

Efectos de las características de las ciudades occidentales contemporáneas sobre la avifauna urbana

Edgar Bernat-Ponce^{1,*} , José A. Gil-Delgado¹ , Germán M. López-Iborra²

(1) Departamento de Microbiología y Ecología/Ecología de Vertebrados Terrestres, Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universidad de Valencia, c/ Catedrático José Beltrán, 2, 46980, Paterna, España.

(2) Departamento de Ecología/IMEM Ramon Margalef, Universidad de Alicante, Carretera San Vicente del Raspeig s/n,03690, San Vicente del Raspeig, Alicante, España.

* Autor de correspondencia: E. Bernat-Ponce [edgar.bernat@uv.es]

> Recibido el 30 de enero de 2021 - Aceptado el 11 de febrero de 2022

Como citar: Bernat-Ponce, E., Gil-Delgado, J.A., López-Iborra, G.M. 2022. Efectos de las características de las ciudades occidentales contemporáneas sobre la avifauna urbana. *Ecosistemas* 31(1): 2158. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2158>

Efectos de las características de las ciudades occidentales contemporáneas sobre la avifauna urbana

Resumen: Desde los primeros asentamientos humanos permanentes del Holoceno, hace 10 000 años, hasta las ciudades contemporáneas, las aves han cohabitado con los seres humanos. En las últimas décadas la urbanización ha crecido exponencialmente en el planeta y, en 2030, más del 60% de la población mundial vivirá en zonas urbanas. En función de su tolerancia a la urbanización las aves se clasifican en tres categorías: evitadoras, adaptadoras o explotadoras urbanas. Las ciudades occidentales contemporáneas atraen a las aves por la presencia de recursos tróficos abundantes y predecibles, la reducción en la diversidad de depredadores o la provisión de estructuras donde ubicar los nidos, entre otras. Sin embargo, la urbanización es uno de los mayores problemas actuales para la biodiversidad y el modelo de ciudad contemporánea puede dejar de ser atractivo para las aves e incluso causar el declive a ciertas especies ligadas a medios urbanos. Algunas razones que explican este proceso son: la gestión urbana y la pérdida de zonas verdes, la contaminación, la comida antropogénica y las nuevas tendencias arquitectónicas. Un cambio en el modelo de ciudad contemporánea que proteja la biodiversidad, aunque es un reto difícil, es posible siguiendo ejemplos como el de la infraestructura verde y sostenibilidad ambiental de la ciudad de Vitoria-Gasteiz (España).

Palabras clave: área urbana; aves; contaminación; declive; infraestructura verde; urbanización

Effects of the features of contemporary occidental cities on urban avifauna

Abstract: Since the first permanent human settlements in the Holocene, 10 000 years ago, until contemporary cities birds have cohabited with humans. In the last decades, urbanization has grown exponentially on the planet and in 2030 the 60% of the world population will live in urban areas. Based on their urbanization tolerance birds are classified into three categories: urban avoiders, adapters, or exploiters. Current occidental cities attract birds due to the presence of abundant and predictable trophic resources, reduction of predators' diversity, or the existence of nesting places, among other factors. However, urbanization is nowadays one of the greatest problems for biodiversity and the model of a contemporary city may become unattractive to birds and indeed some urban species are declining in the present. Some reasons that explain this process are loss of green areas, pollution, changes in abundance and composition of trophic resources, and new building trends. Changing the model of a contemporary city to protect biodiversity is a difficult challenge but it is possible and there exist inspiring experiences like the green infrastructure of the city of Vitoria-Gasteiz (Spain).

Keywords: urban area; birds; pollution; decline; green infrastructure; urbanization

La urbanización, el modelo actual de ciudad occidental y su relación con las aves

Los primeros asentamientos humanos permanentes surgieron hace más de 10 000 años con la aparición de la agricultura, y fue el inicio de la coexistencia pre-urbana entre las aves y los humanos (Negro et al. 2020). Muchas ciudades contemporáneas son producto de asentamientos antiguos que funcionan como un ecosistema vivo en permanente cambio.

La urbanización es el proceso de conversión de hábitats rurales a urbanos/urbanizados (Clergeau et al. 2006; Elmqvist et al. 2013). Las zonas rurales se pueden definir como paisajes en los que predomina el uso agrícola-ganadero o la cobertura de vegetación

natural o espontánea, localizados fuera de pueblos y ciudades (Clergeau et al. 2006). Las zonas urbanizadas se caracterizan por una densidad moderada o elevada de casas unifamiliares con espacios privados seminaturales como jardines o solares (grado medio de urbanización). No obstante, las zonas urbanas (grado alto de urbanización) son áreas con una densidad de habitantes superior a las 1000 personas/Km² cubiertas por edificios de varias alturas y más de un 50 % de superficie impermeable al agua (Marzluff et al. 2001; MacGregor-Fors 2011).

La urbanización supone una gran amenaza para la biodiversidad y es uno de los mayores desafíos ambientales de nuestra época (United Nations 2012; Isaksson 2018). Desde la Segunda Guerra Mundial este proceso ocurre a una velocidad sin preceden-

tes, y se estima que en 2030 más del 60% de la población mundial vivirá en zonas urbanas (Fernández Durán 2011; United Nations 2018). Dada la diversidad de características y complejidad del proceso de urbanización a lo largo del mundo, en esta revisión nos centramos en las ciudades occidentales contemporáneas y sus efectos sobre las aves desde el final del siglo XX hasta la actualidad. Este tipo de ciudades comparten grandes similitudes de planificación urbanística y de desarrollo social y urbano debido a la globalización, en muchos casos sin importar su localización geográfica (Gordon y Cox 2012; Clark et al. 2019): desindustrialización en los 70, gentrificación (transformación de un espacio urbano deteriorado mediante la rehabilitación de edificios con mayores alturas que las existentes y desplazamiento de los habitantes de clase media-baja por las clases altas) en los 80, mejora en el transporte en los 90 y gran ampliación de los núcleos urbanos a partir del año 2000 (Clark et al. 2019). Una de las grandes revoluciones en las ciudades de este periodo fue la masificación en el uso del automóvil privado y el desarrollo de estructuras a su servicio (López de Lucio 1993).

En función de su tolerancia a la urbanización y dependencia de los recursos provistos por los humanos, las aves se han clasificado en: evitadoras, adaptadoras o explotadoras urbanas (Blair 1996). La urbanización puede provocar la expulsión de especies de aves de zonas altamente modificadas. Estas son las llamadas evitadoras urbanas (Crocí et al. 2008); especies que para su alimentación y nidificación requieren extensiones de hábitats sin urbanizar, o con una urbanización muy reducida (Fig. 1; Møller 2009). Por otra parte, las aves adaptadoras urbanas son aquellas que toleran (vía plasticidad o evolución) niveles intermedios del gradiente de urbanización, aunque también se encuentran en otros ambientes (Fig. 1; Crocí et al. 2008). Finalmente, en los ecosistemas altamente urbanizados existen especies adaptadas y pre-ajustadas para explotar estos cambios ambientales, y que apenas se encuentran en otros

ecosistemas (Fig. 1; Crocí et al. 2008). Estas especies son las explotadoras urbanas (Blair 1996), las cuales suelen ser generalistas, trogloditas (nidifican en oquedades) y con dietas amplias (omnívoras e insectívoras aéreas) que obtienen sobre la superficie del suelo o durante el vuelo (Erz 1966; Kark et al. 2007; Evans et al. 2011). Las explotadoras urbanas muestran una tendencia a desarrollar un mayor tamaño cerebral relativo y una mayor plasticidad comportamental (Evans et al. 2011; Sol et al. 2013; Griffin et al. 2014; Palacio 2020). Asimismo, las dos últimas categorías de especies, las adaptadoras y explotadoras urbanas, se engloban dentro de las denominadas especies sinantrópicas, las cuales prosperan en hábitats modificados por la acción humana (Fig. 1; Martín y Boruta 2014). Además, también pueden ser clasificadas como especies sinúrbicas si estas alcanzan mayores densidades en el medio urbano que en zonas rurales (Fig. 1; Francis y Chadwick 2012).

¿Por qué las ciudades actuales son atractivas para algunas especies de aves?

A pesar de los efectos perniciosos de la urbanización sobre la biodiversidad, las ciudades son un ecosistema único utilizado por decenas de especies de aves (Gil y Brumm 2014). En ciudades como Madrid (España) se llegan a catalogar más de medio centenar de especies (SEO/BirdLife 2006). Además, el 20% de las especies del mundo han sido detectadas en áreas urbanizadas e incluso en ciertos ambientes su diversidad es mayor que en zonas naturales próximas (Aronson et al. 2014; Verma y Murmu 2015), por lo que el ecosistema urbano tiene potencial para contribuir a la conservación de determinadas especies si es gestionado de manera favorable para la biodiversidad. Las características más destacadas que atraen a algunas especies de aves a las ciudades occidentales contemporáneas son:

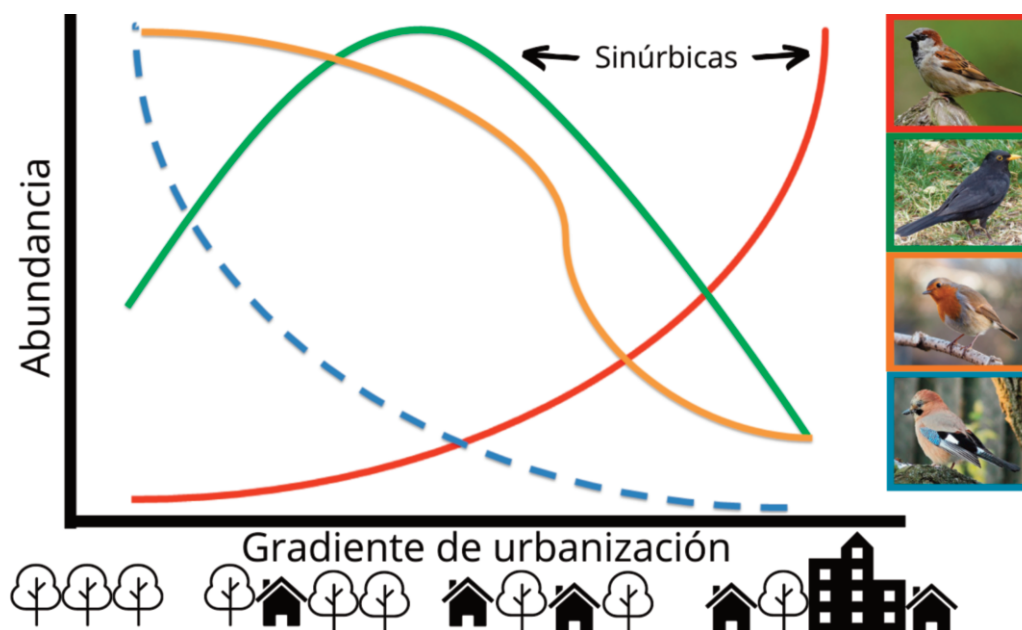


Figura 1. Ejemplos y representación gráfica de la abundancia teórica de las tres categorías de aves en función de su tolerancia a la urbanización. En rojo se muestra una especie explotadora urbana sinúrbica (Gorrion común *Passer domesticus*) y que no se encuentra fuera de entornos antropizados (Anderson 2006). En verde se encuentra un ejemplo de ave adaptadora urbana sinúrbica (Mirlo común *Turdus merula*), especie forestal que, en los espacios verdes de la ciudad, como los jardines y parques, presenta densidades muy superiores a las que muestra en los bosques ocupados originalmente (Luniak 1970; Møller et al. 2014). En naranja encontramos otro ejemplo de ave adaptadora urbana (no sinúrbica) que tolera la urbanización, aunque su abundancia en estas zonas no sea mayor que en áreas rurales (Petirrojo europeo *Erithacus rubecula*). En azul se representa la evitadora urbana (Arrendajo euroasiático *Garrulus glandarius*), especie que requiere de grandes masas forestales sin o con una urbanización muy leve para su alimentación y reproducción. Las líneas continuas muestran las tres especies sinantrópicas. Elaboración propia en Canva.

Figure 1. Examples and graphic representation of the theoretical abundance of the three bird categories in relation to their urbanization tolerance. In red it is showed the synurbic urban exploiter species (House Sparrow *Passer domesticus*), which is not found out of anthropic environments (Anderson 2006). In green it is shown an example of synurbic urban adapter species (Common Blackbird *Turdus merula*), forestal species that in urban green areas, such as parks and gardens, has higher densities than in originally occupied forests (Luniak 1970; Møller et al. 2014). In orange, it is showed the other example of an urban adapter bird (non-synurbic) that tolerates urbanization, even though its abundance is not higher than in rural areas (European Robin *Erithacus rubecula*). In blue it is showed the urban avoider species (Eurasian Jay *Garrulus glandarius*), which requires large forests without urbanization or slightly urbanized for feeding and breeding. Continuous lines show the three synanthropic species. Own elaboration with Canva.

Fuente de alimento constante y predecible

Las ciudades suponen una fuente constante, abundante, variada y predecible de algunos alimentos, generalmente derivados de la actividad humana, aspecto que es especialmente importante para las aves omnívoras (Møller 2009). Estas aves se alimentan, en muchos casos, de los desperdicios de comida que los humanos generamos y que ponemos a su disposición de manera constante en determinados lugares de la matriz urbana (vertederos, contenedores, terrazas de restaurantes), que afectan a su abundancia y presencia (Fig. 2a; Tabla 1a). Habitualmente, los jardines particulares en muchos países constituyen fuentes fijas y predecibles de alimento gracias a los comederos para aves (Fig. 2c; Reynolds et al. 2017) y, a su vez, son un punto de atracción para depredadores como el gavilán común *Accipiter nisus* (Chamberlain et al. 2009b). Asimismo, las zonas verdes urbanas son una importante fuente de recursos tróficos para especies de aves granívoras e insectívoras. En algunos casos, la introducción de especies vegetales exóticas (p. e. palmera datilera *Phoenix dactylifera*), junto a las especies vegetales nativas, permiten un suministro continuo y predecible de frutos e incluso de invertebrados durante diferentes periodos del año (Smith et al. 2006; Murgui 2009; Nieves y Gil-Delgado 2018; Tasker et al. 2020). Esta mayor disponibilidad de alimentos en la ciudad puede incrementar la supervivencia y contribuir a un adelanto de la reproducción (Tabla 1b). Además, la iluminación artificial de las zonas urbanas atrae insectos y permite la alimentación nocturna de especies migratorias y vulnerables, como el cernícalo primilla *Falco naumanni* (Negro et al. 2000; Lebbin et al. 2007)

Efecto isla de calor

La isla de calor urbana (ICU) es un fenómeno que se da frecuentemente en las ciudades de climas templados y fríos en el cual

las urbes están varios grados por encima de las áreas rurales adyacentes (Bornstein 1968; Landsberg 1981). Este efecto es debido a la generación de calor por la quema de combustibles fósiles y otras actividades residenciales/industriales de origen antrópico, así como a la función colectora/emisora de calor del asfalto y cemento en la ciudad (Botkin y Beveridge 1997). La magnitud de este efecto es variable en función del tamaño y áreas verdes del área urbana (Oke 1973; Shishegar 2014).

Las temperaturas más elevadas (microclima urbano) debidas a la ICU contribuyen, junto con la mayor disponibilidad de alimento para algunas especies, a que las especies migratorias lleguen antes a la ciudad, a que las poblaciones urbanas inicien antes sus puestas que sus congéneres rurales y a que el periodo reproductivo se extienda más en el tiempo (Tabla 1b). La ICU se considera universal y sus efectos se han observado en muchas especies, pero no siempre son positivos para su éxito reproductor (Chamberlain et al. 2009a; Deviche y Davies 2014). Asimismo, también tiene importantes consecuencias en el comportamiento, supervivencia y balances energéticos de las aves, como, por ejemplo, su asociación en dormideros urbanos (Fig. 2b) para protegerse de las bajas temperaturas de las noches invernales (Tabla 1b).

Reducción en la diversidad de depredadores

Dado que las aves pequeñas toleran mejor la presencia del hombre que sus depredadores silvestres de mayor tamaño, especialmente aves rapaces (Luniak 2004), las zonas urbanas pueden actuar como refugios frente a la depredación (Tabla 1c; pero véase Kettel et al. 2019). Además, en las ciudades, la riqueza de depredadores silvestres suele ser menor que en las zonas rurales (Díaz et al. 2013; Reboló-Ifrán et al. 2017), por lo que esta liberación frente a la depredación puede mejorar los parámetros demográficos de las especies de presas en las ciudades (Tabla 1c).



Figura 2. Ejemplos de diferentes elementos de la matriz urbana que atraen a las aves a las ciudades: a) contenedores de basura; b) grandes árboles dormidero; c) comederos para aves; d) estructuras antrópicas útiles para la nidificación.

Figure 2. Examples of different elements of the urban matrix that attract birds to the cities: a) rubbish containers; b) large roosting trees; c) bird feeders; d) anthropic structures useful for nesting.

Tabla 1. Ejemplos de algunas características urbanas que pueden actuar como atractivos para las aves y sus efectos.**Table 1.** Examples of some urban features that may act as bird attractors and their effects.

Característica urbana	Localización	Especie	Efecto	Referencias
a) Fuente de alimento constante y predecible	Norte de Bélgica	Carbonero común <i>Parus major</i>	Individuos urbanos inician las puestas seis días antes que sus conspecificos rurales pero su éxito reproductor (0.62 volantones/huevo) es menor que en rurales (0.84)	de Satgé et al. 2019
	Bristol (Reino Unido)	3 especies de gaviotas	Ajuste de desplazamientos urbanos en función de la disponibilidad de alimento antropogénico en colegios, vertederos y parques	Spelt et al. 2021
	Suecia, España	Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Mayor presencia cerca de las terrazas de restaurantes y mayores abundancias en los alrededores de los contenedores de basura	Haemig et al. 2015; Bernat-Ponce et al. 2018a, 2019
	Pensilvania central (EEUU)	Carbonero cabecinegro <i>Poecile atricapillus</i>	Individuos con acceso a comida suplementaria en zonas suburbanas incrementan sus tasas de supervivencia frente a los de zonas control forestales (94% vs. 81%)	Egan y Brittingham 1994
b) Efecto isla de calor	Londres (Reino Unido)	Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Mayor número de volantones (+62%) en zonas suburbanas con alimentación suplementaria frente a zonas no suplementadas	Peach et al. 2015
	Łódź (Polonia)	Carbonero común <i>Parus major</i>	Puestas en zonas urbanas 3-16 días antes que en zonas rurales gracias al microclima urbano, entre otros aspectos	Wawrzyniak et al. 2015
	Oeste de Polonia	18 especies	15 de 18 especies migratorias tienden a llegar antes a las ciudades que a las zonas rurales	Tryjanowski et al. 2013
	Fort Campbell, Kentucky (EEUU)	Estornino pinto <i>Sturnus vulgaris</i>	Dormidero 2°C por encima de la temperatura exterior	Francis 1976
	Saskatoon (Canadá)	Esmerejón <i>Falco columbarius</i>	Colonización de zonas de invernada limitada por la disponibilidad de árboles dormidero urbanos	Warkentin y James 1990
c) Reducción en la diversidad de depredadores	Leicester (Reino Unido)	Estornino pinto <i>Sturnus vulgaris</i>	500 000 individuos en árboles dormidero de parques urbanos	Peach y Fowler 1989
	Toledo (España), Orsay (Francia), Brønderslev (Dinamarca)	Diferentes especies	Correlación positiva en entre la distancia media de inicio de vuelo y la distancia media a la casa más cercana, relacionado con la tolerancia a la presencia humana y el menor riesgo de depredación	Møller y Díaz 2018
	Oeste de Polonia	Mirlo común <i>Turdus merula</i>	Poblaciones urbanas 10-20 veces más densas que las rurales gracias, en parte, a protección frente a los depredadores	Gliwicz et al. 1994
d) Sustratos para nidificación	Oslo (Suecia), Orsay (Francia), Brønderslev (Dinamarca)	Diferentes especies	Menor densidad de rapaces (mayor de mamíferos) en zonas urbanas que hace que las aves urbanas canten en posiciones un 25% más elevadas que sus congéneres rurales	Møller 2011
	Hungría	Lechuza común <i>Tyto alba</i>	Nidificación en torres de iglesias y campanarios	Klein et al. 2007
	Reino Unido	Gorrión común <i>Passer domesticus</i> Avión común <i>Delichon urbica</i>	Nidificación en tejas, grietas y aleros de casas y edificios	Wotton et al. 2002
	Venecia (Italia)	Gaviota patiamarilla <i>Larus michahellis</i>	Nidificación en tejados de edificios	Soldatini et al. 2008
e) Hábitats que faltan en el entorno natural	Nápoles (Italia)	Halcón peregrino <i>Falco peregrinus</i>	Oteadero y nidificación en rascacielos	Fraissinet y De Rosa 2012
	Phonenix (EEUU)	Comunidad de aves	Correlación positiva entre la riqueza de aves nativas y la vegetación nativa de los jardines privados (número de árboles y arbustos en jardines privados). Mayor riqueza de especies en barrios de elevado nivel socioeconómico	Lerman y Warren 2011
	34 ciudades de todo el mundo	Comunidad de aves	Mayor biodiversidad (incluyendo aves) en las zonas urbanizadas de mayor nivel socioeconómico	Kuras et al. 2020

Sustratos para nidificación

Algunas especies de aves se benefician de estructuras antrópicas urbanas, tanto antiguas como modernas, para la nidificación (Tabla 1d). En las zonas urbanas, los campanarios, iglesias y otros edificios son útiles por sus tejas y orificios para la nidificación de especies trogloditas por los elementos salientes como los aleros para la ubicación de los nidos o directamente por la superficie de nidificación que ofrecen los tejados para especies de gran tamaño (Tabla 1d). Los edificios altos de las ciudades contemporáneas sirven como oteadero y zona de nidificación de rapaces como el halcón peregrino *Falco peregrinus* (Fraissinet y De Rosa 2012; Kettel et al. 2019). Igualmente, otros elementos antrópicos como los puentes, postes de electricidad o estructuras industriales son importantes sustratos de nidificación para muchas especies de aves (Fig. 2d; Mainwaring 2015).

Hábitats que faltan en el entorno natural

Las zonas urbanizadas pueden albergar hábitats que no se encuentran en sus inmediaciones y que pueden suponer fuentes de recursos esenciales. Por ejemplo, la creación de lagos o estanques artificiales dentro de las urbes incrementa la diversidad ornítica (Shwartz et al. 2008; Chamberlain et al. 2020). En los sectores de mayor estatus económico es más probable que se generen hábitats artificiales que de forma natural no se encuentran en el entorno de las ciudades. Este efecto es especialmente patente en zonas residenciales de áreas áridas o semi-áridas, donde la mayor disponibilidad de recursos para invertir en irrigación de jardines privados, la presencia de cuerpos de agua (p. e. piscinas o estanques), el manejo de la vegetación y la mayor cobertura vegetal son de gran relevancia para las aves (Hope et al. 2003; Leong et al. 2018; Bermúdez-Cavero et al. 2021). Esta situación recibe el nombre de “efecto lujo”. No obstante, este efecto también puede deberse a la selección de las zonas más biodiversas para establecer los barrios de población de mayor poder adquisitivo (Tabla 1e; Jenerette et al. 2011; Chamberlain et al. 2020; Kuras et al. 2020).

¿Qué está cambiando en las ciudades contemporáneas para que dejen de ser atractivas para las aves?

Especies de aves urbanas que durante mucho tiempo se han beneficiado de la interacción con el ser humano, se encuentran en serio declive desde finales del siglo XX hasta la actualidad, como el gorrión común *Passer domesticus* (Shaw et al. 2008) o el cernícalo primilla *Falco naumanni* en Europa (Negro et al. 2020). Esto indica que algo está cambiando en las ciudades contemporáneas que está causando una disminución de la calidad del hábitat urbano. Entre las posibles causas se han identificado las siguientes:

Nuevas tendencias arquitectónicas

La urbanización lleva asociada la construcción de nuevos edificios y la reforma de los antiguos con las técnicas y materiales más innovadores (Fig. 3). Los edificios de nueva construcción suelen tener diseños mucho más lineales y geométricos que antaño, además de carecer de elementos salientes como los aleros y repisas que ayuden a la nidificación de las aves (Tabla 2a; Wotton et al. 2002; Shaw et al. 2008). Los nuevos materiales de construcción y aislamiento reducen la formación de grietas y oquedades en los edificios, y además permiten su remodelación más eficiente, lo que disminuye las oportunidades de nidificación de las aves (Shaw et al. 2008). Igualmente, muchos edificios modernos son diseñados con grandes cristalerías y ventanales, que actúan como una trampa mortal para las aves, debido a las colisiones que generan, especialmente en el periodo de migración (Seewagen y Sheppard 2019).

Gestión urbana y reducción de zonas verdes

En la ciudad contemporánea las zonas verdes son manejadas con pesticidas y herbicidas desde hace décadas. Esta gestión está convirtiendo los parques urbanos en zonas verdes “domesticadas”, lo que reduce drásticamente la disponibilidad de recursos tróficos

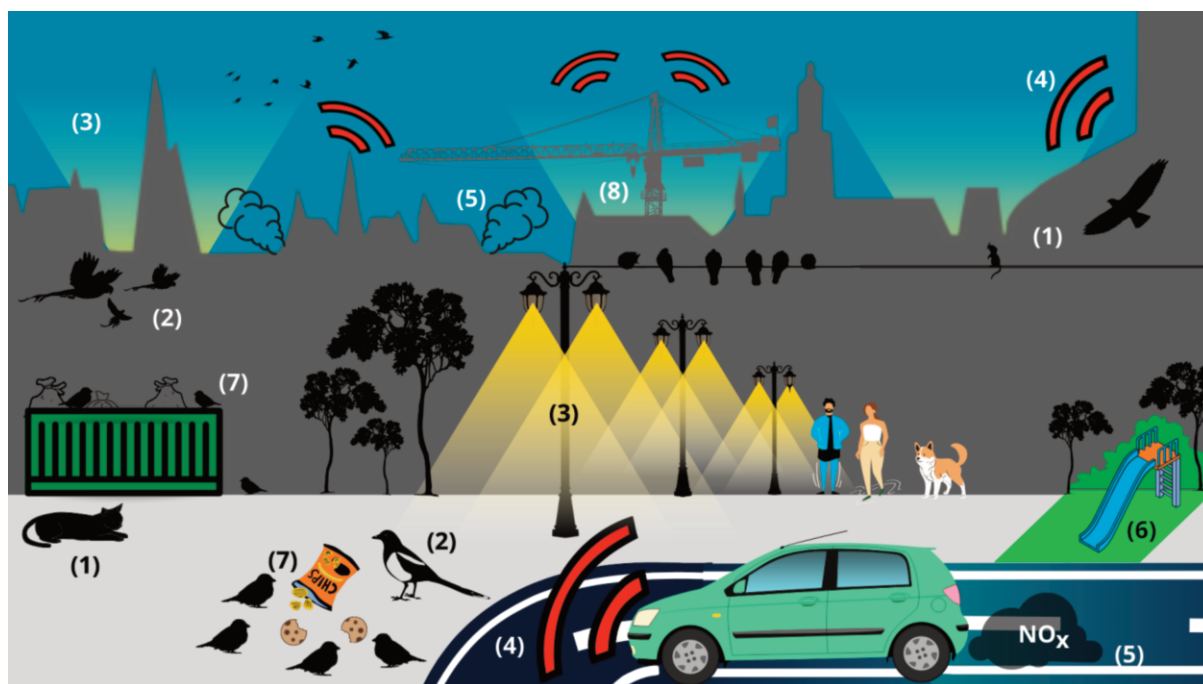


Figura 3. Ilustración que muestra algunos de los aspectos negativos de las ciudades para las aves: 1) depredadores urbanos; 2) competidores (en algunos casos invasores); 3) contaminación lumínica; 4) contaminación acústica; 5) contaminación química; 6) pérdida de hábitat (sustratos artificiales en zonas verdes); 7) dieta urbana de baja calidad y 8) nuevas tendencias arquitectónicas. Elaboración propia en Canva.

Figure 3. Illustration showing some negative aspects of cities for birds: 1) urban predators; 2) competitors (in some cases invaders); 3) light pollution; 4) acoustic pollution; 5) chemical pollution; 6) habitat loss (artificial pavements in urban areas); 7) low-quality urban diet and 8) new architectonic trends. Own elaboration with Canva.

Tabla 2. Ejemplos de algunas características urbanas que pueden hacer que las zonas urbanas no sean atractivas para las aves y sus efectos.**Table 2.** Examples of some urban features that might become unattractive for birds in cities and their effects.

Característica urbana	Localización	Especies	Efecto	Referencias	
a) Nuevas tendencias arquitectónicas	Praga (República Checa)	Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Mayor preferencia por las zonas de los barrios con casas antiguas frente a las de nueva construcción (100% vs. 71% de ocupación)	Moudrá et al. 2018	
	Comunidad Valenciana (España)	Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Alta preferencia por tejas morunas tradicionales frente a nuevos diseños de tejados (75% nidos vs. 29% disponibilidad en la zona)	Bernat-Ponce et al. 2018b	
b) Gestión urbana y reducción de zonas verdes	Comunidad Valenciana (España)	Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Poblaciones de 10 parques urbanos declinaron un 60% (vs. 15% en parques control) en 4 años por la sustitución del césped natural por césped artificial y otros sustratos impermeables.	Bernat-Ponce et al. 2020	
c) Contaminación	Química	Hungría	Carbonero común <i>Parus major</i>	Reducción de la biomasa de orugas disponibles para las aves de entre 8.5 y 24 veces por la contaminación	Seress et al. 2018
		Scania (Suecia)	4 especies de passeriformes	Correlación positiva entre los niveles estimados de NO _x y el grado de urbanización con la capacidad antioxidante total en las 4 especies	Salmón et al. 2018
		España	Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Individuos urbanos con mayores niveles de daño oxidativo y mayor actividad de enzimas antioxidantes pero una menor capacidad antioxidante en comparación con individuos rurales	Herrera-Dueñas et al. 2017
	Acústica	Harjavalta (Finlandia)	Carbonero común <i>Parus major</i> Papamoscas cerrojillo <i>Ficedula hypoleuca</i>	Reducción de la calidad del alimento aportado a los pollos por la contaminación de zonas urbanas. Larvas de mitad de tamaño en territorios contaminados	Eeva et al. 2005
		Londres (Reino Unido)	Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Correlación negativa entre la concentración de NO ₂ y la tendencia de las poblaciones (abundancia) de machos	Peach et al. 2018
	Luminica	EEUU	142 especies	Periodo reproductor alterado y correlación negativa entre del éxito de eclosión de los huevos y el ruido antrópico a lo largo de todo el continente	Senzaki et al. 2020
		San Francisco (EEUU)	Gorrión de corona blanca <i>Zonotrichia leucophrys</i>	Mejor comunicación (al doble de distancia) entre individuos debido a la ausencia de ruidos antropogénicos durante el confinamiento domiciliario debido a la COVID-19 en primavera de 2020	Derrybery et al. 2020
		Países Bajos	Carbonero común <i>Parus major</i>	Puestas de menor tamaño en zonas próximas a la autovía a causa del ruido del tráfico	Halfwerk et al. 2011
	Luminica	Alemania	Mirlo común <i>Turdus merula</i>	Aves urbanas empezaron antes su actividad (29 minutos) y fue más prolongada en el día (40 minutos) que para sus congéneres rurales	Dominoni et al. 2013a
		Radolfzell (Alemania)	Mirlo común <i>Turdus merula</i>	Aves expuestas a la luz artificial se pueden reproducir 13 días antes y adelantan la muda 22 días	Dominoni et al. 2013b
	Viena (Austria)	Herrerillo común <i>Cyanistes caeruleus</i>	Inicio de puestas 1.5 días antes (en promedio) en hembras afectadas por la luz artificial de las farolas	Kempnaers et al. 2010	
d) Dieta antropogénica	Nueva York (EEUU)	Cuervos americanos <i>Corvus brachyrhynchos</i>	Niveles elevados de colesterol en el plasma sanguíneo en individuos salvajes suplementados con hamburguesas con queso de McDonalds' frente a controles (149 vs. 142.1 mg/dL plasma)	Townsend et al. 2019	
	Costa oeste (EEUU)	Gaviota occidental <i>Larus occidentalis</i>	Reducción en la eclosión de los huevos y los años de reproducción (<10 años con dieta predominantemente urbana) debido al escaso valor nutricional para los pollos y la formación de los huevos	Annett y Pierotti 1999; Pierotti y Annett 2001	
	Arizona (EEUU)	Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Individuos urbanos con mayor glucosa en plasma (>400 mg/dL) que los individuos rurales (<300 mg/dL) debido al consumo de restos de comida antrópica (ricos en carbohidratos)	Gadua et al. 2019	
	Hungría	Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Peor condición física y un 5% menos de masa corporal en individuos urbanos debida posiblemente a la alimentación juvenil con una dieta urbana pobre en artrópodos pero rica en recursos antrópicos	Liker et al. 2008	
e) Depredadores y competidores	Reino Unido	Gavilán común <i>Accipiter nisus</i> Gorrión común <i>Passer domesticus</i>	Colonización urbana por parte del gavilán común como responsable del declive de las poblaciones urbanas de gorrión común	Bell et al. 2010; Kettel et al. 2019	
		Halcón peregrino <i>Falco peregrinus</i>	Colonización urbana del halcón peregrino y mayor éxito reproductor que en zonas rurales por la mayor disponibilidad de presas		
	Finlandia, Italia, España	Diversas especies	Nidos de zonas urbanas con igual o mayor riesgo de depredación que en pueblos o bosques	Jokimäki et al. 2005	
	Sevilla (España)	Cotorra de Kramer <i>Psittacula krameri</i> Cernícalo primilla <i>Falco naumanni</i>	Pérdida de lugares de nidificación para el cernícalo (nativo) por competencia con cotorra (invasora)	Hernández-Brito et al. 2014	
	Tel Aviv (Israel)	Miná común <i>Acridotheres tristis</i> Carbonero común <i>Parus major</i>	78% de las cajas nido de carbonero común (nativo) usurpados por miná común (invasor)	Charter et al. 2016	
	Ile-de-France (Francia)	Cotorra de Kramer <i>Psittacula krameri</i> Estornino pinto <i>Sturnus vulgaris</i>	Estorninos (nativos) afectados por competencia por recursos tróficos con las cotorras (invasoras) en comederos para aves de jardines privados de zonas residenciales	Le Louam et al. 2016	
Poznań (Polonia)	Gorrión común <i>Passer domesticus</i> Urraca común <i>Pica pica</i> Corneja cenicienta <i>Corvus cornix</i>	Correlación negativa entre la abundancia de córvidos y la abundancia de gorrión común. Correlación positiva si la disponibilidad de recursos tróficos antrópicos es elevado. Competencia entre especies nativas dependientes de recursos antrópicos urbanos	Skórka et al. 2016		

naturales (insectos y vegetales) para las aves urbanas (Summers-Smith 2003; Archibald et al. 2017). Además, la urbanización lleva implícita la pérdida de hábitats naturales que rodean o se encuentran dentro de las ciudades (McKinney 2002). No obstante, una vez que la urbanización se ha llevado a cabo, no es extraño modificar de nuevo el escenario (reurbanización), proceso en el que muchas veces se eliminan total o parcialmente los pocos elementos seminaturales que quedaban en la ciudad (Fig. 3), como zonas verdes, parques, jardines y calles arboladas (McKinney 2002; Verbeeck et al. 2011). El objetivo de estas actividades es la construcción de nuevos edificios, la creación de espacios de aparcamiento para vehículos o incluso la remodelación de zonas verdes mediante la colocación de sustratos impermeables, como el cemento o el césped artificial, para reducir costes de mantenimiento (Pauleit et al. 2005; Perry y Nawaz 2008; Bernat-Ponce et al. 2020). Estos reducidos seminaturales urbanos, además de ser zonas de alimentación, refugio y descanso para las aves (Tabla 2b), son corredores ecológicos claves para sustentar la biodiversidad urbana (Fernández-Juricic 2000; Pena et al. 2017; De Laet y Trappeniers 2019). Este proceso reduce la conectividad, compromete la viabilidad y las posibilidades de dispersión de las poblaciones de aves urbanas, especialmente de las más sedentarias y con menores distancias de dispersión juvenil (Fernández-Juricic y Jokimäki 2001; Isaksson 2018).

Contaminación

Una característica global y compartida por las ciudades es la creciente contaminación ambiental, ya sea química, acústica o lumínica, con efectos muy variados en las aves urbanas (Isaksson 2018). La contaminación urbana más conocida es la química, derivada de la combustión de combustibles fósiles, como gases procedentes de vehículos, industrias y calefacciones (Fig. 3). Aunque muchas áreas urbanas de países de industrialización temprana, principalmente europeos, se encuentran mucho más limpias en la actualidad que hace pocos siglos debido a la desindustrialización y nuevas tecnologías, los niveles de polución (p. e. NO_x, metales pesados, hollín) a los que se enfrentan las aves aún son elevados. Esta contaminación afecta a la avifauna urbana, tanto directa como indirectamente (ver Tabla 2c).

Las ciudades son lugares ruidosos *per se*, donde el transporte y la construcción, son los contaminantes acústicos más frecuentes (Fig. 3; Sordello et al. 2020). Los niveles de ruido urbano se han incrementado durante las últimas décadas y este contaminante cada vez despierta mayor interés en ecólogos y biólogos de la conservación. Estudios recientes demuestran que el ruido antropogénico tiene multitud de efectos sobre la biodiversidad urbana en función de su volumen, frecuencia, consistencia y duración (Francis y Barber 2013; Isaksson 2018; Sordello et al. 2020). Algunos de los efectos perniciosos más destacados del ruido sobre las aves urbanas son las alteraciones en el comportamiento, reducción del éxito reproductor y problemas en la comunicación (Tabla 2c).

Durante las últimas décadas se ha producido un incremento exponencial de la superficie nocturna iluminada, así como su intensidad en las zonas urbanizadas (Fig. 3; Isaksson 2018). Esta iluminación nocturna altera el comportamiento de las aves urbanas, modificando los periodos normales de actividad y de reproducción e incluso alterando la fisiología de las poblaciones afectadas (Tabla 2c). Además, la iluminación nocturna afecta negativamente a la migración de muchas especies de aves, ya que actúa como atrayente e incrementa su mortalidad al entrar en las áreas urbanas (Negro 2016; Horton et al. 2019). Asimismo, la contaminación lumínica también afecta a las poblaciones de insectos y polillas reduciendo su abundancia (Boyes et al. 2021) lo que podría tener consecuencias negativas sobre especies de aves insectívoras.

Comida antropogénica

Los recursos tróficos más abundantes para las aves omnívoras en las zonas urbanas suelen ser “comida basura” ultraprocesada (e.g galletas, pan o snacks) procedente de los restos de alimenta-

ción humana que se encuentran alrededor de los contenedores de basura, vertederos y terrazas de restaurantes (Fig. 3), o incluso de la alimentación de nuestras mascotas (Anderson 2006; Bernat-Ponce et al. 2019; Spelt et al. 2021). Esta “comida basura” es nutricionalmente deficiente debido a un exceso de grasas, azúcares y carbohidratos (Herrera-Dueñas 2018). A pesar de que en muchos casos incrementa la supervivencia invernal o la abundancia de ciertas especies, este tipo de dieta desequilibrada conlleva diversos costes ocultos asociados a su condición corporal, comportamiento, fisiología nutricional, estrés oxidativo, reproducción, patologías y salud general (Tabla 2d; Harr 2002; Ishigame et al. 2006; Herrera-Dueñas 2018; Isaksson 2018).

Depredadores y competidores

A pesar de que en la ciudad disminuye la riqueza de depredadores silvestres, otras especies de depredadores son beneficiadas por las actividades humanas y llegan a ser muy abundantes (Sims et al. 2008; Sorace y Gustin 2009). Entre ellos destacan los gatos domésticos *Felis silvestris catus* que salen al exterior. Por ejemplo, se estima que en EEUU los gatos matan anualmente 2400 millones de aves, entre las que destacan las que se alimentan en el suelo (p. e. petirrojo europeo *Erithacus rubecula*) (Fig. 3; Baker et al. 2008; Loss et al. 2013). Otros depredadores clásicos de las aves en las áreas urbanas, especialmente de sus nidos, son las ratas como *Rattus norvegicus* y *R. rattus* (Matthews et al. 1999; Donnelly y Marzluff 2004).

Por otro lado, en muchas ciudades contemporáneas se está produciendo un aumento de la abundancia de mesodepredadores, que puede tener que ver tanto con el aumento de estas especies en el medio rural como con los subsidios de alimento antropogénico de este ecosistema (Fig. 3; Fischer et al. 2012). Estos mesodepredadores incluyen a los córvidos, como las urracas, que han aumentado en número, expandiéndose y colonizando las ciudades (Gregory y Marchant 1996; Górski 1997). Además, varias especies de aves rapaces, atraídas por la gran abundancia de presas entre otros aspectos, están asentándose recientemente en las zonas urbanas (Fig. 3; Tabla 2e). Este incremento de mesodepredadores tiene potenciales efectos negativos por la competencia y/o la depredación sobre nidos de otras aves urbanas (Tabla 2e; Jokimäki y Huhta 2000). Sin embargo, en muchos casos la tasa de depredación es menor en la ciudad que en el entorno rural, a pesar del aumento de mesodepredadores; lo que ha llevado a la formulación de la paradoja de la depredación en las ciudades (Fischer et al. 2012).

En la actualidad, las aves urbanas se enfrentan a un problema relativamente nuevo, la conversión de las ciudades en puntos calientes para las invasiones biológicas (Fig. 3; Gaertner et al. 2017). Tanto es así que, actualmente, 31 de las especies de aves más invasoras del mundo se pueden encontrar en las ciudades (Murgui y Hedblom 2017). Estas especies pueden explotar los mismos recursos que las aves urbanas nativas, pero de una forma agresiva o más eficiente que acaba impactando negativamente sobre ellas, reduciendo su eficacia reproductora, compitiendo por los lugares de nidificación y/o recursos tróficos e incluso llegando a afectar a su supervivencia (Tabla 2e).

¿Es posible un cambio hacia un modelo de ciudad contemporánea que permita conservar mejor la biodiversidad? El caso de Vitoria-Gasteiz en el norte de España

Durante la última década se ha avanzado en muchos aspectos para la protección de la biodiversidad urbana gracias a la planificación verde y la reducción de la emisión de contaminantes. No obstante, el modelo predominante de ciudad contemporánea no es suficiente para preservar la biodiversidad. Las ciudades de tamaño medio acogen al 80% de europeos que viven en zonas urbanas, por lo que son una parte fundamental del problema para conservar

la biodiversidad, pero también de la solución. Es necesario iniciar un cambio hacia nuevos modelos de ciudades sostenibles, lo cual supone un reto difícil, pero no imposible.

La ciudad española de Vitoria-Gasteiz es uno de los exitosos ejemplos que demuestran que un nuevo modelo de ciudad es posible. Esta ciudad de tamaño medio (< 250 000 habitantes) ha sido capaz de revolucionar la planificación de la ciudad con el objetivo de conseguir un desarrollo urbano que a su vez mejore la calidad de vida de sus ciudadanos atendiendo a criterios ambientales. En su planificación urbana tuvieron en consideración la creación de una infraestructura verde que incluyese funciones y servicios ecosistémicos naturales dentro de la misma ciudad (Córdoba Hernández et al. 2015). Por estos motivos, y gracias a su diseño verde urbano, en 2012 consiguió el premio de la Capital Verde Europea.

Uno de los pilares básicos de la ciudad ha sido el desarrollo de infraestructura verde urbana. Desde los años 60 se ha incrementado la superficie total de parques urbanos, creando el cinturón verde en 1993 y pasando de 30 a 130 ha de zonas verdes en la actualidad. Este anillo circular distribuye los parques de mayor tamaño en la periferia urbana funcionando como un elemento de transición y conexión entre el sistema verde urbano interior (parques y jardines) y los sistemas naturales circundantes actuando como corredores fundamentales para la biodiversidad urbana (Fernández-Juricic 2000; Pena et al. 2017; De Laet y Trappeniers 2019). En la actualidad el anillo verde alberga cada año entre 63 y 73 especies de aves nidificantes y el 32% de la superficie urbana son jardines públicos, donde las especies autóctonas representan el 91% de los árboles (Aguado et al. 2013; de Juana Aranzana 2015).

Todas estas medidas de planificación verde, unidas a la mejora en las vías ciclo-peatonales y los nuevos planes de movilidad, gestión del aire y gestión del ruido, convierten Vitoria-Gasteiz en una zona de baja contaminación. Estos aspectos benefician a todos los habitantes de la ciudad, incluyendo a las aves urbanas. Asimismo, en su planificación para la protección de la biodiversidad tienen en cuenta la protección de edificios antiguos en los que nidifican especies como el mochuelo europeo *Athene noctua* o la grajilla occidental *Corvus monedula* y, a su vez, los edificios nuevos integran paredes verdes y cajas nido en las fachadas (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz 2014). Los resultados obtenidos a largo plazo en la ciudad de Vitoria-Gasteiz son una consecuencia de la aplicación de las políticas adecuadas para el desarrollo de una ciudad que integra la calidad de vida de sus habitantes, la sostenibilidad ambiental y la conservación de la biodiversidad urbana (Aguado et al. 2013).

Conclusiones

Las ciudades son ecosistemas antrópicos únicos que han evolucionado desde su origen en el Holoceno hasta la actualidad. Las aves han acompañado a los humanos a lo largo de todo este proceso y, en función de su tolerancia a la urbanización, han colonizado, abandonado y variado en su abundancia en las ciudades hasta el presente. Estos ecosistemas presentan una serie de elementos, como los recursos tróficos predecibles o una gran variedad de sustratos de nidificación, que han atraído a las aves desde sus primeros asentamientos (Seress y Liker 2015; Negro et al. 2020). Tanto es así que las ciudades contemporáneas albergan, además de especies en expansión o cosmopolitas, especies endémicas o en declive (Aronson et al. 2014) y, en algunos casos, contienen más especies amenazadas que su entorno natural (Ives et al. 2016). Cabe destacar que más del 20% de especies de aves reconocidas en el mundo han sido detectadas en las ciudades (Aronson et al. 2014).

Sin embargo, la velocidad actual de urbanización no tiene precedentes en la historia y constituye uno de los mayores problemas para la biodiversidad. En muchos casos, la urbanización actual induce a que las ciudades dejen de ser atractivas para las aves o que éstas no sean capaces de adaptarse a los cambios ambientales y su viabilidad poblacional se vea comprometida. Recientemente se ha planteado que las ciudades pueden estar

transformándose en una trampa ecológica para algunas especies de aves (Hale y Swearer 2016; Pollock et al. 2017).

El modelo de ciudad contemporánea y la velocidad de urbanización parecen incompatibles con la conservación de la diversidad de aves urbanas. No obstante, cada vez más ciudades apuntan hacia el necesario desarrollo de nuevos modelos urbanos en los que la infraestructura verde y la sostenibilidad ambiental son pilares fundamentales en su planificación, como es el caso de Vitoria-Gasteiz. No debemos olvidar que una ciudad saludable y sostenible para las aves también implica una buena calidad de vida para sus vecinos, los seres humanos.

Contribución de los autores

Edgar Bernat-Ponce: Conceptualización, Investigación, Redacción - borrador original, Visualización. José A. Gil-Delgado: Conceptualización, Redacción - revisión y edición, Supervisión. Germán M. López-Iborra: Conceptualización, Redacción - revisión y edición, Supervisión.

Agradecimientos

Estamos muy agradecidos a Amparo Herrera-Dueñas por su invitación a escribir esta revisión. Agradecemos a Ana I. Martínez la edición del artículo. Este trabajo ha sido apoyado por la Generalitat Valenciana y el Fondo Social Europeo gracias a la subvención predoctoral de E. Bernat-Ponce (ACIF/2018/015). Agradecemos las observaciones realizadas por un revisor anónimo, las cuales han mejorado el artículo inicial.

Financiación

Generalitat Valenciana y el Fondo Social Europeo (subvención predoctoral de E. Bernat-Ponce ACIF/2018/015).

Referencias

- Aguado, I., Barrutia, J.M., Echebarria, C. 2013. The green belt of Vitoria-Gasteiz. A successful practice for sustainable urban planning. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 61:181-193.
- Anderson, T.R. 2006. *Biology of the Ubiquitous House Sparrow: from genes to populations*. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- Annett, C.A., Pierotti, R. 1999. Long-term reproductive output in Western Gulls: consequences of alternate tactics in diet choice. *Ecology* 80(1):288-297
- Archibald, C.L., McKinney, M., Mustin, K., Shanahan, D.F., Possingham, H.P. 2017. Assessing the impact of revegetation and weed control on urban sensitive bird species. *Ecology and Evolution* 7:4200-4208.
- Aronson, M.F.J., La Sorte, F.A., Nilon, C.H., Katti, M., Goddard, M.A., Lepczyk, C.A., et al. 2014. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B* 281(1780):20133330.
- Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz 2014. *Estrategia para la conservación de la biodiversidad del municipio de Vitoria-Gasteiz*. Departamento de Medio Ambiente y Espacio Público del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, España.
- Baker, P.J., Molony, S.E., Stone, E., Cuthill, I.C., Harris, S. 2008. Cats about town: is predation by free-ranging pet cats *Felis catus* likely to affect urban bird populations? *Ibis* 150(1):86-99.
- Bell, C.P., Baker, S.W., Parkes, N.G., Brooke, M. De L., Chamberlain, D.E. 2010. The role of the Eurasian Sparrowhawk (*Accipiter nisus*) in the decline of the House Sparrow (*Passer domesticus*) in Britain. *Auk* 127(2):411-420.
- Bermúdez-Cavero, A.O., Bernat-Ponce, E., Gil-Delgado, J.A., López-Iborra, G.M. 2021. Urban landscape selection by Eurasian collared dove (*Streptopelia decaocto*) in eastern Spain. *Caldasia* 43(1):138-148.
- Bernat-Ponce, E., Gil-Delgado, J.A., Guijarro, D. 2018a. Factors affecting the abundance of house sparrows *Passer domesticus* in urban areas of southeast of Spain. *Bird Study* 65(3):404-416.

- Bernat-Ponce, E., López-Iborra, G.M., Gil-Delgado, J.A. 2018b. Preferències de nidificació dels teuladins urbans (*Passer domesticus*) en localitats de muntanya del nord de la província d'Alacant. En: Cuito, M., Gargallo, G., Julien, A., Quesada, J. (eds.), *Actes del 1r Congrés d'Ornitologia de les Terres de Parla Catalana*, pp. 30. Museo de Ciencias Naturales, Barcelona, España.
- Bernat-Ponce, E., Ferrer, D., Gil-Delgado, J.A., López-Iborra, G.M. 2019. Underground trash containers: bad times for the urban house sparrow? *International Studies on Sparrows* 43:18.
- Bernat-Ponce, E., Gil-Delgado, J.A., López-Iborra, G.M. 2020. Replacement of semi-natural cover with artificial substrates in urban parks causes a decline of house sparrows *Passer domesticus* in Mediterranean towns. *Urban Ecosystems* 23:471-481.
- Blair, R.B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications* 6(2):506-519.
- Bornstein, R.D. 1968. Observations of the urban heat island effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 7(4):575-582.
- Botkin, D.B., Beveridge, C.E. 1997. Cities as environments. *Urban Ecosystems* 1:3-19.
- Boyes, D.H., Evans, D.M., Fox, R., Parsons, M.S., Pocock, M.J.O. 2021. Is light pollution driving moth population declines? A review of causal mechanisms across the life cycle. *Insect Conservation and Diversity* 14: 167-187.
- Chamberlain, D.E., Cannon, A.R., Toms, M.P., Leech, D.I., Hatchwell, B.J., Gaston, K.J. 2009a. Avian productivity in urban landscapes: a review and meta-analysis. *Ibis* 151(1):1-18.
- Chamberlain, D.E., Glue, D.E., Toms, M.P. 2009b. Sparrowhawk *Accipiter nisus* presence and winter bird abundance. *Journal of Ornithology* 150:247-254.
- Chamberlain, D., Reynolds, C., Amar, A., Henry, D., Caprio, E., Batáry, P. 2020. Wealth, water and wildlife: Landscape aridity intensifies the urban luxury effect. *Global Ecology and Biogeography* 29(9):1595-1605.
- Charter, M., Izhaki, I., Ben Mocha, Y., Kark, S. 2016. Nest-site competition between invasive and native cavity nesting birds and its implication for conservation. *Journal of Environmental Management* 181:129-134.
- Clark, G., Moonen, T., Nunley, J. 2019. *The Story of your city. Europe and its Urban Development, 1970 to 2020*. European Investment Bank, Luxemburgo.
- Clergeau, P., Crocci, S., Jokimäki, J., Kaisanlahti-Jokimäki, M.-L., Dinetti, M. 2006. Avifauna homogenisation by urbanisation: Analysis at different European latitudes. *Biological Conservation* 127(3):336-344.
- Córdoba Hernández, R., Fernández Áñez, V., Lotta, F. 2015. Ecological functions in the city's green infrastructure: Vitoria-Gasteiz. *Scienze del Territorio* 3:447-453.
- Croci, S., Butet, A., Clergeau, P. 2008. Does urbanization filter birds on the basis of their biological traits? *The Condor* 110(2):223-240.
- de Juana Aranzana, F. 2015. Gestión de zonas verdes urbanas y periurbanas para la conservación de la biodiversidad: el caso de Vitoria-Gasteiz. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 39:313-322.
- De Laet, J., Trappeniers, B. 2019. Green steppingstones for urban house sparrows. *International Studies on Sparrows* 43:31-32.
- de Satgé, J., Strubbe, D., Elst, J., De Laet, J., Adriaensen, F., Matthysen, E. 2019. Urbanisation lowers great tit *Parus major* breeding success at multiple spatial scales. *Journal of Avian Biology* 50(11):e02108
- Derryberry, E.P., Phillips, J.N., Derryberry, G.E., Blum, M.J., Luther, D. 2020. Singing in a silent spring: Birds respond to a half-century soundscape reversion during the COVID-19 shutdown. *Science* 370:575-579.
- Deviche, P., Davies, S. 2014. Reproductive phenology of urban birds: environmental cues and mechanisms. En: Gil, D., Brumm, H. (eds.), *Avian Urban Ecology*, pp. 98-115. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- Díaz, M., Møller, A.P., Flensted-Jensen, E., Grim, T., Ibáñez-Álamo, J.D., Jokimäki, J., et al. 2013. The geography of fear: a latitudinal gradient in anti-predator escape distances of birds across Europe. *PLOS ONE* 8:e64634.
- Dominoni, D.M., Helm, B., Lehmann, M., Dowse, H.B., Partecke, J. 2013a. Clocks for the city: circadian differences between forest and city songbirds. *Proceedings of the Royal Society B* 280(1763):20130593
- Dominoni, D.M., Quetting, M., Partecke, J. 2013b. Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proceedings of the Royal Society B* 280(1756):20123017.
- Donnelly, R., Marzluff, J.M. 2004. Importance of reserve size and landscape context to urban bird conservation. *Conservation Biology* 18(3):733-745.
- Eeva, T., Ryömä, M., Riihimäki, J. 2005. Pollution-related changes in diets of two insectivorous passerines. *Oecologia* 145:629-639.
- Egan, E.S., Brittingham, M.C. 1994. Winter survival rates of a southern population of black-capped chickadees. *Wilson Bulletin* 106(3):514-521.
- Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P.J., McDonald, R.I., et al. 2013. *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities A Global Assessment*. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Erz, W. 1966. Ecological principles in the urbanization of birds. *Ostrich* 37(1):357-363.
- Evans, K.L., Chamberlain, D.E., Hatchwell, B.J., Gregory, R.D., Gaston, K.J. 2011. What makes an urban bird? *Global Change Biology* 17(1):32-44.
- Fernández Durán, R. 2011. Un planeta de metrópolis (en crisis). Explosión urbana y del transporte motorizado, gracias al petróleo. *Hábitat y Sociedad* 2:205-239.
- Fernández-Juricic, E. 2000. Avifaunal Use of Wooded Streets in an Urban Landscape. *Conservation Biology* 14(2):513-521.
- Fernández-Juricic, E., Jokimäki, J. 2001. A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern and northern Europe. *Biodiversity and Conservation* 10:2023-2043.
- Fischer, J.D., Cleeton, S.H., Lyons, T.P., Miller, J.R. 2012. Urbanization and the Predation Paradox: The Role of Trophic Dynamics in Structuring Vertebrate Communities. *BioScience* 62(9):809-818.
- Fraissinet, M., De Rosa, D. 2012. The diet of a breeding pair of Peregrine Falcons in the urban centre of Naples. *Rivista Italiana Di Ornitologia* 82(1-2):157-159.
- Francis, C.D., Barber, J.R., 2013. A framework for understanding noise impacts on wildlife: an urgent conservation priority. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11(6):305-313.
- Francis, R.A., Chadwick, M.A. 2012. What makes a species synurbic? *Applied Geography* 32(2):514-521.
- Francis, W.J. 1976. Micrometeorology of a blackbird roost. *Journal of Wildlife Management* 40(1):132-136.
- Gaertner, M., Wilson, J.R.U., Cadotte, M.W., MacIvor, J.S., Zenni, R.D., Richardson, D.M. 2017. Non-native species in urban environments: patterns, processes, impacts and challenges. *Biological Invasions* 19:3461-3469.
- Gadau, A., Crawford, M.S., Mayek, R., Giraudeau, M., McGraw, K.J., Whisner, C.M., et al. 2019. A comparison of the nutritional physiology and gut microbiome of urban and rural house sparrows (*Passer domesticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* 237:110332.
- Gil, D., Brumm, H. 2014. *Avian Urban Ecology*. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- Gliwicz, J., Goszczynski, J., Luniak, M. 1994. Characteristic features of animal populations under synurbanization—the case of the Blackbirds and the striped field mouse. *Memorabilia Zoologica* 49:237-244.
- Gordon, P., Cox, W. 2012. Cities in Western Europe and the United States: do policy differences matter? *The Annals of Regional Science* 48:565-594.
- Górski, W. 1997. Urban and rural populations of the magpie *Pica pica* in the Koszalin region, NW Poland. *Acta Ornithologica* 32(1):51-59.
- Gregory, R.D., Marchant, J.H. 1996. Population trends of jays, magpies and carrion crows in the United Kingdom. *Bird Study* 43(1):28-37.
- Griffin, A.S., Diquelou, M., Perea, M. 2014. Innovative problem solving in birds: a key role of motor diversity. *Animal Behaviour* 92:221-227.
- Haemig, P.D., de Luna, S.S., Blank, H., Lundqvist, H. 2015. Ecology and phylogeny of birds foraging at outdoor restaurants in Sweden. *Biodiversity Data Journal* 3:e6360.
- Hale, R., Swearer, S.E. 2016. Ecological traps: current evidence and future directions. *Proceedings of the Royal Society B* 283(1824):20152647.
- Halfwerk, W., Holleman, L.J.M., Lessells, C., Slabbekoorn, H. 2011. Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. *Journal of Applied Ecology* 48(1):210-219.

- Harr, K.E. 2002. Clinical chemistry of companion avian species: a review. *Veterinary Clinical Pathology* 31(3):140-151.
- Hernández-Brito, D., Carrete, M., Popa-Lisseanu, A.G., Ibáñez, C., Tella, J.L. 2014. Crowding in the City: Losing and Winning Competitors of an Invasive Bird. *PLOS ONE* 9(6):e100593.
- Herrera-Dueñas, A., Pineda-Pampliega, J., Antonio-García, M.T., Aguirre, J.I. 2017. The influence of urban environments on oxidative stress balance: a case study on the house sparrow in the Iberian Peninsula. *Frontiers in Ecology and Evolution* 5:106.
- Herrera-Dueñas, A. 2018. *Lights and shadows of city life. Consequences of urbanisation for oxidative stress balance of the house sparrow*. Tesis de Doctorado, Universidad de Groningen, Groninga, Países Bajos.
- Hope, D., Gries, C., Zhu, W., Fagan, W.F., Redman, C.L., Grimm, N.B., et al. 2003. Socioeconomics drives urban plant biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100(15):8788-8792.
- Horton, K.G., Nilsson, C., Van Doren, B.M., La Sorte, F.A., Dokter, A.M., Farnsworth, A. 2019. Bright lights in the big cities: migratory birds' exposure to artificial light. *Frontiers in Ecology and the Environment* 17(4):209-214.
- Isaksson, C. 2018. Impact of urbanization on birds. En: Tietze, D.T. (ed.), *Bird species. How they arise, modify and vanish*, pp. 235-257. Springer open, Cham, Suiza.
- Ishigame, G., Baxter, G.S., Lisle, A.T. 2006. Effects of artificial foods on the blood chemistry of the Australian magpie. *Austral Ecology* 31(2):199-207.
- Ives, C.D., Lentini, P.E., Threlfall, C.G., Ikin, K., Shanahan, D.F., Garrard, G.E., et al. 2016. Cities are hotspots for threatened species. *Global Ecology and Biogeography* 25(1):117-126.
- Jenerette, G.D., Harlan, S.L., Stefanov, W.L., Martin, C.A. 2011. Ecosystem services and urban heat riskscape moderation: Water, green spaces, and social inequality in Phoenix, USA. *Ecological Applications* 21(7):2637-2651.
- Jokimäki, J., Huhta, E. 2000. Artificial nest predation and abundance of birds along an urban gradient. *The Condor* 102(4):838-847.
- Jokimäki, J., Kaisanlahti-Jokimäki, M.-L., Sorace, A., Fernández-Juricic, E., Rodríguez-Prieto, I., Jimenez, M.D. 2005. Evaluation of the "safe nesting zone" hypothesis across an urban gradient: a multi-scale study. *Ecography* 28(1):59-70.
- Kark, S., Iwaniuk, A., Schalimtzek, A., Banker, E. 2007. Living in the city: can anyone become an 'urban exploiter'? *Journal of Biogeography* 34(4):638-651.
- Kempnaers, B., Borgstrom, P., Loes, P., Schlicht, E., Valcu, M. 2010. Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology* 20(19):1735-1739.
- Kettel, E.F., Gentle, L.K., Yarnell, R.W., Quinn, J.L. 2019. Breeding performance of an apex predator, the peregrine falcon, across urban and rural landscapes. *Urban Ecosystems* 22:117-125.
- Klein, Á., Nagy, T., Csörgő, T., Mátics, R. 2007. Exterior nest-boxes may negatively affect Barn Owl *Tyto alba* survival: An ecological trap. *Bird Conservation International* 17(3):273-281.
- Kuras, E.R., Warren, P.S., Zinder, J.A., Aronson, M.F.J., Cilliers, S., Goddard, M.A., et al. 2020. Urban socioeconomic inequality and biodiversity often converge, but not always: A global meta-analysis. *Landscape and Urban Planning* 198:103799.
- Landsberg, H.E. 1981. *The Urban Climate*. Academic Press, Nueva York, Estados Unidos.
- Le Louarn, M., Couillens, B., Deschamps-Cottin, M., Clergeau, P. 2016. Interference competition between an invasive parakeet and native bird species at feeding sites. *Journal of Ethology* 34(3):291-298.
- Lebbin, D.J., Harvey, M.G., Lenz, T.C., Andersen, T.C., M.J., Ellis, J.M. 2007. Nocturnal Migrants Foraging at Night by Artificial Light. *The Wilson Journal of Ornithology* 119(3):506-508.
- Leong, M., Dunn, R.R., Trautwein, M.D. 2018. Biodiversity and socioeconomics in the city: a review of the luxury effect. *Biology Letters* 14(5): 20180082.
- Lerman, S.B., Warren, P.S. 2011. The conservation value of residential yards: linking birds and people. *Ecological Applications* 21(4):1327-1339.
- Liker, A., Papp, Z., Bókony, V., 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(4):789-795.
- López de Lucio, R. 1993. El ensimismamiento en el "urbanismo urbano" como respuesta a las limitaciones del planeamiento territorial. *Ciudades* 1:61-66.
- Loss, S., Will, T., Marra, P. 2013. The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States. *Nature Communications* 4:1396.
- Luniak, M. 1970. Expansion of the blackbird, *Turdus merula* L. in Warszawa. *Acta Ornithologica Warszawa* 5:177-208.
- Luniak, M. 2004. Synurbization-adaptation of animal wildlife to urban development. En: Shaw, W.W., Harris, L.K., Vandruuff, L. (eds.), *Proceedings 4th International Urban Wildlife Symposium*, pp. 50-55. Universidad de Arizona, Tucson, Estados Unidos.
- MacGregor-Fors, I. 2011. Misconceptions or misunderstandings? On the standardization of basic terms and definitions in urban ecology. *Landscape and Urban Planning* 100(4):347-349.
- Mainwaring, M.C. 2015. The use of man-made structures as nesting sites by birds: A review of the costs and benefits. *Journal for Nature Conservation* 25:17-22.
- Martin, L.B., Boruta, M. 2014. The impacts of urbanization on avian disease transmission and emergence. En: Gil, D., Brumm, H. (eds.), *Avian Urban Ecology*, pp. 116-128. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- Marzluff, J., Bowman, R., Donnelly, R. 2001. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Springer, Cham, Suiza.
- Matthews, A., Dickmand, C.R., Major, R.E. 1999. The influence of fragment size and edge on nest predation in urban bushland. *Ecography* 22(4):349-356.
- McKinney, M.L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52(10):883-890.
- Møller, A.P. 2009. Successful city dwellers: a comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic. *Oecologia* 159:849-858.
- Møller, A.P. 2011. Song Post Height in Relation to Predator Diversity and Urbanization. *Ethology* 117(6):529-538.
- Møller, A.P., Díaz, M. 2018. Avian preference for close proximity to human habitation and its ecological consequences. *Current Zoology* 64(5):623-630.
- Møller, A.P., Jokimäki, J., Skórka, P., Tryjanowski, P. 2014. Loss of migration and urbanization in birds: a case study of the blackbird (*Turdus merula*). *Oecologia* 175:1019-1027.
- Moudrá, L., Zasadil, P., Moudrý, V., Šálek, M. 2018. What makes new housing development unsuitable for house sparrows (*Passer domesticus*)? *Landscape and Urban Planning* 169:124-130.
- Murgui, E. 2009. Seasonal patterns of habitat selection of the House Sparrow *Passer domesticus* in the urban landscape of Valencia (Spain). *Journal of Ornithology* 150:85-94.
- Murgui, E., Hedblom, M. 2017. *Ecology and conservation of birds in urban environments*. Springer International Publishing AG, Cham, Suiza.
- Negro, J.J. 2016. Mejor en el lado oscuro: efectos de la contaminación lumínica sobre la biodiversidad y la salud humana. *Chronica naturae* 6:6-12.
- Negro, J.J., Bustamante, J., Melguizo, C., Ruiz, J.L., Grande, J.M. 2000. Nocturnal activity of Lesser Kestrels under artificial lighting conditions in Seville, Spain. *Journal of Raptor Research* 34(4):327-329.
- Negro, J.J., Prenda, J., Ferrero, J.J., Rodríguez, A., Reig-Ferrer, A. 2020. A timeline for the urbanization of wild birds: The case of the lesser kestrel. *Quaternary Science Reviews* 249:106638.
- Nieves, L., Gil-Delgado, J.A. 2018. Dieta y selección de alimento de una especie invasora e importancia de estas variables para predecir su expansión: la cotorra gris argentina *Myiopsitta monachus* Boddaert, 1783. En: Gosálvez Rey, R.U., Díaz Sanz, M.C., García Rayego, J.L., Serrano de la Cruz Santos-Olmo, M.A., Jerez García, O. (eds.), *Bosque mediterráneo y humedales: paisaje, evolución y conservación aportaciones desde la biogeografía Tomo 2*, pp. 690-698. Almad, Ediciones de Castilla-La Mancha, Toledo, España.
- Oke, T.R. 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment (1967)* 7(8):769-779.

- Palacio, F.X. 2020. Urban exploiters have broader dietary niches than urban avoiders. *Ibis* 162(1):42-49.
- Pauleit, S., Ennos, R., Golding, Y. 2005. Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change – a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning* 71(2-4):295-310.
- Peach, W.J., Fowler, J.A. 1989. Movements of wing-tagged Starlings *Sturnus vulgaris* from an urban communal roost in winter. *Bird Study* 36(1):16-22.
- Peach, W.J., Mallord, J.W., Ockendon, N., Orsman, C.J., Haines, W.G. 2015. Invertebrate prey availability limits reproductive success but not breeding population size in suburban House Sparrows *Passer domesticus*. *Ibis* 157(3):601-613.
- Peach, W.J., Mallord, J.W., Ockendon, N., Orsman, C.J., Haines, W.G. 2018. Depleted suburban house sparrow *Passer domesticus* population not limited by food availability. *Urban Ecosystems* 21:1053-1065.
- Pena, J.C.d.C., Martello, F., Ribeiro, M.C., Armitage, R.A., Young, R.J., Rodrigues, M. 2017. Street trees reduce the negative effects of urbanization on birds. *PLOS ONE* 12(3):e0174484.
- Perry, T., Nawaz, R. 2008. An investigation into the extent and impacts of hard surfacing of domestic gardens in an area of Leeds, United Kingdom. *Landscape and Urban Planning* 86(1):1-13.
- Pierotti, R., Annett, C. 2001. The ecology of Western Gulls in habitats varying in degree of urban influence. En: Marzluff, J., Bowman, R., Donnelly, R. (eds.), *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*, pp 307-329. Kluwer, Massachusetts, Estados Unidos.
- Pollock, C.J., Capilla-Lasheras, P., McGill, R.A.R., Helm, B., Dominoni, D.M. 2017. Integrated behavioural and stable isotope data reveal altered diet linked to low breeding success in urban-dwelling blue tits (*Cyanistes caeruleus*). *Scientific Reports* 7:5014.
- Rebolo-Ifrán, N., Tella, J.L., Carrete, M. 2017. Urban conservation hotspots: predation release allows the grassland-specialist burrowing owl to perform better in the city. *Scientific Reports* 7:3527.
- Reynolds, S.J., Galbraith, J.A., Smith, J.A., Jones, D.N. 2017. Garden bird feeding: insights and prospects from a north-south comparison of this global urban phenomenon. *Frontiers in Ecology and Evolution* 5:24.
- Salmón, P., Stroh, E., Herrera-Dueñas, A., von Post, M., Isaksson, C. 2018. Oxidative stress in birds along a NO_x and urbanisation gradient: an interspecific approach. *Science of the Total Environment* 622-623:635-643.
- Seewagen, C.L., Sheppard, C. 2019. *Bird Collisions with Glass: an annotated bibliography*. American Bird Conservancy, Washington DC, Estados Unidos.
- Senzaki, M., Barber, J.R., Phillips, J.N., Carter, N.H., Cooper, C.B., Ditmer, M.A., et al. 2020. Sensory pollutants alter bird phenology and fitness across a continent. *Nature* 587:605-609.
- SEO/BirdLife 2006. *Aves comunes de los espacios verdes de la ciudad de Madrid*. SEO/BirdLife y Ayuntamiento de Madrid, Madrid, España.
- Seress, G., Liker, A. 2015. Habitat urbanization and its effects on birds. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 61(4):373-408.
- Seress, G., Hammer, T., Bókony, V., Vincze, E., Preiszner, B., Pipoly, I., et al. 2018. Impact of urbanization on abundance and phenology of caterpillars and consequences for breeding in an insectivorous bird. *Ecological Applications* 28(5):1143-1156.
- Shaw, L.M., Chamberlain, D., Evans, M. 2008. The house sparrow *Passer domesticus* in urban areas: reviewing a possible link between post-decline distribution and human socioeconomic status. *Journal of Ornithology* 149:293-299.
- Shishegar, N. 2014. The Impact of Green Areas on Mitigating Urban Heat Island Effect: A Review. *The International Journal of Environmental Sustainability* 9(1):119-130.
- Shwartz, A., Shirley, S., Kark, S. 2008. How do habitat variability and management regime shape the spatial heterogeneity of birds within a large Mediterranean urban park? *Landscape and Urban Planning* 84(3-4):219-229.
- Sims, V., Evans, K.L., Newson, S.E., Tratalos, J.A., Gaston, K.J. 2008. Avian assemblage structure and domestic cat densities in urban environment. *Diversity and Distributions* 14(2):387-399.
- Smith, R.M., Warren, P.H., Thompson, K., Gaston K.J. 2006. Urban domestic gardens (VI): environmental correlates of invertebrate species richness. *Biodiversity Conservation* 15:2415-2438.
- Skórka, P., Sierpowska, K., Haidt, A., Myczko, Ł., Ekner-Grzyb, A., Rosin, Z.M., et al. 2016. Habitat preferences of two sparrow species are modified by abundances of other birds in an urban environment. *Current Zoology* 62(4):357-368.
- Sol, D., Lapedra, O., González-Lagos, C. 2013. Behavioural adjustments for a life in the city. *Animal Behaviour* 85(5):1101-1112.
- Soldatini, C., Albores-Barajas, Y.V., Mainardi, D., Monaghan, P. 2008. Roof nesting by gulls for better or worse? *Italian Journal of Zoology* 75(3):295-303.
- Sorace, A., Gustin, M. 2009. Distribution of generalist and specialist predators along urban gradients. *Landscape and Urban Planning* 90(3-4):111-118.
- Sordello, R., Ratel, O., Flamerie De Lachapelle, F., Leger, C., Dambry, A., Vanpeene, S. 2020. Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map. *Environmental Evidence* 9:20.
- Spelt, A., Soutar, O., Williamson, C., Memmott, J., Shamoun-Baranes, J., Rock, P., et al. 2021. Urban gulls adapt foraging schedule to human-activity patterns. *Ibis* 163(1):274-282.
- Summers-Smith, J.D. 2003. Changes in the house sparrow population in Britain. *International Studies on Sparrows* 30:23-37.
- Tasker, P., Reid, C., Young, A.D., Threlfall C.G., Latty, T. 2020. If you plant it, they will come: quantifying attractiveness of exotic plants for winter-active flower visitors in community gardens. *Urban Ecosystems* 23:345-354.
- Townsend, A.K., Staab H.A., Barker C.M. 2019. Urbanization and elevated cholesterol in American Crows. *The Condor* 121(3):duz040.
- Tryjanowski, P., Sparks, T.H., Kuźniak, S., Czechowski, P., Jerzak, L. 2013. Bird Migration Advances More Strongly in Urban Environments. *PLOS ONE* 8(5):e63482.
- United Nations 2012. *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. Naciones Unidas, Departamento de Economía y Asuntos Sociales, Nueva York, Estados Unidos.
- United Nations 2018. *The World's Cities in 2018-Data booklet (ST/ESA/SER.A/417)*. Naciones Unidas, Departamento de Economía y Asuntos Sociales, Nueva York, Estados Unidos.
- Verbeeck, K., Orshoven, J., Hermly, M. 2011. Measuring extent, location and change of imperviousness in urban domestic gardens in collective housing projects. *Landscape and Urban Planning* 100(1-2):57-66.
- Verma, S.K., Murmu, T.D. 2015. Impact of Environmental and Disturbance Variables on Avian Community Structure along a Gradient of Urbanization in Jamshedpur, India. *PLOS ONE* 10(7):e0133383.
- Warkentin, I.G., James, P.C. 1990. Winter roost-site selection by urban merlins (*Falco columbarius*). *Raptor Research* 24(1-2):5-11.
- Wawrzyniak, J., Kaliński, A., Gładalski, M., Bańbura, M., Markowski, M., Skwarska, J., et al. 2015. Long-term variation in laying date and clutch size of the great tit *Parus major* in central Poland: a comparison between urban parkland and deciduous forest. *Ardeola* 62(2):311-322.
- Wotton, S.R., Field, R., Langston, R.H.W., Gibbons, D.W. 2002. Homes for birds: the use of houses for nesting by birds in the UK. *British Birds* 95:586-592.