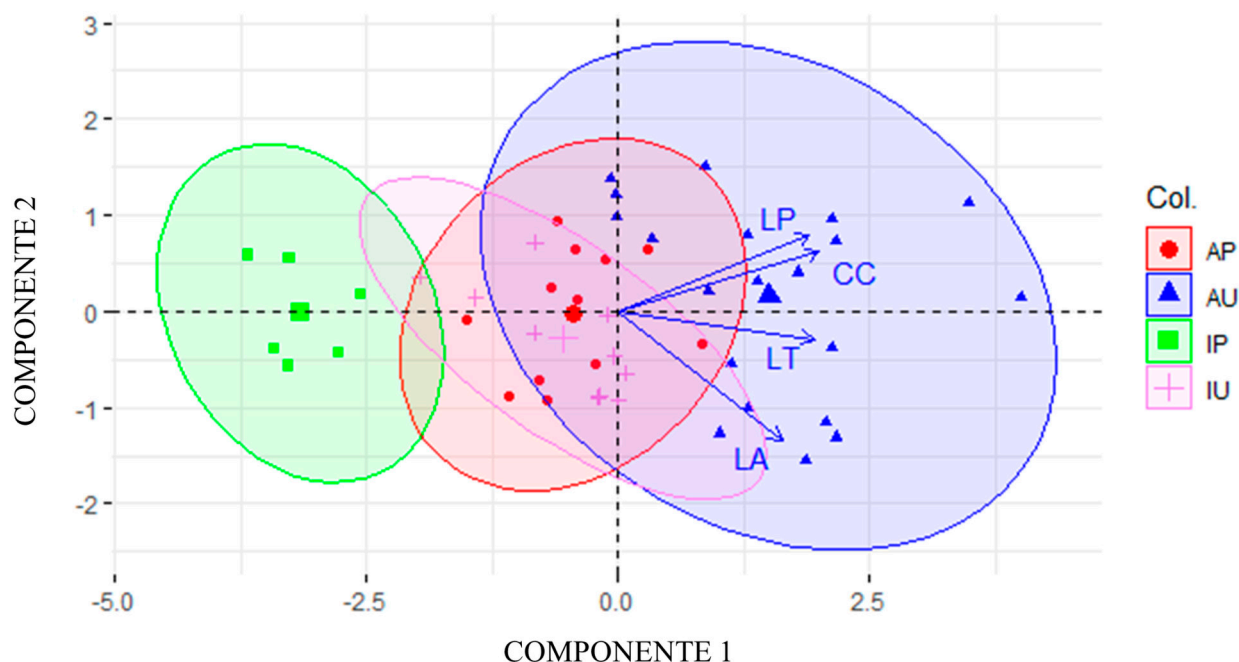


Figura 3. Distribución de los individuos de Mirlo café (*Turdus grayi*) dado por los 2 primeros componentes principales a partir de las variables morfológicas originales. Cada individuo está categorizado por la combinación de sitio y edad en las 2 poblaciones en el municipio de Centro (Tabasco, México). AP: Adultos del PTGC; AU: adultos de la UBS; IP: inmaduros del PTGC; IU: inmaduros de la UBS; LA: longitud de ala; LT: longitud de tarso; LP: longitud de pico; CC: condición corporal.

Discusión

Los resultados de este estudio muestran que las poblaciones de *Turdus grayi* presentan diferencias entre ambientes con distinto grado de urbanización. En particular, los individuos capturados en el sitio con menor influencia urbana (UBS) presentaron valores mayores en variables morfométricas y en el índice de condición corporal en comparación con aquellos registrados en el sitio más urbanizado (PTGC). Este patrón se observó tanto en individuos adultos como inmaduros, lo que sugiere que las características ambientales asociadas a cada sitio podrían influir en la forma corporal de las poblaciones.

Las variaciones morfológicas en aves han sido ampliamente documentadas como respuestas a las condiciones del ambiente que habitan. Rasgos como la longitud del ala, la masa corporal y la forma o longitud del pico están estrechamente vinculados con funciones ecológicas relacionadas con el desplazamiento, el uso del hábitat y la obtención de alimento (Revelo-Hernández et al., 2016; Schoener, 1974; Vágási et al., 2016; Winkler, 1988). En ambientes urbanos, diversos estudios han documentado cambios morfológicos asociados con modificaciones en la disponibilidad de recursos, la

estructura del hábitat y las condiciones ambientales propias de estos sistemas (Benmazouz et al., 2023; Evans et al., 2009; Hahs et al., 2023; Seress y Liker, 2015).

En el presente estudio, los individuos capturados en el PTGC presentaron una menor longitud de ala en comparación con aquellos registrados en la UBS. Este patrón ha sido documentado en diversas especies de aves asociadas a ambientes urbanizados, como el gorrión doméstico (*Passer domesticus*), el carbonero común (*Parus major*), la chova cenicienta (*Corvus cornix*), el pinzón terrestre (*Geospiza fulliginosa*) y la reinita amarilla (*Setophaga petechia aureola*), en las que se han reportado variaciones en la morfología del ala en función del tipo de ambiente ocupado (Benmazouz et al., 2023; Caizergues et al., 2018; Dulisz et al., 2016; Liker et al., 2008; Meillère et al., 2017; Mena et al., 2025). Diversos autores sugieren que, en contextos urbanos, las aves presentan patrones de movimiento más restringidos y un mayor uso de espacios estructuralmente complejos, lo que favorece morfologías asociadas con vuelos de corta distancia o mayor maniobrabilidad (Dulisz et al., 2016; Shochat, 2004). En conjunto, las diferencias observadas en la longitud del ala podrían interpretarse como respuestas morfológicas relacionadas con las características del entorno urbano.

De manera similar, los individuos del PTGC presentaron menor longitud del tarso, un rasgo que puede modificarse en ambientes urbanizados en respuesta a cambios en los sustratos disponibles para posarse. Esto concuerda con lo reportado en especies como el luis bienteveo (*Pitangus sulphuratus*) y el tirano pipirí (*Tyrannus melancholicus*) (Martins-Oliveira et al., 2012; Santos et al., 2023). En entornos urbanos, las perchas naturales suelen ser reemplazadas por estructuras artificiales como cables, postes, señales o edificaciones (Martins-Oliveira et al., 2012; Santos et al., 2023; Sick, 1997). En este sentido, la reducción en la longitud del tarso podría reflejar una menor demanda de resistencia mecánica y, al mismo tiempo, favorecer una mayor agilidad o facilitar ciertos movimientos y posturas en sustratos urbanos, en contraste con las perchas naturales más irregulares o flexibles, como las ramas (Santos et al., 2023).

Respecto a la longitud del pico, los individuos registrados en el PTGC presentaron picos más cortos que aquellos capturados en la UBS. Cambios en la morfología del pico han sido reportados en especies como el luis bienteveo (*Pitangus sulphuratus*), el hornero común (*Furnarius rufus*), el zorzal charchalero (*Turdus amaurochalinus*), la calandria común (*Mimus saturninus*), el abanico maorí (*Rhipidura fuliginosa*) y el mirlo común (*Turdus merula*) (Cristaldi et al., 2017; Hensley et al., 2019). Dado que el pico constituye la estructura principal involucrada en la captura y procesamiento del alimento, su morfología suele reflejar adaptaciones asociadas al tipo y abundancia de recursos tróficos disponibles (Hsu et al., 2014; Winkler et al., 2016; Xu et al., 2023). En ambientes urbanos, donde la diversidad de artrópodos suele ser menor (Chatelain et al., 2023), estas diferencias podrían reflejar ajustes fenotípicos asociados a cambios en la dieta.

En relación con el índice de condición corporal, los individuos registrados en la UBS presentaron valores mayores en comparación con aquellos capturados en el PTGC. Este resultado podría estar relacionado con la mayor cobertura y diversidad vegetal presente en la UBS, lo cual puede favorecer la disponibilidad de recursos alimenticios de origen natural. Diversos estudios han señalado que hábitats con mayor complejidad estructural y riqueza vegetal tienden a albergar una mayor abundancia de insectos, lo que incrementa la disponibilidad de alimento para las aves (Benmazouz et al., 2023; Fernández et al., 2023; Parker et al., 2014; Seress et al., 2020; Winkler et al., 2016). En concordancia con lo anterior, especies como el chingolo común (*Zonotrichia capensis*), el rascador viejita (*Melospiza fusca*) y la tortolita mexicana (*Columbina inca*) presentan una mejor condición corporal en ambientes conservados (Chávez-Zichinelli et al., 2013; Fernández

et al., 2023; Ruiz et al., 2002). En consecuencia, en ambientes con mayor disponibilidad de recursos tróficos las aves pueden destinar menos esfuerzo a la búsqueda de alimento, lo que podría traducirse en mejores valores de condición corporal (Liker et al., 2008; Meillère et al., 2015; Olsson et al., 2000; Van de Crommenacker et al., 2011).

En ambientes antropogénicos, los recursos comúnmente accesibles (como restos de comida, semillas o frutos proporcionados por los humanos de forma voluntaria o involuntaria) suelen presentar un bajo contenido de nutrientes esenciales, como proteínas y vitaminas y, por consiguiente, ser ricos en grasas, carbohidratos y sales (García-Arroyo et al., 2023; Jones y Reynolds, 2008; Townsend et al., 2019). Esta composición nutricional se refleja en los menores valores de condición corporal que las aves suelen exhibir en ambientes urbanizados (Caizergues et al., 2018).

El PCA evidenció una separación de los individuos en función del sitio y la edad. La alta proporción de varianza explicada por los primeros 2 componentes sugiere que las variables consideradas capturan de manera consistente la variación morfológica presente en las poblaciones estudiadas. Esta separación entre grupos indica que las condiciones ambientales asociadas a cada sitio podrían estar influyendo de manera conjunta en múltiples rasgos morfológicos de los individuos. Cuando las variables presentan cargas similares en un mismo componente, este puede interpretarse como un gradiente general que resume la variación conjunta de los rasgos (Abdi y Williams, 2010). El PC1 obtenido en este estudio refleja un eje de morfología y condición corporal. Por otro lado, cuando los componentes presentan cargas opuestas entre variables, estos representan contrastes funcionales entre rasgos (Lever et al., 2017), lo cual es consistente con el PC2, donde la longitud de ala se opone a variables como la longitud de pico y la condición corporal. Este tipo de patrones ha sido ampliamente descrito en estudios ecológicos como representación de gradientes morfofuncionales (Nichols, 1977).

De manera complementaria, los resultados del Manova indicaron que tanto el sitio como la edad influyen significativamente en el conjunto de variables morfológicas evaluadas. Esto sugiere que las diferencias observadas entre poblaciones no se limitan a un solo rasgo, sino que involucran cambios coordinados en múltiples características corporales. Este tipo de patrón ha sido documentado en otras especies de aves que habitan gradientes de urbanización, donde las condiciones ambientales pueden afectar simultáneamente diversos rasgos morfológicos (Amiot et al., 2022; Evans et al., 2009; Meillère et al., 2015).

A pesar de que los resultados muestran diferencias claras entre los sitios evaluados, este estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, el tamaño de muestra fue relativamente modesto y desigual entre sitios, lo que podría influir en el poder estadístico para detectar diferencias más sutiles, aunque el esfuerzo de muestreo fue estandarizado en términos de número de redes, frecuencia y horario de captura. En segundo lugar, el análisis se basó en únicamente 2 sitios de muestreo, lo que limita la capacidad de generalizar los patrones observados a otras poblaciones de la especie. Asimismo, no se controlaron variables potencialmente influyentes como el sexo, la temporalidad o el microhábitat dentro de cada sitio. Adicionalmente, no se realizó una caracterización detallada de la vegetación ni de la oferta de recursos a escala local, lo cual podría influir en las variaciones morfológicas observadas. Se recomienda que futuras investigaciones incorporen estas variables para evaluar con mayor precisión su efecto sobre las poblaciones de *T. grayi* a lo largo de gradientes de urbanización.

Los resultados de este estudio muestran que las poblaciones de *Turdus grayi* presentan diferencias en rasgos morfológicos y en la condición corporal entre ambientes con distinto grado de urbanización. En particular, los individuos capturados en el sitio con menor influencia urbana presentan valores mayores en variables morfométricas y en el índice de condición corporal en comparación con aquellos registrados en el sitio más urbanizado. Estos resultados respaldan la predicción inicial de que las aves que habitan en ambientes con menor grado de urbanización presentan valores morfológicos más altos que aquellas que ocupan ambientes más antropizados.

En conjunto, los hallazgos sugieren que las características del hábitat asociadas al grado de urbanización pueden influir en la variación morfológica y en la condición corporal de las poblaciones de esta especie. Este estudio aporta evidencia sobre cómo las modificaciones del paisaje urbano se relacionan con cambios en rasgos morfológicos de aves residentes, y resalta la importancia de considerar las características del hábitat en el estudio de la ecología de aves que habitan en ambientes urbanos.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti), por la beca de maestría otorgada al primer autor. Al Ayuntamiento de Centro, por permitirnos trabajar dentro del Parque Tomás Garrido Canabal y a Bernardo Mendoza y su hija, María Dolores Mendoza, directivos de la UMA Bioparque Saragatos, quienes nos permitieron trabajar dentro de la unidad de manejo.

Referencias

- Abdi, H. y Williams, L. J. (2010). Principal component analysis. *WIREs Computational Statistics*, 2, 433–459. <https://doi.org/10.1002/wics.101>
- Amiot, C., Harmange, C. y Ji, W. (2022). Morphological differences along a chronological gradient of urbanisation in an endemic insectivorous bird of New Zealand. *Urban Ecosystems*, 25, 465–475. <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01156-w>
- Barragán-Vázquez, M. D. R., Zenteno-Ruiz, C. E., Solís-Zurita, C., López-Luna, M. A., Hernández-Estañol, E., Martínez-Zetina, M. et al. (2014). Herpetofauna asociada a ambientes urbanos y suburbanos de Villahermosa, Tabasco, México. *Kuxulkab'*, 16, 19–26. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a16n30.409>
- Benmazouz, I., Jokimaki, J., Juhász, L., Kaisanlahti-Jokimaki, M.-L., Paládi, P., Kardos, G. et al. (2023). Morphological changes in hooded crows (*Corvus cornix*) related to urbanization. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1196075. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1196075>
- Bonier, F., Martin, P. R. y Wingfield, J. C. (2007). Urban birds have broader environmental tolerance. *Biology Letters*, 3, 670–673. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0349>
- Brown, D. R. y Sherry, T. W. (2006). Food supply controls the body condition of a migrant bird wintering in the tropics. *Oecologia*, 149, 22–32. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0418-z>
- Buermann, W., Saatchi, S., Smith, T., Zutta, B., Chaves, J., Milá, B. y Graham, C. (2008). Predicting species distributions across the Amazonian and Andean regions using remote sensing data. *Journal of Biogeography*, 35, 1160–1176. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01858.x>
- Caizergues, A. E., Grégoire, A. y Charmantier, A. (2018). Urban versus forest ecotypes are not explained by divergent reproductive selection. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285, 20180261. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0261>
- Chamberlain, D. E., Cannon, A. R., Toms, M. P., Leech, D. I., Hatchwell, B. J. y Gaston, K. J. (2009). Avian productivity in urban landscapes: a review and meta-analysis. *Ibis*, 151, 1–18. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2008.00899.x>
- Chatelain, M., Rüdisser, J. y Traugott, M. (2023). Urban-driven decrease in arthropod richness and diversity associated with group-specific changes in arthropod abundance. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 980387. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.980387>
- Chávez-Zichinelli, C. A., MacGregor-Fors, I., Quesada, J., Rohana, P. T., Romano, M. C., Valdez, R. et al. (2013). How stressed are birds in an urbanizing landscape? Relationships between the physiology of birds and 3 levels of habitat alteration. *Condor*, 115, 84–92. <https://doi.org/10.1525/cond.2013.110201>
- Cristaldi, M. A., Giraudo, A. R., Arzamendia, V., Bellini, G. P. y Claus, J. (2017). Urbanization impacts on the trophic

- guild composition of bird communities. *Journal of Natural History*, 51, 2385–2404. <https://doi.org/10.1080/00222933.2017.1371803>
- De Beer, S. J., Lockwood, G. M., Raijmakers, J. H. F. A., Raijmakers, J. M. H., Scott, W. A., Oschadleus, H. D. et al. (2001). *SAFRING bird ringing manual*. Cape Town: Avian Demography Unit, University of Cape Town.
- DiMiceli, C. M., Carroll, M. L., Sohlberg, R. A., Huang, C., Hansen, M. C. y Townshend, J. R. G. (2011). *Annual global automated MODIS Vegetation Continuous Fields (MOD44B) at 250 m spatial resolution*. College Park, MD: University of Maryland.
- Dulisz, B., Nowakowski, J. J. y Górnik, J. (2016). Differences in biometry and body condition of the house sparrow (*Passer domesticus*) in urban population during breeding season. *Urban Ecosystems*, 19, 1307–1324. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0546-0>
- Durant, D., Fritz, H., Blais, S. y Duncan, P. (2003). The functional response in 3 species of herbivorous Anatidae: effects of sward height, body mass and bill size. *Journal of Animal Ecology*, 72, 220–231. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00689.x>
- Evans, K. L., Gaston, K. J., Sharp, S. P., McGowan, A. y Hatchwell, B. J. (2009). The effect of urbanisation on avian morphology and latitudinal gradients in body size. *Oikos*, 118, 251–259. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.17092.x>
- Evans, K. L., Hatchwell, B. J., Parnell, M. y Gaston, K. J. (2010). A conceptual framework for the colonisation of urban areas: the blackbird *Turdus merula* as a case study. *Biological Reviews*, 85, 643–667. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00121.x>
- Fernández, C., Villaseñor, N. R., Contreras, C., Ávila, M., Sabat, P. y Poblete, Y. (2023). Intra-urban variation in body condition, body size and oxidative status of Rufous-collared sparrow relate to urban green space attributes in a Latin American metropolis. *Urban Ecosystems*, 26, 575–586. <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01348-6>
- García-Arroyo, M., Gómez-Martínez, M. A. y MacGregor-Fors, I. (2023). Litter buffet: on the use of trash bins by birds in 6 boreal urban settlements. *Avian Research*, 14, 100094. <https://doi.org/10.1016/j.avrs.2023.100094>
- Gosler, A. (2004). Birds in the hand. En W. J. Sutherland, I. Newton y R. E. Green (Eds.), *Bird ecology and conservation: a handbook of techniques* (pp. 85–118). Oxford University Press, New York.
- Hahs, A. K., Fournier, B., Aronson, M. F., Nilon, C. H., Herrera-Montes, A. y Salisbury, A. B. (2023). Urbanization generates multiple trait syndromes for terrestrial animal taxa worldwide. *Nature Communications*, 14, 4751. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39746-1>
- Hensley, C. B., Trisos, C. H., Warren, P. S., MacFarland, J., Blumenshine, S., Reece, J. et al. (2019). Effects of urbanization on native bird species in 3 southwestern US cities. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 71. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00071>
- Hsu, Y. C., Shaner, P. J., Chang, C. I., Ke, L. y Kao, S. J. (2014). Trophic niche width increases with bill-size variation in a generalist passerine: a test of niche variation hypothesis. *Journal of Animal Ecology*, 83, 450–459. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12152>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Síntesis de información geográfica de Tabasco*. Recuperado el 8 de noviembre de 2025 de: <https://goo.su/prhqbYI>
- Jetz, W., Wilcove, D. S. y Dobson, A. P. (2007). Projected impacts of climate and land-use change on the global diversity of birds. *Plos Biology*, 5, 1211–1219. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050157>
- Labocha, M. K. y Hayes, J. P. (2012). Morphometric indices of body condition in birds: a review. *Journal of Ornithology*, 153, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s10336-011-0706-1>
- Laurance, W. F., Sayer, J. y Cassman, K. G. (2014). Agricultural expansion and its impact on tropical nature. *Trends in Ecology and Evolution*, 29, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>
- Lepczyk, C. A., Aronson, M. F. y La Sorte, F. A. (2023). Cities as sanctuaries. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 21, 251–259. <https://doi.org/10.1002/fee.2637>
- Lever, J., Krzywinski, M. y Altman, N. (2017). Principal component analysis. *Nature Methods*, 14, 641–642. <https://doi.org/10.1038/nmeth.4346>
- Liker, A., Papp, Z. y Lendvai, Á. Z. (2008). Lean birds in the city: body size and condition of house sparrows along the urbanization gradient. *Journal of Animal Ecology*, 77, 789–795. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01402.x>
- Lowry, H., Lill, A. y Wong, B. B. M. (2013). Behavioural responses of wildlife to urban environments. *Biological Reviews*, 88, 537–549. <https://doi.org/10.1111/brv.12012>
- Luther, D. y Greenberg, R. (2014). Habitat type and ambient temperature contribute to bill morphology. *Ecology and Evolution*, 4, 699–705.
- Martins-Oliveira, L., Leal-Márques, R., Nunes, C. H., Franchin, A. G. y Marçal-Júnior, O. (2012). Forrageamento de *Pitangus sulphuratus* e de *Tyrannus melancholicus* (Aves: Tyrannidae) em habitats urbanos. *Bioscience Journal*, 28, 1038–1050.
- McDonald, R. I., Mansur, A. V., Ascensão, F., Colbert, M., Crossman, K. y Elmqvist, T. (2020). Research gaps in knowledge of the impact of urban growth on biodiversity. *Nature Sustainability*, 3, 16–24. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0436-6>
- Meillère, A., Brischoux, F., Parenteau, C. y Angelier, F. (2015). Influence of urbanization on body size, condition, and physiology in an urban exploiter: a multicomponent approach. *Plos One*, 10, e0135685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135685>
- Meillère, A., Brischoux, F., Henry, P. Y., Michaud, B., Garcin, R. y Angelier, F. (2017). Growing in a city: consequences on body size and plumage quality in an urban dweller, the house sparrow (*Passer domesticus*). *Landscape and Urban Planning*, 160, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.12.014>

- Mena, A., Terán, M., Calderón, D., Torres, M. L. y Cisneros-Heredia, D. F. (2025). Exploring stress and morphology in 2 songbird species across urban, agricultural, and natural habitats on San Cristóbal Island, Galápagos. *BMC Zoology*, 10, 7. <https://doi.org/10.1186/s40850-025-00221-7>
- Mena-Mora, A. A. (2020). *Evaluación de la morfología y estrés en pinzones de tierra pequeños expuestos a distintos grados de cambios de hábitat en San Cristóbal, Galápagos (Tesis)*. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.
- Merckx, T., Souffreau, C., Kaiser, A., Baardsen, L. F., Backeljau, T., Bonte, D. et al. (2018). Body-size shifts in aquatic and terrestrial urban communities. *Nature*, 558, 113–116. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0140-0>
- Mihart, M. G. H., Gutiérrez, J. B., Weiss, S. L. A. y Luna, M. A. L. (2019). Fauna silvestre en la ciudad de Villahermosa. En *La biodiversidad en Tabasco. Estudio de estado (Vol. II)*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Myneni, R., Knyazikhin, Y. y Park, T. (2021). *MODIS/Terra Leaf Area Index/FPAR 8-day L4 global 500 m SIN grid V061* [Data set]. NASA Land Processes Distributed Active Archive Center. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD15A2H.061> Recuperado el 6 de abril de 2026.
- NABC (North American Banding Council). (2001). *Bird banding manuals*. Point Reyes Station, California: North American Banding Council.
- Nichols, S. (1977). On the interpretation of principal components analysis in ecological contexts. *Vegetatio*, 34, 191–197. <https://doi.org/10.1007/BF00055215>
- Olsson, O., Wiktander, U. y Nilsson, S. (2000). Daily foraging routines and feeding effort of a small bird feeding on a predictable resource. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 267, 1457–1461. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1164>
- Paker, Y., Yom-Tov, Y., Alon-Mozes, T. y Barnea, A. (2014). The effect of plant richness and urban garden structure on bird species richness, diversity and community structure. *Landscape and Urban Planning*, 122, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.10.005>
- Peig, J. y Green, A. J. (2009). New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, 118, 1883–1891. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17643.x>
- Peig, J. y Green, A. J. (2010). The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. *Functional Ecology*, 24, 1323–1332. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01751.x>
- Peterson, R. T. y Chalif, E. L. (1989). *Aves de México: guía de campo*. México, D.F.: Diana.
- Pu, J., Yan, K., Roy, S., Zhu, Z., Rautiainen, M., Knyazikhin, Y. et al. (2024). Sensor-independent LAI/FPAR CDR: reconstructing a global sensor-independent climate data record of MODIS and VIIRS LAI/FPAR from 2000 to 2022. *Earth System Science Data*, 16, 15–34. <https://doi.org/10.5194/essd-16-15-2024>
- Pyle, P. (2008). *Identification guide to North American Birds (Part 2)*. Point Reyes Station, CA: Slate Creek Press.
- R Core Team. (2024). R: a language and environment for statistical computing (versión 4.4.1) - Software. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F. y Milá, B. (1997). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany, California: Pacific Southwest Research Station, U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Revelo-Hernández, C., Felipe, J., Ospina, C., José, J., Zerrato, G. y Murillo-García, O. E. (2016). Morphometric variation in the assembly of passerine birds present in 2 zones of tropical forest with different degrees of disturbance. *Revista de Ciencias*, 20, 125–137.
- Rodríguez-Flores, C. I. y Stiles, F. G. (2005). Ecomorphological analysis of a community of hermit hummingbirds (Trochilidae, Phaethorninae) and their flowers in Colombian Amazonia. *Ornitología Colombiana*, 3, 7–27. <https://doi.org/10.59517/oc.e50>
- RStudio Team. (2023). *RStudio: integrated development environment for R* (versión 2023.06.0) - Software. RStudio, PBC. <https://www.rstudio.com/>
- Ruiz, G., Rosenmann, M., Novoa, F. F. y Sabat, P. (2002). Hematological parameters and stress index in rufous-collared sparrows dwelling in urban environments. *The Condor*, 104, 162–166. [https://doi.org/10.1650/0010-5422\(2002\)104\[0162:HPASII\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1650/0010-5422(2002)104[0162:HPASII]2.0.CO;2)
- Santos, E. G., Pompermaier, V. T., Wiederhecker, H. C. y Marini, M. Â. (2023). Urbanisation-induced changes in the morphology of birds from a tropical city. *Emu - Austral Ornithology*, 123, 291–302. <https://doi.org/10.1080/01584197.2023.2253836>
- Santini, L., González-Suárez, M., Russo, D., Gonzalez-Voyer, A., von Hardenberg, A. y Ancillotto, L. (2019). One strategy does not fit all: determinants of urban adaptation in mammals. *Ecology Letters*, 22, 365–376. <https://doi.org/10.1111/ele.13199>
- Schoener, T. W. (1974). Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185, 27–39.
- Schulte-Hostedde, A. I., Zinner, B., Millar, J. S. y Hickling, G. J. (2005). Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology*, 86, 155–163. <https://doi.org/10.1890/04-0232>
- Scurlock, J. M. O., Asner, G. P. y Gower, S. T. (2001). *Worldwide historical estimates and bibliography of leaf area index (LAI), 1932-2000*. Oak Ridge National Laboratory Technical Memorandum TM-2001/268.
- Seress, G. y Liker, A. (2015). Habitat urbanization and its effects on birds. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 61, 373–408. <https://doi.org/10.17109/AZH.61.4.373.2015>
- Seress, G., Sándor, K., Evans, K. L. y Liker, A. (2020). Food availability limits avian reproduction in the city: an experimental study on great tits (*Parus major*).

- Journal of Animal Ecology*, 89, 1570–1580. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13211>
- Shochat, E. (2004). Credit or debit? Resource input changes population dynamics of city-slicker birds. *Oikos*, 106, 622–626. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.13159.x>
- Shochat, E., Warren, P. S., Faeth, S. H., McIntyre, N. E. y Hope, D. (2006). From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.11.019>
- Sick, H. (1997). *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2015). *Base de datos CICLOM: normales climatológicas por estado* (Página web). Recuperado el 8 de noviembre de 2025 de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>
- Sol, D., Lapiedra, O. y González-Lagos, C. (2013). Behavioural adjustments for a life in the city. *Animal Behaviour*, 85, 1101–1112. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.01.023>
- Sol, D., Trisos, C., Múrria, C., Jeliaskov, A., González-Lagos, C., Pigot, A. L. et al. (2020). The worldwide impact of urbanisation on avian functional diversity. *Ecology Letters*, 23, 1591–1603. <https://doi.org/10.1111/ele.13495>
- Statpoint Technologies, Inc. (2021). *Statgraphics Centurion* (versión 19.1) [Software]. Statpoint Technologies, Inc.
- Townsend, A. K., Staab, H. A. y Barker, C. M. (2019). Urbanization and elevated cholesterol in American crows. *The Condor: Ornithological Applications*, 121, 1–10. <https://doi.org/10.1093/condor/duz040>
- Tuck, S., Phillips, H., Hintzen, R., Scharlemann, J., Purvis, A. y Hudson, L. (2014). MODISTools: downloading and processing MODIS remotely sensed data in R. *Ecology and Evolution*, 4, 4658–4668. <https://doi.org/10.1002/ece3.1273>
- Vágási, C. I., Pap, P. L., Vincze, O., Osváth, G., Erritzøe, J. y Møller, A. P. (2016). Morphological adaptations in birds. *Evolutionary Biology*, 43, 48–59. <https://doi.org/10.1007/s11692-015-9349-0>
- Van de Crommenacker, J., Komdeur, J., Burke, T. y Richardson, D. S. (2011). Spatio-temporal variation in territory quality and oxidative status: a natural experiment in the Seychelles warbler (*Acrocephalus sechellensis*). *Journal of Animal Ecology*, 80, 668–680. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2010.01792.x>
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. y Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277, 494–499. <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>
- Wainwright, P. C. (1991). Ecomorphology: experimental functional anatomy for ecological problems. *American Zoologist*, 31, 680–693. <https://doi.org/10.1093/icb/31.4.680>
- Weather Atlas. (2025). *Clima - Villahermosa, México*. Weather-Atlas.com [Página web]. Recuperado el 8 de noviembre de 2025 de: <https://www.weather-atlas.com/>
- Wigginton, N. S., Fahrenkamp-Uppenbrink, J., Wible, B. y Malakoff, D. (2016). Cities are the future. *Science*, 352, 904–905. <https://doi.org/10.1126/science.352.6288.904>
- Winkler, H. (1988). An examination of concepts and methods in ecomorphology. *Proceedings of the International Ornithological Congress*, 19, 2246–2253.
- Winkler, D. W., Shamoun-Baranes, J. y Piersma, T. (2016). Avian migration and dispersal. En I. J. Lovette y J. W. Fitzpatrick (Eds.), *Handbook of bird biology* (pp. 453–492). Ithaca, New York: Princeton University Press.
- Wysocki, D., Adamowicz, J., Kosciów, R. y Smietana, P. (2004). The size of breeding territory in an urban population of the blackbird (*Turdus merula*) in Szczecin (NW Poland). *Ornis Fennica*, 81, 1–12. <https://ornisfennica.journal.fi/article/view/133607>
- Xu, Y., Price, M., Que, P., Zhang, K., Sheng, S., He, X. et al. (2023). Ecological predictors of interspecific variation in bird bill and leg lengths on a global scale. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 290, 20231387. <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.1387>
- Zeffer, A., Johansson, C. y Marmebro, A. (2003). Functional correlation between habitat use and leg morphology in birds (Aves). *Biological Journal of the Linnean Society*, 79, 461–484. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2003.00200.x>