

Revisión

IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN LAS AVES CON ESPECIAL FOCO EN LA ARGENTINA

CYNTHIA URSINO^{1,2*}; NATALIA REBOLO-ÍFRÁN^{3*} Y FABRICIO GORLERI^{1,4}

¹Departamento Científico, Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires, Argentina.

²Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton, United States

³Grupo de Investigaciones en Biología de la Conservación, Laboratorio Ecotono, INIBIOMA, Universidad Nacional del Comahue - CONICET, Quintral 1250 (R8400FRF), San Carlos de Bariloche, Argentina.

⁴Laboratorio de Ecología, Comportamiento y Sonidos Naturales, Instituto de Bio y Geociencias del Noroeste Argentino (IBI-GEO-CONICET), Salta, Argentina.

*nataliarebolo@comahue-conicet.gob.ar y ursino@avesargentinas.org.ar

RESUMEN. Los ambientes nocturnos naturales son modificados por emisiones de luces provenientes de fuentes artificiales. La luz artificial en altas densidades se considera un contaminante dado que puede provocar efectos nocivos en la salud humana y en la fauna silvestre. En la última década los estudios sobre sus efectos para las aves han incrementado, pero aún no se ha abordado en profundidad en Argentina. El objetivo de este trabajo es realizar una recopilación de los principales efectos de la contaminación lumínica, con especial énfasis en Argentina. Primero, se realizó una revisión bibliográfica a escala global, en la cual se buscó específicamente revisiones que recopilaran los principales efectos para las aves. Luego, se identificaron grupos o especies de Argentina susceptibles a esta amenaza, reportadas tanto en bibliografía como en la IUCN y en eBird Argentina. La revisión bibliográfica mostró que la luz artificial puede alterar el ritmo circadiano, los patrones de migración y movimiento, y provocar cambios comportamentales. Para Argentina, se encontraron 3 estudios sobre la temática y un total de 19 especies de aves registradas como afectadas por esta amenaza. Este trabajo muestra que las aves de Argentina no están exentas de los efectos de la contaminación lumínica, sin embargo, los trabajos disponibles aún son escasos. Contemplando que, solo en Argentina habitan más de mil especies, menos del 1% de las especies del país fueron estudiadas.

PALABRAS CLAVE: amenazas, aves, contaminantes, luz artificial, urbanización

ABSTRACT. IMPACTS OF LIGHT POLLUTION ON BIRDS WITH A SPECIAL FOCUS ON ARGENTINA. Natural nocturnal environments are modified by light emissions from artificial sources. Artificial light at high densities is considered a pollutant since it can cause harmful effects on human health as well as on wildlife. In the last decade, studies on its effects on birds have increased, but it has not yet been addressed in depth in Argentina. The goal of this work is to perform a summary of the main effects of light pollution, with special emphasis on Argentina. First, a global bibliographic review was carried out, looking specifically for reviews that compiled the main effects on birds. Then, groups or species susceptible to this threat in Argentina were identified, reported in bibliography, the IUCN and eBird Argentina. For this purpose, a new literature search of studies conducted in South America was carried out and the species listed as affected by light pollution in the IUCN and eBird online pages were identified. The literature review showed that artificial light can alter circadian rhythms, migration and movement patterns and cause behavioral changes. We identified 19 species from Argentina that showed effects due to light pollution and 3 studies about this topic. This work shows that the birds of South America are not exempt from the effects of light pollution. However, studies are still scarce and considering that Argentina alone is home to more than a thousand species, less than 1% of the country's species were studied.

KEYWORDS: Artificial light, Birds, Pollutants, Threats, Urbanization

Recibido: 1 de julio de 2022; Aceptado: 28 de noviembre 2022

La urbanización se considera una de las formas de modificación de los hábitats naturales más importantes a nivel mundial (McKinney 2002, Grimm et al. 2008). Entre las distintas alteraciones antrópicas, el aumento de los niveles de luz artificial ha cambiado los ambientes nocturnos naturales (Bennie et al. 2015). El ambiente nocturno ha sido transformado en una gran porción de la tierra (Cinzano et al. 2001, Fal-

chi et al. 2016), y no solamente por la luz directa (deslumbramiento), sino también, indirectamente por su reflejo (resplandor del cielo). Su uso se ha expandido rápida y sostenidamente en el mundo (Dominoni et al. 2014, Falchi et al. 2016, Kyba et al. 2017). En la actualidad, muchos hábitats terrestres están iluminados por el alumbrado público presente en las calles, pero también por una variedad de luces como la

iluminación de estructuras y vehículos. Los hábitats marinos también poseen luz artificial que puede provenir de las plataformas petrolíferas, las turbinas eólicas, los barcos, los faros y el derrame de luz provocado por las ciudades costeras y estructuras iluminadas en la costa (Spoelstra y Visser 2014). Además, la contaminación lumínica podría estar afectando particularmente al hábitat aéreo, el cual ha sido reconocido como un ambiente relevante cuando se trata de preservar a la fauna voladora (Diehl 2013). En el contexto actual, en el cual el conflicto entre la urbanización y la fauna voladora en el espacio aéreo es cada vez mayor (Lambertucci et al. 2015), analizar los efectos de éste contaminante se torna crucial.

A la alteración de los niveles de luz natural nocturna en los ecosistemas se la denomina “contaminación lumínica ecológica” (Longcore y Rich 2004). En la última década, la contaminación lumínica ecológica ha recibido especial atención notándose en un rápido crecimiento en el número de estudios empíricos, en una amplia diversidad de organismos y fenómenos biológicos (Rodrigo-Comino et al. 2021). En la actualidad, ya se han reportado efectos y consecuencias para la mayoría de los taxones de animales (Rich y Longcore 2013). Entre ellos, las aves se destacan, debido a que muchas especies poseen una excelente percepción de la luz (Spoelstra y Visser 2014), lo cual hace que sea un grupo importante para el estudio del impacto de ésta amenaza.

Los primeros casos documentados sobre el efecto de la luz artificial en aves se remontan al siglo XIX (e.g. Rowan 1937, Johnston y Haines 1957). Uno de los primeros ejemplos documentados fue la observación de una gran masa de aves migratorias que se agregaron cerca de luces artificiales por la noche, lo que sugirió que era consecuencia de la atracción por la misma (Johnston y Haines 1957). Desde entonces, se han reportado numerosos efectos de la contaminación lumínica, convirtiéndose en una amenaza para muchas especies de aves (Horton et al. 2019).

Aun cuando los estudios sobre el efecto de la contaminación lumínica ecológica sobre aves están en aumento, todavía son escasos en Argentina. El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis del estado de conocimiento de los efectos de la contaminación lumínica en aves a varias escalas: (1) sintetizando el conocimiento que existe a escala mundial y (2) analizando el estado de conocimiento para la avifauna de Argentina. Por último, se proveen ideas de planificación urbana para mitigar la contaminación lumínica.

CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN AVES A ESCALA MUNDIAL

Con el objetivo de sintetizar el conocimiento actual sobre el efecto de la contaminación lumínica en aves, se realizó una búsqueda de trabajos de revisiones bibliográficas. La recopilación de revisiones permite abarcar una gran variedad de impactos de la contaminación lumínica que han sido abordados en diferentes trabajos. De ésta forma, se contempla tanto los diferentes impactos, como hábitats y grupos de especies afectadas. Para ello, se utilizó la base de datos Scopus (<https://www.scopus.com>) con el siguiente protocolo de búsqueda: ((artificial light) OR (light pollution) OR (light at night) OR (night time light) AND (bird) AND (review)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, “ENVI”) OR LIMIT-TO (SUBJAREA, “AGRI”)). La búsqueda se realizó en inglés y español. Se incluyeron todas las revisiones publicadas hasta el 16 de junio de 2022 en las que se analizaran los efectos de la contaminación lumínica en aves. Por último, y para corroborar que la búsqueda mediante Scopus incluyó a todas las revisiones del tema, se realizó una segunda búsqueda con las palabras claves en Google Académico (<https://scholar.google.com.ar/>).

La búsqueda de bibliografía arrojó un total de 10 publicaciones, las cuales integraron revisiones sobre distintos aspectos de la contaminación lumínica en aves (ver Tabla 1). A partir de dichos trabajos, realizamos un resumen de las principales consecuencias estudiadas de la contaminación lumínica en la avifauna.

El ritmo circadiano

Una de las consecuencias más estudiadas de la contaminación lumínica en los seres vivos ha sido la modificación del ritmo circadiano. El ritmo circadiano es un mecanismo endógeno que tiene una periodicidad de aproximadamente 24 horas y que controla muchos procesos fisiológicos y comportamentales en las aves (Dominoni 2015). Éste ritmo está sincronizado por la luz (Berson et al. 2002) y regula los patrones de actividad día/noche. Las alteraciones en este ciclo pueden inferir en los procesos biológicos de periodicidad estacional o anual de las aves (por ej.: momento de apareamiento, cría, búsqueda de alimento y migración). Se ha demostrado que la exposición a la luz artificial durante la noche reduce la liberación de melatonina (de Jong et al. 2016, Grubisic et al. 2019). Esta hormona, que regula los ciclos de día y noche, depende directamente de la intensidad de la luz. Por esta razón, la luz artificial puede modificar varios de

los comportamientos habituales de las aves, lo que en última instancia puede ejercer un gran impacto en su aptitud (Yorzinski et al. 2015). En un estudio que comparó el ritmo circadiano en dos poblaciones de Mirlo Europeo (*Turdus merula*) en la naturaleza, se constató que los individuos de ciudad comenzaron su actividad antes que los del bosque, en los cuáles los momentos de inicio y fin de la actividad diaria estaba más relacionado con el horario crepuscular natural (Dominoni et al. 2013a). Por otra parte, cuatro especies de aves (*Erithacus rubecula*, *Turdus merula*, *Parus major* y *Cyanistes caeruleus*) expuestas a la luz artificial durante todo el año comenzaron a cantar más temprano tanto al amanecer como al atardecer, que aquellas en condiciones naturales, lo que sugiere que la periodicidad estacional también se ve afectada por la luz artificial (Da Silva et al. 2015).

Desorientación y atracción a la luz

Frente a la exposición a luz artificial por la noche, las aves pueden verse atraídas o desorientadas, y así colisionar con la infraestructura circundante iluminada artificialmente. La luz artificial puede actuar como una señal de falsa orientación para las aves, lo que provoca la muerte de millones de aves anualmente (Longcore y Rich 2004). En una revisión sobre las consecuencias de la luz artificial en los patrones de movimiento de las aves (Adams et al. 2021) se encontró que los estudios sobre desorientación y/o atracción a la luz fueron realizados en menor proporción si se los compara con aquellos sobre disuasión o selección de hábitat. Por otra parte, los Paseriformes resultaron ser el orden con mayor cantidad de estudios, seguido por los Charadriiformes y los Procellariiformes. Sin embargo, de los 26 órdenes de especies de aves identificados en los trabajos, sólo 10 de ellos estuvieron representados en trabajos sobre desorientación o atracción de aves hacia la luz artificial. Además, catorce órdenes de aves no fueron estudiadas, de los cuáles tres de estos órdenes son endémicos de Sudamérica (por ejemplo, Tinamiformes, Otidiformes y Musophagiformes), lo que evidencia un importante vacío de conocimiento geográfico. En América del Sur, por ejemplo, sólo existen tres trabajos en esta temática hasta la fecha (Astudillo y Encinas 2019, Silva et al. 2020, Medina Franco y Sangiorgi Monroy 2022). Un particular problema de la atracción hacia la luz artificial se da en el entorno marino, donde las aves realizan sobrevuelos de grandes distancias para alcanzar la fuente de luz, lo cual puede tener consecuencias negativas en su supervivencia o éxito reproductivo (Rich y Longcore 2013). Este mecanismo

afecta principalmente a las especies de petreles que anidan en madrigueras (es decir, a las familias Procellariidae, Hydrobatidae y Oceanitidae). La mortalidad provocada por éste fenómeno se registró en al menos 47 islas de todo el mundo, en tres continentes y en todos los océanos (Rodríguez et al. 2017), lo cual da la pauta de que se trata de una problemática extendida a nivel global.

Aunque la atracción y desorientación inducida por la luz en mar abierto es difícil de documentar, varios estudios confirmaron que la mortalidad de aves marinas estaba asociada a las luces con fines pesqueros y plataformas petrolíferas (Rodríguez et al. 2017). Además, se ha documentado un mayor número de muertes en volantones que en adultos (Rodríguez et al. 2017). Los volantones de las especies marinas suelen verse atraídos por la luz de tal manera que, si el entorno está iluminado, estos no logran llegar al océano durante sus primeros vuelos. Por otra parte, las especies migratorias nocturnas son particularmente susceptibles a la luz artificial lo que puede conllevar a un desvío en sus rutas de migración. Aun cuando no se conozcan en profundidad las razones por las que las aves se sienten atraídas hacia la luz (Poot et al. 2008), se ha corroborado que puede traer consecuencias como el agotamiento o la colisión con la fuente de luz.

Cambios en los patrones de migración

La desorientación de las aves junto con los cambios en el ritmo circadiano puede tener grandes efectos sobre la migración. Las especies que migran de noche suelen ser las más afectadas, ya que la luz puede provocar atracción o desorientación y desviar a las aves de sus rutas migratorias (Mahr et al. 2012). Como se mencionó anteriormente, estos efectos se han descrito mayoritariamente en especies de aves marinas como petreles y las pardelas (Procellariiformes), las cuáles son atraídas por las luces artificiales y se ven forzadas a aterrizar. De hecho, se ha visto que casi la mitad de las especies de Procellariiformes a nivel mundial se ven afectadas por la contaminación lumínica (Rodríguez et al. 2017).

Si se tiene en cuenta a las especies de aves marinas que crían en cavidades, como por ejemplo el Paíño Boreal (*Hydrobates leucorhous*) el problema es aún mayor, ya que, en éstas especies, la visión no empieza a funcionar correctamente hasta la tercera semana de la eclosión. Por esta razón, los volantones no tienen una correcta visualización, lo que podría ser la causa de las caídas masivas (Atchoi et al. 2020). Se

ha visto que aves en migración expuestas a una única fuente de iluminación artificial nocturna cambiaron drásticamente sus comportamientos, agregándose en altas densidades, disminuyendo la velocidad de vuelo y volando en trayectorias circulares. Estos comportamientos sugieren una fuerte respuesta de desorientación ante las fuentes de luces artificiales (Van Doren et al. 2017). Además, las estructuras iluminadas por la noche, como las torres de comunicación, pueden provocar la muerte de especies de aves migratorias, especialmente paseriformes (Longcore et al. 2013), ya que por la noche las aves se ven atraídas por las luces y pueden morir por agotamiento o colisiones entre sí y con las estructuras artificiales. Hasta donde sabemos, no existen a la fecha, estudios que contemplen los impactos de la luz artificial en especies migratorias en América del Sur.

Búsqueda de alimento

La luz artificial también puede provocar cambios en los comportamientos de forrajeo, ya sea a través de una prolongación del tiempo de búsqueda de alimento, como aumento en la abundancia relativa de depredadores y presas de aves en torno a las fuentes de luces. Por ejemplo, los ritmos de alimentación de los pichones de Carbonero Común (*Parus major*) se vieron afectados cuando se colocaron luces LED en los nidos durante la noche, lo que da la pauta de que las actividades de alimentación pueden verse modificadas por la contaminación lumínica (Titulaer et al. 2012). En la misma línea, se vio que individuos de Zorzal Chiguanco (*Turdus chiguanco*) en Perú, extendieron su actividad diurna de alimentación en respuesta a la continua disponibilidad de luz y alimento en jardines iluminados a la noche (Ortiz 2013). Por otra parte, Garzas Reales (*Ardea cinerea*) que se alimentaban en piscifactorías sometidas a luz artificial nocturna lo hicieron preferentemente por la noche o en periodos crepusculares, modificando así, sus periodos de alimentación habitual (Hockin et al. 1992). La luz artificial por la noche podría permitir que las aves playeras permanezcan intervalos más largos alimentándose, ya que utilizan la visión para dicha actividad, pero también podría tener un efecto nocivo, ya que este efecto podría extenderse también a los depredadores diurnos de las aves (Zapata et al. 2019).

Reproducción

La luz artificial puede acelerar la reproducción de las aves y adelantar su fisiología reproductiva (Richard et al. 2021). Como se mencionó anteriormente, la con-

taminación lumínica puede provocar una falsa percepción sobre la extensión de los días, modificando el ritmo circadiano. Es así, como ante días más extensos debido a la luz artificial, las aves pueden modificar el periodo reproductivo y los patrones de apareamiento individuales (Kempnaers et al. 2010). El aumento de la duración del día en primavera tiene un fuerte efecto sobre la producción de melatonina e indirectamente, sobre el estado reproductivo (Dominoni 2015). Se ha demostrado que individuos de Herrerillo Común (*Cyanistes caeruleus*), que ocupaban territorios sometidos a iluminación nocturna, adelantaron la fecha de puesta entre dos y cinco días (Kempnaers et al. 2010, de Jong et al. 2015, respectivamente). Si bien los mecanismos por los cuáles la luz afecta a la reproducción no están claros, una posible respuesta es que la luz estimule a fotorreceptores que son más sensibles a determinadas longitudes de onda (de Jong et al. 2015).

Además, se ha comprobado que, en ciertas especies, como el Herrerillo Común, la contaminación lumínica puede alterar las estrategias para elegir pareja debido a una preferencia diferencial por la luz entre machos y hembras (Mahr et al. 2012). Por otra parte, se ha visto que las hembras de esta especie criadas en cajas nido, adelantaron el horario de actividad por la mañana durante la época de cría cuando sus nidos fueron expuestos a la luz artificial (Schlicht et al. 2014). Otro estudio sobre el Mirlo Europeo arrojó que, durante el primer año reproductivo, los individuos expuestos a la luz por la noche desarrollaron sus gónadas 3 semanas antes que las aves mantenidas hacen en la oscuridad (Dominoni et al. 2013b). Si bien, hace falta más estudios al respecto, se estima que el efecto combinado de la luz nocturna con el ruido del tráfico puede ejercer una sinergia con mayores impactos en las aves. Éste podría ser el caso de las carreteras, donde la luz artificial junto con el ruido puede adelantar la actividad de las aves hasta cinco horas por la mañana. Complementariamente, es probable que la luz amplifique los efectos del ruido y del calentamiento global sobre el apareamiento y la reproducción de las aves (Dutta 2017).

Otros cambios comportamentales

Según una revisión sobre los principales efectos de la contaminación lumínica en las aves (Richard et al. 2021) los estudios sobre los cambios comportamentales debidos a este fenómeno (como, por ejemplo: búsqueda de alimento, capacidades cognitivas, alimentación, migración y orientación, entre otras) fueron los más abundantes, representados en más del 50% de los estudios encontrados; seguidos por es-

tudios que evaluaron las consecuencias sobre la aptitud (representados en un 20.5% del total). Entre los cambios comportamentales mencionados, se ha visto que en zonas donde existe contaminación lumínica, varias especies de aves modifican su hora de canto tanto al amanecer como al atardecer (Dominoni et al. 2013a, Da Silva et al. 2015, Da Silva y Kempnaers 2017). Además, algunas aves expuestas a la contaminación lumínica prolongaron sus periodos de actividad durante la noche (Lebbin et al. 2007, Byrkjedal et al. 2012, Dominoni et al. 2014, Raap et al. 2016). Por otra parte, los efectos sobre los patrones de canto nocturno podrían no estar restringidos a las especies nocturnas exclusivamente, ya que se ha visto que las especies con actividades diurnas también presentan vocalizaciones por la noche (La 2012). Además, se observó que la contaminación lumínica también puede afectar la vigilancia nocturna de las aves, ya que los Pavos Reales (*Pavo cristatus*) expuestos a luz artificial mostraron un mayor comportamiento de vigilancia que aquellos expuestos a luz natural por la noche (Yorzinski et al. 2015). Estos cambios de comportamiento podrían resultar perjudiciales, ya que, por ejemplo, un canto más temprano podría alterar los patrones de apareamiento individuales (Kempnaers et al. 2010).

CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN ARGENTINA

Esta sección tiene como objetivo listar las especies de aves de Argentina que cuentan con reportes de impactos de la contaminación lumínica. Dada esa lista se discute qué otras especies de aves de Argentina también podrían ser susceptibles a la luz nocturna.

Luz artificial nocturna en la Argentina

Argentina tiene la mayor parte de su población (98.6%) bajo luz artificial nocturna (Falchi et al. 2016) debido a que la misma se concentra en las ciudades. Si observamos a nivel territorial, el 38.4% del país está libre de contaminación lumínica, el 61.6% tiene luz artificial nocturna, pero sólo el 6.1% tiene altos grados de brillo nocturno (Falchi et al. 2016). La imagen satelital nocturna de la Argentina muestra que el brillo nocturno es mayor en las ciudades grandes como la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y sus alrededores, y es bajo en el sur del país (Fig. 1). Cerca de las Islas Malvinas se observa la mayor luminosidad en el mapa y esto se debe a las luces de alta mar provenientes de las flotas pesqueras (Fig. 1). Si bien las imágenes satelitales brindan información sobre el brillo nocturno y su intensidad, las emisiones del espectro de la luz

azul son escasamente detectadas por los satélites. Este tipo de emisiones han sido descritas como las más problemáticas en términos medioambientales (Gaston y Sánchez de Miguel 2022). En consecuencia, realizar un análisis sólo a partir de esta fuente de información, podría estar omitiendo información de importancia para las aves.

Especies de aves Argentina susceptibles a la contaminación lumínica

Para identificar las especies de aves de Argentina registradas como afectadas por la contaminación lumínica, primero se realizó una búsqueda bibliográfica de estudios científicos, acotando la búsqueda a estudios en América del Sur. Para esto, se utilizaron los buscadores Google Scholar y Scopus. La búsqueda se realizó hasta agosto de 2022 en la cual se utilizó el siguiente protocolo: ((artificial light) OR (light pollution) OR (light at night) OR (night time light) AND (bird) AND (Argentina) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENVI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "AGRI"))). Con el objetivo de identificar especies estudiadas de Argentina, aunque los estudios no se hayan llevado a cabo en el país, se repitió la búsqueda con cada uno de los países de América del Sur. La búsqueda se realizó tanto en inglés, como en español y portugués. En segundo lugar, se hizo una búsqueda en la página web de la Lista Roja de las Especies Amenazadas (IUCN, por sus siglas en inglés, <https://www.iucnredlist.org/search>), utilizando el buscador avanzado y seleccionando los siguientes filtros: Taxonomy (aves), Land Regions (South America), Threats (Light pollution). Por último, se buscaron observaciones de especies de aves afectadas por esta amenaza reportadas desde Argentina en la plataforma en línea eBird (2022).

A través de la búsqueda bibliográfica se identificaron 12 especies de aves que se distribuyen en Argentina (Tabla 2). Estas especies fueron estudiadas en un total de diez publicaciones científicas en donde se evaluaron los impactos de la contaminación lumínica en aves de América del Sur: ocho artículos científicos, una tesis y un reporte científico (de Argentina = 3, Colombia = 3, Perú = 2, Chile = 2). Los efectos descritos fueron cambios en el comportamiento de forrajeo en Charadriiformes, Strigiformes, Passeriformes, Columbiformes (Leopold et al. 2010, Ortiz 2013, Leveau 2020, Rodríguez et al. 2021), cantos más temprano a la mañana en Passeriformes (Dorado-Correa et al. 2016, Sánchez-González et al. 2021, Marín Gómez 2022) y atracción a la luz que provocó desorientación y muerte por agotamiento en Procellariiformes y Charadriiformes.

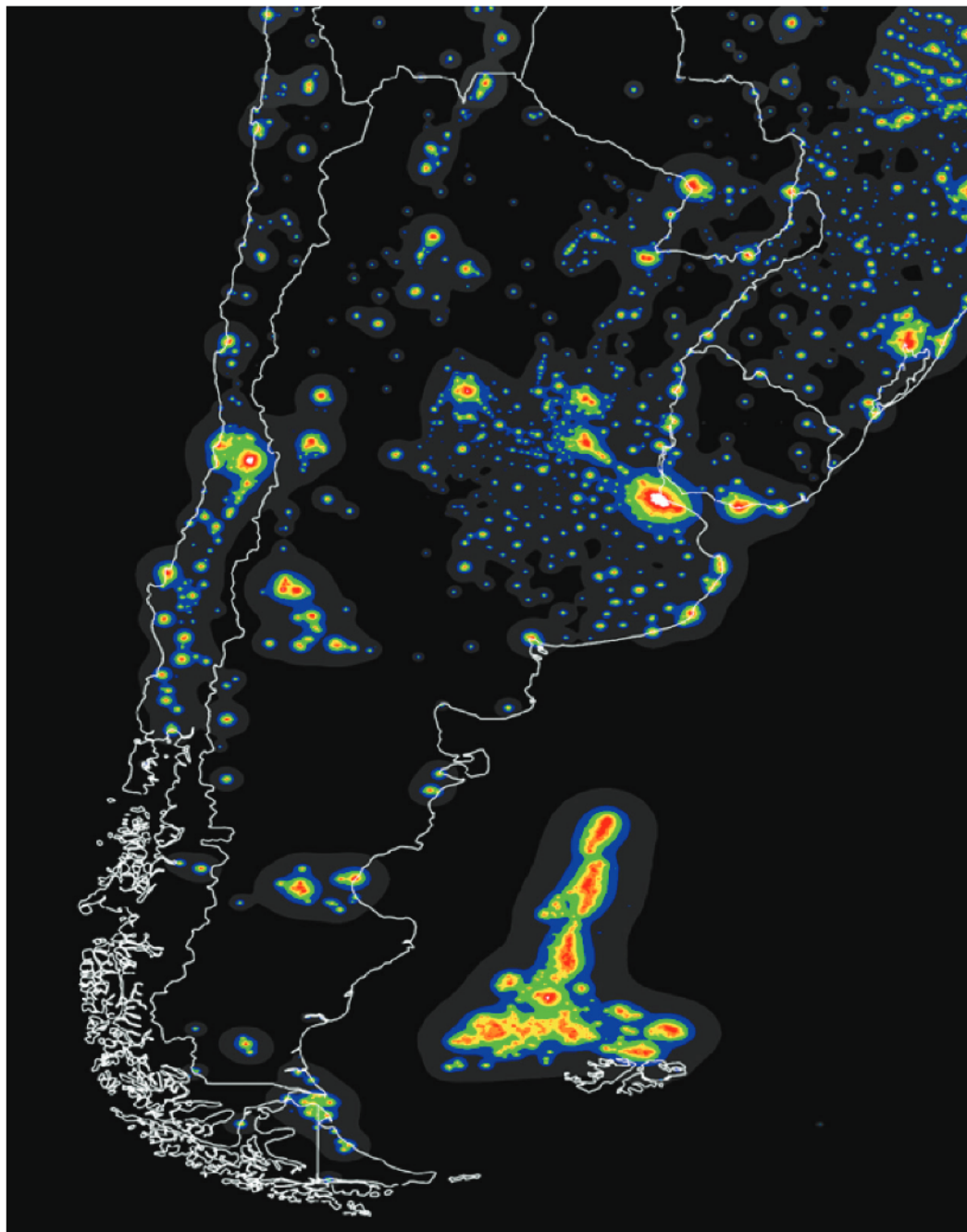


Figura 1: Mapa de luminosidad de Argentina obtenido del Atlas mundial de la luminosidad del cielo nocturno artificial. Crédito: Cinzano y Falchi (University of Padova), C. D. Elvidge (NOAA National Geophysical Data Center, Boulder). Copyright Royal Astronomical Society. Reproduced from the Monthly Notices of the RAS by permission of Blackwell Science. Descargado del sitio web <http://www.lightpollution.it/dmnp/>

mes (Astudillo y Encinas 2019, Silva et al. 2020, Medina Franco y Sangiorgi Monroy 2022).

El resultado de la búsqueda en la Lista Roja de la IUCN sobre contaminación lumínica mostró un total de siete especies de aves argentinas afectadas por esta amenaza, seis nuevas con respecto a la búsqueda bibliográfica (Tabla 2). Por otra parte, en la plataforma de

ciencia ciudadana eBird (2022) se reportó la mortalidad de alrededor de 20 individuos de Yanco Ceja Blanca (*Pelecanoides magellani*) encontrados debajo de un faro en la localidad de Cabo Vírgenes, Santa Cruz, Argentina (Tabla 2).

La búsqueda completa incluyendo las tres fuentes de datos (búsqueda bibliográfica, IUCN, eBird) dio como

resultado un total de 19 especies de Argentina que cuentan con reportes de efectos de la luz artificial nocturna. El 79% (15 de 19) son marinas y la mayoría de ellas, son pardelas y petreles. Estas aves ya han sido identificadas en la sección “Contaminación lumínica en aves a escala mundial” como especialmente susceptibles a la contaminación lumínica (Rodríguez et al. 2019). Una de las 19 especies está en peligro crítico de extinción, el Macá Tobiano (*Podiceps gallardoi*). Esta especie es endémica de la provincia de Santa Cruz. Habita los lagos y lagunas de las mesetas de altura, y en invierno migra de noche hacia la costa atlántica en la misma provincia (Roesler 2016). Lo destacable es que su hábitat y migración está dentro de una de las provincias con menos brillo nocturno del país (Fig. 1). Si bien la IUCN no especifica qué tipo de consecuencias sufre, las fuentes de luz en su camino parecen ser suficientes para tener un efecto negativo en la especie.

Los tres estudios científicos realizados en la Argentina, investigaron sobre cambios en el comportamiento de forrajeo debido a la luz nocturna. Uno de ellos encontró que, el uso del espacio por parte de individuos de Lechucita de las Vizcacheras (*Athene cunicularia*) estuvo determinado por el alumbrado público debido a que los invertebrados de los que se alimenta esta especie son atraídos por las luminarias de la calle (Rodríguez et al. 2021). Otro de los estudios encontró que varios individuos de Gaviota Capucho Café (*Larus maculipennis*) se concentraron por la noche en un muelle iluminado en Puerto Madryn para alimentarse de pequeños animales acuáticos atraídos a la superficie por efecto de la luz (Leopold et al. 2010). El último estudio encontró que la Paloma Doméstica (*Columba livia f. domestica*) se alimentó de noche en tres grandes ciudades de Argentina, lo cual podría estar asociado a la presencia de luz artificial nocturna (Leveau 2020).

Necesidades a futuro

Con sólo tres estudios llevados a cabo en la Argentina, hay mucho por hacer para entender los efectos de la luz artificial nocturna y cuán nocivos son para la avifauna. Pero la pregunta sería ¿por dónde empezamos? Probablemente lo razonable sea por las especies que presentan algún grado de amenaza y tienen evidencias de efectos nocivos, las que tienen evidencias pero no se estudiaron aún en el país y las que aún no se han estudiado pero hay reportes y observaciones. Por ejemplo, en las secciones anteriores se destaca que la contaminación lumínica es una amenaza para muchas especies de aves marinas que están presentes en Argentina. Sin embargo, dichos trabajos fueron

llevados a cabo en Chile (Rodríguez et al. 2019). Por lo tanto, aún no conocemos si esto está sucediendo en la costa y mar argentino, alertando sobre la necesidad de estudios que evalúen la problemática y su potencial gravedad en el país.

En busca de pensar qué otras especies argentinas podrían ser susceptibles a la contaminación lumínica, se puede abordar la problemática desde un punto de vista filogenético. Por ejemplo, el Macá Tobiano tiene dentro de sus amenazas a la luz artificial según la IUCN. Esta es una especie que pertenece al orden Podicipediformes y todas las especies de este orden realizan movimientos y migraciones de noche (Fjeldså 2004). Varias especies de este orden ya han sido listadas como susceptibles a la luz artificial (e.g. Adams et al. 2021) debido a colisiones nocturnas con torres o luminarias, como por ejemplo, el caso de Norteamérica con Macá Pico Grueso (*Podilymbus podiceps*) (Short y Craigie 1958, Muller y Storer 2020). Esto pone de manifiesto la necesidad de realizar estudios sobre los movimientos y migraciones totalmente desconocidos del resto de las especies de Podicipediformes de Argentina, y de evaluar la hipótesis de susceptibilidad a la luz nocturna.

La característica de migrar durante la noche, podría agrupar a especies susceptibles a sufrir efectos por la contaminación lumínica. En Argentina, además de los macaes, los procelláridos migran de noche y existen varias especies de anátidos, rálidos, charadriidos, y caprimúlgidos que migran o realizan desplazamientos nocturnos y que bien podrían verse afectados por la contaminación lumínica. De hecho, ya hay trabajos y reportes sobre los efectos de la luz en especies de la mayoría de estos grupos en otras partes del mundo (e.g. Adams et al. 2021). La lista de especies podría también incluir a otras familias que contienen gran número de especies migratorias, por ejemplo, a Tyrannidae que incorpora más de 60 especies migratorias (Chesser 1995, Capllonch 2018). Aunque hay evidencias de que los tiránidos podrían migrar mayormente durante el día (Stevenson y Anderson 1994). Sin embargo, desconocemos el comportamiento y momento específico de la migración para la mayoría de las especies que habitan Argentina (Faaborg et al. 2010). Indudablemente, un primer paso para abordar la problemática de la contaminación lumínica en el país requerirá profundizar en el conocimiento del comportamiento migratorio de las especies y de sus principales rutas de migración.

Tabla 1. Resultado de la búsqueda de revisiones bibliográficas realizada en la base de datos Scopus (<https://www.scopus.com/>) en las que se analizaron los efectos de la contaminación lumínica en aves hasta agosto de 2022. Se detallan los autores, título de la publicación, año y temática abordada.

#	Autor/es	Título	Año	Impacto abordado en la revisión
1	Adams CA, Fernández-Juricic E, Bayne EM and St Clair CC	Effects of artificial light on bird movement and distribution: a systematic map	2021	Efectos de la luz artificial sobre el movimiento y la distribución de las aves
2	Dominoni DM	The effects of light pollution on biological rhythms of birds: an integrated, mechanistic perspective	2015	Efectos de la contaminación lumínica en los ritmos biológicos de las de las especies aviares
3	Dutta H	Insights into the impacts of four current environmental problems on flying birds	2017	Impactos compuestos de cuatro grandes problemas en las aves voladoras más allá de la comprensión de sus impactos individuales: contaminación atmosférica, lumínica, acústica y calentamiento global
4	La VT	Diurnal and nocturnal birds vocalize at night: A review	2012	Potenciales factores que contribuyen a las vocalizaciones nocturnas en las aves, entre ellas la contaminación lumínica
5	Grubisic M, Haim A, Bhusal P, Dominoni DM, Gabriel KMA, Jechow A, Kupprat F, Lerner A, Marchant P, Riley W, Stebelova K, van Grunsven RHA, Zeman M, Zubidat AE and Hölker F	Light Pollution, Circadian Photoreception, and Melatonin in Vertebrates	2019	Visión general de la investigación sobre la melatonina y la luz artificial nocturna en los vertebrados
6	Renthlei Z, Borah BK and Trivedi AK	Effect of urbanization on daily behavior and seasonal functions in vertebrates	2017	Efectos de la luz artificial nocturnas en diversos procesos de los organismos, con especial énfasis en el sistema aviar
7	Hockin D, Ounsted M, Gormant M, Hillt D, Kellert V and Barker MA	Examination of the effects of disturbance on birds with reference to its importance in ecological assessments	1992	Efectos de las perturbaciones antrópicas sobre el éxito reproductivo, la elección del lugar de nidificación, la densidad de población, la estructura de la comunidad, la distribución y el uso del hábitat de las especies de aves
8	Richard FJ, Southern I, Gigauri M, Bellini G, Rojas O and Runde A	Warning on nine pollutants and their effects on avian communities	2021	Impactos de los contaminantes antropogénicos más comunes en las aves: luz, ruido, contaminación aérea, metales pesados, compuestos radiactivos, pesticidas, productos farmacéuticos, petróleo y plástico.
9	Vega CP, Zielinska-Dabkowska KM, Schroer S, Jechow A and Hölker F	A Systematic Review for Establishing Relevant Environmental Parameters for Urban Lighting: Translating Research into Practice	2022	Efectos adversos de la luz artificial nocturna sobre varios grupos de organismos, incluyendo las aves
10	Zapata MJ, Mažeika S, Sullivan P and Gray SM	Artificial Lighting at Night in Estuaries—Implications from Individuals to Ecosystems	2019	Impacto de la luz artificial nocturna en estuarios

Una evidencia asociada a efectos de la atracción a la luz y/o desorientación durante las migraciones, es encontrar individuos muertos en ciudades y alrededor de edificios (Horton et al. 2019). Estas evidencias se hacen aún más claras en lugares del mundo donde las migraciones de muchas especies son sincrónicas y nocturnas. Este es el caso de Norteamérica donde es común encontrar mortandades masivas de distintas especies alrededor de torres o estructuras iluminadas (La Sorte et al. 2022). Dado que en Argentina los movimientos y migraciones no necesariamente ocurren por la noche, ni sincrónicamente, los fenómenos de mortalidad podrían pasar más desapercibidos. Existen reportes, notas y observaciones de individuos muertos en inmediaciones de edificios en ciudades fuera de sus rutas migratorias. Por ejemplo, existen varios reportes de individuos de Burrito Enano (*Coturnicops notatus*) hallados en ciudades (Gorleri et al. 2015), especie que realiza movimientos estacionales del centro del país a la región del litoral (Bodrati 2005, Di Giacomo 2005). También existen observaciones de rálidos potencialmente atraídos por luminarias urbanas durante sus migraciones, como en el caso de Burrito Negruzco (*Porzana spiloptera*) en Taco Pozo, Chaco (ver Birard 2017), especie considerada vulnerable por la IUCN. Si bien estas observaciones son escasas, con pocos detalles y no son concluyentes sobre la causa de mortalidad, aportan potenciales indicios de efectos negativos de la urbanización sobre las aves y sería importante estudiar cuánto de eso se debe a la contaminación lumínica.

Algunas especies de aves que se encuentran comúnmente en entornos urbanos pueden cambiar su rutina diaria de canto debido a los altos niveles de contaminación lumínica (Marín Gómez 2022). Existen escasos estudios al respecto en el Neotrópico y con especies que lleguen a la Argentina. En un estudio realizado en Colombia se observó que los individuos de Jilguero Dorado (*Sicalis flaveola*) expuestos a la luz artificial nocturna comenzaron a cantar 20 minutos antes que aquellos que habitaban zonas poco iluminadas (Marín Gómez 2022). Por otra parte, otros dos estudios realizados en Chingolo (*Zonotrichia capensis*) (Dorado-Correa et al. 2016) y Churrinche (*Pyrocephalus rubinus*) (Sánchez-González et al. 2021) no encontraron efecto de la luz nocturna en sus comportamientos de canto. Aunque estos estudios se llevaron a cabo en latitudes intermedias con cambios estacionales más limitados en la duración del día, sería interesante repetirlos en latitudes altas como en Argentina. Además, podría ser

de especial interés el género *Turdus*, ya que ha sido reportado que ciertas especies comienzan a cantar anticipadamente como producto de la contaminación lumínica (Da Silva y Kempenaers 2017).

RECOMENDACIONES

En los últimos años se han reportado numerosos efectos ecológicos negativos por la luz artificial y con ello, han surgido esfuerzos de mitigación. En muchos países se han desarrollado guías que promueven mejores prácticas de uso de la luz exterior (Jägerbrand y Bouroussis 2021, Oikono-RCC-OPCC 2022). En esta sección hacemos un repaso de las buenas prácticas generales que han sido propuestas para mitigar la contaminación lumínica ecológica.

Una de las pautas básicas es usar alumbrado apuntando hacia abajo, blindado en la parte superior, evitando así, que la luz se propague hacia las distintas direcciones. Estas medidas podrían ser fácilmente implementadas en nuevas áreas urbanas y son especialmente importantes en áreas protegidas, aún más si las áreas se establecieron para preservar especies protegidas que son particularmente sensibles a la luz (Jägerbrand y Bouroussis 2021).

El tipo de fuente de luz es otro punto clave en las pautas de mitigación. Se ha propuesto el uso de la luz ámbar o amarilla para mitigar efectos sobre la fauna dado que tienen mayor eficiencia y longitudes de onda que reducen el deslumbramiento o brillo nocturno cegador (Davies et al. 2013, Longcore et al. 2018, Jägerbrand y Bouroussis 2021). Sin embargo, no es sencilla la selección de un tipo de fuente cuando el grupo foco de estudio son las aves (Adams et al. 2021). Las aves son muy sensibles a la luz y cuentan con un sistema visual complejo, el cual cuenta con cuatro conos (uno más que los mamíferos) (Osorio y Vorobyev 2008). Además muchas especies tienen una buena visión UV (Govardovski y Zueva 1977, Goldsmith 1980,) y cuentan con una percepción extraocular de la luz debido a la presencia de fotorreceptores en la glándula pineal y el cerebro (Cassone et al. 2009). En este sentido, se ha observado que la luz roja tiene un efecto más fuerte en la inducción del desarrollo gonadal que la luz blanca (Lewis y Morris 2000). En cambio, la luz verde tiene poco efecto sobre el desarrollo gonadal y es mucho más eficaz en la sincronización del reloj circadiano con la luz visible (Kumar y Rani 1996, Malik et al. 2002), por lo que la luz verde se comenzó a implementar en algunos proyectos de mitigación

Tabla 2: Especies de aves de Argentina que presentan reportes de efectos por contaminación luminica, dentro o fuera del país. Se detalla la categoría de amenaza y la fuente de información de donde se obtuvo el registro. * <https://ebird.org/argentina/checklist/S45868422>

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Categoría de amenaza		Fuente
				UICN	Argentina	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis flaveola</i>	Jilguero Dorado	Preocupación Menor	No Amenazada	Marín Gómez 2022
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Phalaropus tricolor</i>	Falaropo Común	Preocupación Menor	No Amenazada	Silva et al. 2020
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps gallardoi</i>	Macá Tobiano	Críticamente Amenazada	En Peligro Crítico	UICN
Procellariiformes	Oceanitidae	<i>Fregetta tropica</i>	Paíño Vientre Negro	Preocupación Menor	No Amenazada	UICN
Procellariiformes	Oceanitidae	<i>Garrodia nereis</i>	Paíño Gris	Preocupación Menor	Insuficientemente Conocida	UICN y Silva et al.2020
Procellariiformes	Oceanitidae	<i>Oceanites oceanicus</i>	Paíño Común	Preocupación Menor	No Amenazada	Silva et al.2020
Procellariiformes	Oceanitidae	<i>Fregetta grallaria</i>	Paíño Vientre Blanco	Preocupación Menor	No Amenazada (sp. Ocasional)	Silva et al.2020
Procellariiformes	Procellariidae	<i>Pterodroma incerta</i>	Petrel Cabeza Parda	Preocupación Menor	No Amenazada	UICN
Procellariiformes	Procellariidae	<i>Procellaria westlandica</i>	Petrel Negro	En Peligro	No Amenazada (sp. Ocasional)	UICN
Procellariiformes	Procellariidae	<i>Calonectris diomedea</i>	Pardela Grande	Preocupación Menor	No Amenazada	UICN
Procellariiformes	Procellariidae	<i>Puffinus puffinus</i>	Pardela Boreal	Preocupación Menor	No Amenazada	UICN
Procellariiformes	Procellariidae	<i>Halobaena caerulea</i>	Petrel Azulado	Preocupación Menor	No Amenazada	Silva et al.2020
Procellariiformes	Procellariidae	<i>Ardenna creatopus</i>	Pardela Patas Rosas	Vulnerable	No Amenazada (sp. Ocasional)	Silva et al. 2020
Procellariiformes	Procellariidae	<i>Ardenna grisea</i>	Pardela Oscura	Casi Amenazada	No Amenazada	Silva et al.2020
Procellariiformes	Procellariidae	<i>Pelecanoides urinatrix</i>	Yunco Común	Preocupación Menor	No Amenazada	Silva et al. 2020
Procellariiformes	Procellariidae	<i>Pelecanoides magellani</i>	Yunco Ceja Blanca	Preocupación Menor	Insuficientemente Conocida	eBird*
Charadiiformes	Laridae	<i>Larus maculipennis</i>	Gaviota Capucho Café	Preocupación Menor	No Amenazada	Leopold et al. 2010
Strigiformes	Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	Lechucita de las Vizcacheras	Preocupación Menor	No Amenazada	Rodriguez et al. 2021
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	Preocupación Menor	*	Leveau 2020

* No categorizada a nivel nacional por tratarse de una especie introducida.

en Chile (Silva et al. 2020). Sin embargo, la respuesta parece ser taxa-específica, lo que dificulta aún más la adopción de medidas para un conjunto amplio de especies. Pese al incremento en los estudios sobre tipos de fuentes de luz, es un tema que aún requiere más investigaciones (Adams et al. 2021)

Otra medida clave que se ha propuesto es el apagado de la luz cuando se quiere evitar el efecto de atrac-

ción a la misma, lo que puede conducir a la mortalidad (Adams et al. 2021). Dada la incomodidad que puede traer esta medida al humano, se debería implementar en los lugares y momentos claves, lo que requiere conocer no solo las especies afectadas, sino también los momentos y lugares sensibles para cada especie.

En Argentina, existe un claro vacío del conocimiento para incorporar esta medida. Por esta razón,

los esfuerzos de investigaciones futuras deberían ir en esta dirección. Un primer paso y de suma importancia es ser más eficientes para captar reportes de aves que podrían estar sufriendo un efecto de la contaminación lumínica. Por lo tanto, proponemos recolectar la información a través del siguiente link donde se pueden reportar observaciones (<https://forms.gle/xgeo4M54TS7P6Sig8>).

CONCLUSIONES PRINCIPALES

Las aves son uno de los grupos más afectados por la contaminación lumínica, al punto de ser un problema de conservación para muchas especies. Las revisiones publicadas hasta la fecha indican que entre las especies de aves más afectadas se encuentran las migrantes nocturnas junto con las aves marinas como pardelas y petreles. Esto es debido a que la luz puede atraerlas y provocar la desorientación de sus rutas migratorias o peor aún, la mortalidad por agotamiento. Por otra parte, efectos en el comportamiento, forrajeo y reproducción han sido descritos en el orden passeriformes en su mayoría.

Aun cuando estos efectos de la luz en la avifauna son conocidos a nivel mundial, son escasos los estudios científicos que evalúen ésta problemática en la Argentina. Teniendo en cuenta que la Argentina cuenta con más de mil especies de aves, menos del 1% tiene algún estudio en la temática y este no necesariamente ha sido realizado en el país. Pese al bajo número de estudios, se pone de manifiesto que las aves de Argentina no están exentas de sufrir impactos de la luz nocturna. Aquí mostramos que existe un vacío de conocimiento sobre este tema para las aves de Argentina, que merece ser estudiado. Sin duda, hay un arduo trabajo que hacer para conocer qué especies de aves de Argentina, cuándo y en qué lugares son sensibles a la luz nocturna.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a Airam Rodríguez, Rodrigo Silva y un/a revisor/a anónimo/a por sus valiosas sugerencias y aportes al artículo, las que han ayudado a mejorarlo considerablemente.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ADAMS CA, FERNÁNDEZ-JURICIC E, BAYNE EM y ST CLAIR CC (2021) Effects of artificial light on bird movement and distribution: a systematic map. *Environmental Evidence*, 10:1-28
- ASTUDILLO EA y ENCINAS VG (2019) Problemática de la contaminación lumínica en la región de Tarapacá y su efecto en golondrinas de mar. *Red de Voluntarios Rescate Golondrinas de Mar Iquique*, 153-169
- ATCHOI E, MITKUS M y RODRÍGUEZ A (2020) Is seabird light-induced mortality explained by the visual system development? *Conservation Science and Practice* 2:e195
- BENNIE J, DUFFY JP, DAVIES TW, CORREA-CANO ME y GASTON KJ (2015) Global trends in exposure to light pollution in natural terrestrial ecosystems. *Remote Sensing* 7:2715-2730
- BERSON DM, DUNN FA y TAKAO M (2002) Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science* 295:1070-1073
- BIRARD J (2017) eBird checklist: <https://ebird.org/checklist/S36679219>. eBird: An online database of bird distribution and abundance (web application). eBird, Ithaca (URL: <http://www.ebird.org>)
- BODRATI A (2005) Notas sobre la avifauna del Parque Nacional Chaco, el Parque Provincial Pampa del Indio y otros sectores de la Provincia de Chaco, Argentina. *Nuestras Aves* 49:15-23
- BYRKJEDAL I, LISLEVAND T y VOGELER S (2012) Do passerine birds utilise artificial light to prolong their diurnal activity during winter at northern latitudes? *Ornis Norvegica* 35:37-42
- CAPLLONCH P (2018) Un panorama de las migraciones de aves en Argentina. *El Hornero* 33:01-18
- CASSONE VM, PAULOSE JK, WHITFIELD-RUCKER MG y PETERS JL (2009) Time's arrow flies like a bird: two paradoxes for avian circadian biology. *General and Comparative Endocrinology* 163:109-116
- CHESSER R (1995) *Biogeographic, ecological, and evolutionary aspects of South American austral migration, with special reference to the family Tyrannidae*. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College
- CINZANO P, FALCHI F y ELVIDGE CD (2001) The first World Atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 328:689-707
- DA SILVA A y KEMPENAEERS B (2017) Singing from North to South: latitudinal variation in timing of dawn singing under natural and artificial light conditions. *Journal of Animal Ecology* 86:1286-1297
- DA SILVA A, VALCU M y KEMPENAEERS B (2015) Light pollution alters the phenology of dawn and dusk sin-

- ging in common European songbirds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370:20140126
- DAVIES TW, BENNIE J, INGER R, DE IBARRA NH Y GASTON KJ (2013) Artificial light pollution: are shifting spectral signatures changing the balance of species interactions? *Global Change Biology* 19:1417–1423
- DI GIACOMO AG (2005) Aves de la Reserva El Bagual. In: Historia natural y paisaje de la Reserva El Bagual, Provincia de Formosa, Argentina (Di Giacomo AG y Krapovickas SF, eds), pp. 201–465. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires.
- DIEHL RH (2013) The airspace is habitat. *Trends in ecology & evolution* 28:377–379
- DOMINONI DM (2015) The effects of light pollution on biological rhythms of birds: an integrated, mechanistic perspective. *Journal of Ornithology* 156:409–418
- DOMINONI DM, CARMONA-WAGNER EO, HOFMANN M, KRANSTAUER B Y PARTECKE J (2014) Individual-based measurements of light intensity provide new insights into the effects of artificial light at night on daily rhythms of urban-dwelling songbirds. *Journal of Animal Ecology* 83:681–692
- DOMINONI DM, HELM B, LEHMANN M, DOWSE HB Y PARTECKE J (2013b) Clocks for the city: circadian differences between forest and city songbirds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280:20130593
- DOMINONI DM, QUETTING M Y PARTECKE J (2013a) Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280:20123017
- DORADO-CORREA AM, RODRÍGUEZ-ROCHA M Y BRUMM H (2016) Anthropogenic noise, but not artificial light levels predicts song behaviour in an equatorial bird. *Royal Society Open Science* 3:160231
- DUTTA H (2017) Insights into the impacts of four current environmental problems on flying birds. *Energy, Ecology and Environment* 2:329–349
- EBIRD (2022) eBird: An online database of bird distribution and abundance (web application). eBird, Cornell Lab of Ornithology, Ithaca (URL: <http://www.ebird.org>)
- FAABORG J, HOLMES RT, ANDERS AD, BILDSTEIN KL, DUGGER KM, GAUTHREAUX JR SA, HEGLUND P, HOBSON KA, JAHN AE, JOHNSON DH, LATTA SC, LEVEY DJ, MARRA PP, MERKORD CL, NOL E, ROTHSTEIN SI, SHERRY TW, SILLETT TS, THOMPSON III FR, WARNOCK N (2010) Recent advances in understanding migration systems of New World Landbirds. *Ecological Monographs* 80:3–48
- FALCHI F, CINZANO P, DURISCOE D, KYBA CC, ELVIDGE CD, BAUGH K, PORTNOV BA, RYBNIKOVA NA Y FURGONI R (2016) The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances* 2:1–22
- FJELDÅ J (2004) *Bird families of the world: the grebes*. Lynx Edicions. Barcelona.
- GASTON KJ Y SÁNCHEZ DE MIGUEL A (2022) Environmental impacts of artificial light at night. *Annual Review of Environment and Resources* 47:373–398
- GOLDSMITH TH (1980) Hummingbirds see near ultraviolet light. *Science* 207: 786–788
- GORLERI F, EARNSHAW A, ARETA JI, JUSZCZUK D, FERRARI C Y HENSCHKE C (2015) Hallazgos novedosos del Burrito Enano (*Coturnicops notatus*) en la Argentina. XVI Reunión Argentina de Ornitología, La Plata. Disponible en Zenodo: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6685735>.
- GOVARDOVSKII VI Y ZUEVA LV (1977) Visual pigments of chicken and pigeon. *Vision research* 17:537–543
- GRIMM NB, FAETH SH, GOLUBIEWSKI NE, REDMAN CL, WU J, BAI X Y BRIGGS JM (2008) Global change and the ecology of cities. *Science* 319:756–760
- GRUBISIC M, HAIM A, BHUSAL P, DOMINONI DM, GABRIEL KM, JECHOW A, KUPPRAT F, LERNER A, MARCHANT P, RILEY W, STEBELOVA K, VAN GRUNSVEN RHA, ZEMAN M, ZUBIDAT AE Y HÖLKER F (2019) Light pollution, circadian photoreception, and melatonin in vertebrates. *Sustainability* 11:6400
- HOCKIN D, OUNSTED M, GORMAN M, HILL D, KELLER V Y BARKER MA (1992) Examination of the effects of disturbance on birds with reference to its importance in ecological assessments. *Journal of Environmental Management* 36:253–286
- HORTON KG, NILSSON C, VAN DOREN BM, LA SORTE FA, DOKTER AM Y FARNSWORTH A (2019) Bright lights in the big cities: migratory birds' exposure to artificial light. *Frontiers in Ecology and the Environment* 17: 209–214
- JÄGERBRAND AK Y BOUROUSSIS CA (2021) Ecological impact of artificial light at night: effective strategies and measures to deal with protected species and habitats. *Sustainability* 13:5991
- JOHNSTON DW Y HAINES TP (1957) Analysis of Mass Bird Mortality in October, 1954. *The Auk* 74:447–458
- DE JONG M, JENINGA L, OUYANG JQ, VAN OERS K, SPOELSTRA K Y VISSER ME (2016) Dose-dependent responses of avian daily rhythms to artificial light at night. *Physiology & Behavior* 155:172–179
- DE JONG M, OUYANG JQ, DA SILVA A, VAN GRUNSVEN RH, KEMPENAERS B, VISSER ME Y SPOELSTRA K (2015) Effects of nocturnal illumination on life-history decisions and fitness in two wild songbird species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370:20140128
- KEMPENAERS B, BORGSTRÖM P, LOËS P, SCHLICHT E Y VALCU M (2010) Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology* 20:1735–1739

- KUMAR V y RANI S (1996) Effects of wavelength and intensity of light in initiation of body fattening and gonadal growth in a migratory bunting under complete and skeleton photoperiods. *Physiology & behavior* 60:625-631
- KYBA CCM, KUESTER T, SÁNCHEZ DE MIGUEL A, BAUGH K, JECHEW A, HÖLKER F, BENNIE J, ELVIDGE CD, GASTON KJ y GUANTER L (2017). Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances* 3:e1701528
- LA SORTE FA, HORTON KG, JOHNSTON A, FINK D y AUER, T (2022) Seasonal associations with light pollution trends for nocturnally migrating bird populations. *Ecosphere* 13:e3994
- LA VT (2012) Diurnal and nocturnal birds vocalize at night: a review. *The Condor* 114:245-257
- LAMBERTUCCI SA, SHEPARD EL y WILSON RP (2015) Human-wildlife conflicts in a crowded airspace. *Science* 348:502-504
- LEBBIN DJ, HARVEY M, LENZ TC, ANDERSEN MJ y ELLIS JMS (2007) Nocturnal migrants foraging at night by artificial light. *The Wilson Journal of Ornithology* 119:506-508
- LEOPOLD MF, PHILIPPART CJ y YORIO PO (2010) Nocturnal feeding under artificial light conditions by Brown-hooded Gull (*Larus maculipennis*) in Puerto Madryn harbour (Chubut Province, Argentina). *El Hornero* 25:55-60
- LEVEAU LM (2020) Artificial light at night (ALAN) is the main driver of nocturnal feral pigeon (*Columba livia f. domestica*) foraging in urban areas. *Animals* 10:554
- LEWIS PD y MORRIS TR (2000) Poultry and coloured light. *World's Poultry Science Journal* 56:189-207
- LONGCORE T y RICH C (2004) Ecological Light Pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2:191
- LONGCORE T, RICH C, MINEAU P, MACDONALD B, BERT DG, SULLIVAN LM, MUTRIE E, GAUTHREAUX SA, AVERY ML, CRAWFORD RL, MANVILLE AM, TRAVIS ER y DRAKE, D (2013) Avian mortality at communication towers in the United States and Canada: which species, how many, and where? *Biological Conservation* 158:410-419
- LONGCORE T, RODRÍGUEZ A, WITHERINGTON B, PENNIMAN JF, HERF L, HERF M (2018) Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology* 329:511-521
- MAHR K, GRIGGIO M, GRANATIERO M y HOI H (2012) Female attractiveness affects paternal investment: experimental evidence for male differential allocation in blue tits. *Frontiers in Zoology* 9:1-8
- MALIK, S., RANI, S., & KUMAR, V. (2002). The influence of light wavelength on phase-dependent responsiveness of the photoperiodic clock in migratory black headed bunting. *Biological rhythm research* 33:65-73.
- MARÍN GÓMEZ OH (2022) Artificial light at night drives earlier singing in a Neotropical bird. *Animals* 12:1015
- MCKINNEY ML (2002) Urbanization, biodiversity, and conservation. *Bioscience* 52:883-890
- MEDINA FRANCO RA y SANGIORGI MONROY P (2022) Efecto de la contaminación lumínica en colonias reproductivas de la golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*) y la golondrina de mar peruana (*Oceanodroma tethys kelsalli*), en Perú. Tesis, Universidad peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía "Alberto Cazorla Talleri", Lima, Perú
- MULLER MJ y STORER RW (2020) Pied-billed Grebe (*Podilymbus podiceps*), version 1.0. In Birds of the World por Poole AF y Gill FB. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA
- OIKONOS-ROC-OPCC (2022) Guía para una iluminación amigable con aves marinas en Chile
- ORTIZ C (2013) Nocturnal feeding of the Chiguanco Thrush *Turdus Chiguanco* (Turdidae) under artificial light. *The Biologist* 11:331-332
- OSORIO D y VOROBYEV M (2008) A review of the evolution of animal colour vision and visual communication signals. *Vision research* 48:2042-2051
- POOT H, ENS BJ, DE VRIES H, DONNERS MAH, WERNAND MR y MARQUENIE JM (2008) Green light for nocturnally migrating birds. *Ecology and Society* 13:47
- RAAP T, PINXTEN R y EENS M (2016) Artificial light at night disrupts sleep in female great tits (*Parus major*) during the nestling period, and is followed by a sleep rebound. *Environmental Pollution* 215:125-134
- RICH C y LONGCORE T (2013) *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press
- RICHARD FJ, GIGAURI M, BELLINI G, ROJAS O y RUNDE A (2021) Warning on nine pollutants and their effects on avian communities. *Global Ecology and Conservation* 32:e01898
- RODRIGO-COMINO J, SEELING S, SEEGER MK y RIES JB (2021) Light pollution: A review of the scientific literature. *The Anthropocene Review* 1-26
- RODRÍGUEZ A, ARCOS JM, BRETAGNOLLE V, DIAS MP, HOLMES ND, LOUZAO M, PROVENCHER J, RAINE AF, RAMÍREZ F, RODRÍGUEZ B, RONCONI RA, TAYLOR RS, BONNAUD E, BORRELLE SB, CORTÉS V, DESCAMPS S, FRIESEN VL, GENOVART M, HEDD A, HODUM P, HUMPHRIES GRW, LE CORRE M, LEBARBENCHON C, MARTIN R, MELVIN EF, MONTEVECCHI WA, PINET P, POLLET IL, RAMOS R, RUSSELL JC, RYAN PG, SANZ-AGUILAR A, SPATZ DR, TRAVERS M, VOTIER SC, WANLESS RM, WOEHLE E y CHIARADIA, A (2019) Future directions in conservation research on petrels and shearwaters. *Frontiers in Marine Science* 94

- RODRÍGUEZ A, HOLMES ND, RYAN PG, WILSON KJ, FAULQUIER L, MURILLO Y, RAINE AF, PENNIMAN JF, NEVES V, RODRIGUEZ B, NEGRO JJ, CHIARADIA A, DANN P, ANDERSON T, METZGER B, SHIRAI M, DEPPE L, WHEELER J, HODUM P, GOUVEIA C, CARMO V, CARREIRA GP, DELGADO-ALBURQUEQUE L, GUERRA-CORREA C, COUZI FX, TRAVERS M y CORRE ML (2017) Seabird mortality induced by land-based artificial lights. *Conservation Biology* 31:986-1001
- RODRÍGUEZ A, OROZCO-VALOR PM y SARASOLA JH (2021) Artificial light at night as a driver of urban colonization by an avian predator. *Landscape Ecology* 36:17-27
- ROESLER CI (2016) Conservación del Macá Tobiano (*Podiceps gallardoi*): factores que afectan la viabilidad de sus poblaciones. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires
- ROWAN W (1937) Effects of traffic disturbance and night illumination on London starlings. *Nature* 139:668-669
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ K, AGUIRRE-OBANDO OA y RÍOS-CHELÉN AA (2021) Urbanization levels are associated with the start of the dawn chorus in vermilion flycatchers in Colombia. *Ethology, Ecology & Evolution* 33:377-393
- SCHLICHT L, VALCU M, LOËS P, GIRG A y KEMPENAERS B (2014) No relationship between female emergence time from the roosting place and extrapair paternity. *Behavioral Ecology* 25:650-659
- SHORT HL y CRAIGIE DE (1958) Pied-billed Grebes mistake highway for water. *The Auk* 75:473-474
- SILVA R, MEDRANO F, TEJEDA I, TERÁN D, PEREDO R, BARROS R, COLODRO V, GONZÁLEZ P, GONZÁLEZ V, GUERRA-CORREA C, HODUM P, KEITT B, LUNA-JORQUERA G, MALINARICH V, MALLEA G, MANRÍQUEZ P, NEVINS H, OLMEDO B, PÁEZ-GODOY J, DE RODT G, ROJAS F, SANHUEZA P, SUAZO CG, TORO F y TORO-BARROS B (2020) Evaluación del impacto de la contaminación lumínica sobre las aves marinas en Chile: Diagnóstico y propuestas. *Ornitología Neotropical* 31:13-24
- SPOELSTRA K y VISSER ME (2014) The impact of artificial light on avian ecology. En: *Avian Urban Ecology* por Diego Gil and Henrik Brumm, Oxford University Press
- STEVENSON HM y ANDERSON BH (1994) The Birdlife of Florida. University of Florida Press, Gainesville
- TITULAER M, SPOELSTRA K, LANGE CY y VISSER ME (2012) Activity patterns during food provisioning are affected by artificial light in free living great tits (*Parus major*). *PLoS One* 7:e37377
- VAN DOREN BM, HORTON KG, DOKTER AM, KLINCK H, ELBIN SB, y FARNSWORTH A (2017) High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114:11175-11180
- YORZINSKI JL, CHISHOLM S, BYERLEY SD, COY JR, AZIZ A, WOLF JA y GNERLICH AC (2015) Artificial light pollution increases nocturnal vigilance in peahens. *PeerJ* 3:e1174
- ZAPATA MJ, SULLIVAN SMP y GRAY SM (2019) Artificial lighting at night in estuaries—Implications from individuals to ecosystems. *Estuaries and Coasts* 42:309-330