Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais
Ibero-American Journal of Environmental Sciences

Ago 2024 a Jan 2025 - v.15 - n.3

ISSN: **2179-6858**

This article is also available online at:
www.sustenere.inf.br

Contaminación lumínica y sonora: efectos sobre las comunidades biológicas y su gestión en Uruguay

El crecimiento urbano sostenido durante el último siglo ha generado grandes presiones sobre los ecosistemas. Los cambios en la estructura física del paisaje—fragmentación, cambio de uso de suelos y pérdida de hábitat—son componentes reconocidos del cambio global, pero sólo recientemente han cobrado importancia otros impactos asociados al avance de las urbanizaciones, tales como la alteración del paisaje lumínico y sonoro. Estos son aspectos clave en el desempeño de una amplia gama de organismos vivos. Los cambios espaciales, temporales y espectrales de los regímenes naturales de luz/oscuridad generan cambios comportamentales, fisiológicos, morfológicos y metabólicos en los organismos. En tanto, el ruido de orígen antropogénico enmascara e interfiere en la comunicación entre organismos, generando cambios en los patrones espaciales y temporales que inciden en la supervivencia y éxito reproductivo de los organismos. En ambos casos, es esperable que los impactos repercutan en niveles de organización superiores y generen cambios en los ecosistemas y en sus servicios asociados. En las últimas décadas las investigaciones sobre las consecuencias de la contaminación sonora y lumínica han ido en aumento. Actualmente se encuentra disponible un buen cuerpo de literatura científica sobre estas temáticas. Debido a su similar dependencia de las actividades antrópicas es esperable que los gradientes de contaminación lumínica y sonora estén correlacionados. Pese a esto, aún no se ha extendido el abordaje conjunto de ambas problemáticas en paisajes reales. El presente trabajo busca comprender ambas problemáticas con especial atención en el abordaje conjunto. Para esto, se realizó una revisión del estado actual del conocimiento en relación a contaminación sonora y lumínica, focalizando en los efectos que éstas tienen sobre las comunidades biológicas. Se realizó también la búsqueda y análisis de las normativas vigentes relacionadas a estos temas, tanto en Uruguay como en otros sitios, cuyas experiencias previas son de interés para el desarrollo de normativa y el diseño de medidas de gestión. Por último, se realizan sugerencias sobre posibles abordajes de las problemáticas con foco en aspectos socio-culturales, normativos e institucionales y de investigación.

Palavras-chave: biodiversidad; ciclos circadianos; paisaje acústico; paisaje lumínico.

Light and noise pollution: effects on biological communities and its management in Uruguay

Sustained urban growth over the last century has created great pressure on ecosystems. Changes in the physical structure of the landscape - fragmentation, change in land use, and loss of habitat - are well-attended components of global change, but only recently have other impacts associated with the advance of urbanization become relevant, such as the alteration of the light and acoustic landscape. These are key aspects of performing a wide range of living organisms. Spatial, temporal, and spectral changes in natural light / dark cycles drive changes in organisms' behavioral, physiological, morphological, and metabolic aspects. Meanwhile, anthropogenic noise masks and interferes with communication between organisms, driving changes in spatial and temporal niches that affect the survival and reproductive success of organisms. In both cases, it is expected that the impacts work at higher levels of organization affecting ecosystems and their associated services. In recent decades, research on the impacts of noise and light pollution has been increasing. A good body of scientific evidence on these topics is currently available. Due to their similar dependence on anthropic activities, it is expected that the gradients of light and noise pollution are correlated. Despite this, the integrated approach of both in real landscapes is not yet extended. The present work intends to understand both problems with special attention to their possible interaction. For this, an analysis of the current state of knowledge was made, focusing on the effects on biological communities. Also, the existent regulations in Uruguay and other countries were analyzed, to find previous experiences that help in the development of new regulations and management strategies. Finally, the importance of a multidimensional approach is discussed and suggestions are made on how to work towards management strategies on light and noise pollution attending socio-cultural, normative, institutional, and research aspects.

Keywords: biodiversity; circadian cycles; acoustic landscape; light landscape.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **08/05/2024**
Approved: **10/14/2024**

Florencia Reichmann
Departamento de Ecología y Gestión Ambiental, Centro Universitario Regional del Este (CURE), Universidad de la República, Uruguay
flor.reichmann@gmail.com

Andréss Canavero
Departamento de Ecología y Gestión Ambiental, Centro Universitario Regional del Este (CURE), Universidad de la República, Uruguay
acanavero@gmail.com

DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2024.003.0013

Referencing this:
REICHMANN, F.; CANAVERO, A.. Contaminación lumínica y sonora: efectos sobre las comunidades biológicas y su gestión en Uruguay. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.15, n.3, p.164-186, 2024. DOI: http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2024.003.0013

©2024
®Companhia Brasileira de Produção Científica. All rights reserved.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de urbanización son un desencadenante del cambio ecológico y la consecuente pérdida de biodiversidad a nivel global (IUCN, 2009). El desarrollo de áreas urbanas es una de las principales causas de fragmentación, aislamiento y pérdida de hábitats en los ecosistemas naturales, de cuyos servicios depende el bienestar y calidad de vida de las poblaciones (MCKINNEY, 2002; NAEEM et al., 2009). En 1900 la población urbana alcanzaba el 13% de la población global total, para 1950 el porcentaje ascendió a 29% y en 2018 se estimó por encima del 53% (UN, 2006; 2018). De mantenerse esta tendencia, tal como está previsto, para 2030 el 60% de la población global residirá en áreas urbanas (UN, 2018). En cuanto a la tendencia de aumento de la urbanización a nivel mundial, Uruguay no es la excepción. Según el último censo poblacional, el 92% de los habitantes del país viven en zonas urbanas (INE, 2011) y la tendencia de crecimiento de la población urbana, se mantiene en aumento en los últimos 35 años (INE, 2004). Este crecimiento urbano se concentra especialmente en zonas costeras y en ausencia de planes de ordenamiento territorial, actúa en detrimento de la calidad ambiental de la zona (EGUINO & ADLER, 2009; CALVO, 2011; CASTIÑEIRA et al., 2013).

El aumento de la urbanización es un proceso complejo, que induce alteraciones significativas en las dinámicas ecosistémicas debido al cambio en la cobertura de suelos y a la necesidad de provisión a las poblaciones que las habitan (GRIMM et al., 2008, HAMER & MCDONNELL, 2008; ELMQVIST et al., 2013). Dentro de estas consecuencias se destacan los impactos directos sobre la estructura y función de los sistemas biológicos (i.e. pérdida de hábitat, fragmentación y aislamiento) y los indirectos, tales como alteraciones en ciclos biogeoquímicos, en temperatura y variabilidad de precipitaciones (GRIMM et al., 2008). Mientras que las consecuencias antes mencionadas han sido identificadas tempranamente y están actualmente bien reportadas, otras han sido foco de reconocimiento y análisis sólo recientemente. En particular, el aumento de contaminación lumínica y sonora (HÖLKER et al., 2010a; FRANCIS & BARBER, 2013; GASTON et al., 2013).

Se conoce como contaminación lumínica a las emisiones excesivas de luz nocturna artificial (ALAN, “artificial light at night”) que alteran el paisaje nocturno e impactan negativamente sobre la salud humana, la economía, la cultura y la biodiversidad (HÖLKER et al., 2010a; 2010b; KIGHT & SWADDLE, 2011, FALCHI et al., 2016; JÄGERBRAND & SPOELSTRA, 2023). Las emisiones de luz nocturna artificial han ido históricamente en aumento y la tendencia se mantiene (KYBA et al., 2017; SÁNCHEZ DE MIGUEL et al., 2021) Se estima que la visibilidad de las estrellas ha disminuido por el aumento del brillo del cielo nocturno en casi un 10% anual durante la última década (KYBA et al., 2023). En relación a la biodiversidad, el aumento de contaminación lumínica se asocia a una fuerte disminución de insectos diurnos y nocturnos, a la desorientación de aves migratorias, peces y tortugas marinas, y a la disminución de tiempo disponible para forrajeo y para búsqueda de pareja en roedores, anfibios y reptiles (HÖLKER et al., 2010b; GASTON et al., 2013; GRUBISIC et al., 2018; BOYES et al., 2021; JÄGERBRAND & SPOELSTRA, 2023). En tanto, se considera contaminación sonora a los ruidos residuales a actividades humanas (e.g. transporte, industria, recreación) capaces de alterar las propiedades espectrales y temporales del paisaje sonoro natural (BARBER et al., 2010; PIJANOWSKI et al.,

2011). Se ha documentado que a consecuencia de la contaminación sonora, aves, primates cetáceos y roedores modifican las frecuencias, intensidades y ritmos de sus vocalizaciones para reducir los efectos de enmascaramiento del ruido (BARBER et al., 2010; PIJANOWSKI et al., 2011). Es esperable que estos impactos repercutan sobre niveles de organización superiores, promoviendo cambios en los ecosistemas debido a la interferencia y enmascaramiento de la información visual y acústica entre los organismos (PIJANOWSKI et al., 2011; GASTON et al., 2013). La mayoría de los estudios que reportan consecuencias del avance de la urbanización se centran en la respuesta de los organismos a cambios en el uso del espacio. Sin embargo, la urbanización también afecta el uso de la dimensión temporal. En particular, la luz nocturna artificial podría afectar la fisiología y los patrones temporales de actividad de microorganismos, insectos, reptiles, aves y mamíferos, mientras que la contaminación sonora podría también promover la nocturnidad de algunas especies de aves diurnas (DOMINONI et al., 2013; SANDERS et al., 2021).

El abordaje de estos tipos de contaminación se ha estudiado principalmente a nivel de individuos o poblaciones y escasamente a nivel comunitario (HALFWERK & SLABBEKOORN, 2015; FENOGLIO et al., 2021). La importancia de atender los efectos a niveles de organización superiores radica en que la función de los ecosistemas depende del arreglo de especies que los conforman (LEVIN, 2009; SANDERS et al., 2021). Se ha reportado que la composición de comunidades de invertebrados es afectada por la contaminación lumínica debido al aumento de las interacciones tróficas y por el reemplazo de las especies sensibles a la luz (DAVIES et al., 2012; SANDERS et al., 2021). Aún no está claro cómo esto incide sobre las funciones ecosistémicas y comprenderlo es especialmente relevante para dimensionar el alcance del problema y diseñar medidas de gestión acordes (DAVIES et al., 2012; SANDERS et al., 2021). Así mismo, es necesario considerar que las comunidades biológicas están sometidas a múltiples presiones de origen antropogénico de forma simultánea. El estudio de las posibles interacciones tampoco está extendido. La mayoría de las investigaciones sobre el tema se centran en un único factor, y en caso de considerar múltiples factores se hace de forma independiente (HALFWERK & SLABBEKOORN, 2015). Esto implica que, de existir interacciones entre presiones (sean antagónicas, sinérgicas o aditivas), el abordaje aislado estaría sugiriendo resultados incorrectos (HALFWERK & SLABBEKOORN, 2015; MCMAHON et al., 2017). Los escasos trabajos que consideran la contaminación lumínica y sonora conjuntamente, muestran que existe correlación de las variables (MCMAHON et al., 2017). Esta correlación puede ser negativa o positiva, dependiendo del área de estudio y el momento del día (MCMAHON et al., 2017). Mientras otras presiones antropogénicas sobre la biodiversidad son actualmente objeto de marcos regulatorios complejos (i.e contaminación del aire y del agua, emisión de gases de efecto invernadero) el marco institucional y las regulaciones sobre contaminación lumínica y sonora son aún incipientes (HÖLKER et al., 2010b; FRANCIS & BARBER, 2013).

MARCO INSTITUCIONAL Y NORMATIVO SOBRE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Respecto al reconocimiento de la contaminación lumínica como una problemàtica a considerar, los astrónomos fueron los primeros en reportar efectos, ya que el aumento del brillo en el cielo y la disminución

de áreas oscuras dificulta la detección de objetos celestes desde la tierra (RIEGEL, 1973; HÖLKER et al., 2010a). En ese contexto se crearon las primeras instituciones abocadas a la protección de los cielos oscuros, como por ejemplo, Dark Sky (antes International Dark Sky Association. Así mismo, la Iniciativa de Astronomía y Patrimonio Mundial (Centro del Patrimonio Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) trabaja en colaboración con los Estados Parte y el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS)) y la iniciativa del Instituto Astrofísico de Canaria (IAC), junto con otras organizaciones, e impulsaron en 2007 la "I Conferencia Internacional Starlight". Allí surgieron los principios y recomendaciones documentados en la "Declaración sobre la Defensa del Cielo Nocturno y el Derecho a la Luz de las Estrellas" ("Declaración de La Palma, llamada también Declaración Starlight" 2007). Como consecuencia de esa conferencia, el IAC creó en 2009 la "Fundación Starlight", con el objetivo de promover la protección del cielo nocturno, difundir la astronomía, promover el turismo astronómico y extender el uso de luminarias inteligentes (IAU Commission on World Heritage and Astronomy, s. f.). Tanto Dark Sky como la Fundación Starlight, desarrollaron sistemas de certificación de áreas con cielos oscuros, bajo los que pueden certificarse los sitios con excelente calidad de cielo nocturno y en los que exista un compromiso de conservación y protección. Se busca reconocer y promover el cielo oscuro como parte del patrimonio natural, cultural, paisajístico y científico. Actualmente existen 15 Reservas Starlight en el mundo y más de 150 sitios con otros tipos de certificaciones de la Fundación. Existen también más de 130 áreas certificadas por IDA en el mundo. Ninguna de estas se ubica en Uruguay.

A nivel mundial, varios países han implementado mecanismos de regulación de la emisión de luz artificial nocturna, muchas de las cuales han sido impulsadas por instituciones no gubernamentales que abogan por la protección de los cielos nocturnos. En Estados Unidos existe normativa sobre contaminación lumínica en más de 20 Estados, (Proyecto EELabs s. f.) y la Comisión Europea menciona la necesidad de regular las emisiones de las fuentes de iluminación en su Directiva 2009/125/EC sobre Diseño Ecológico (EUR-Lex s. f.) Aún así, son los países miembros quienes deben establecer las condiciones específicas. Destacan las normativas de Francia, Croacia, únicas de alcance nacional. En España desde 1988 existe la Ley 31/1988, conocida como "Ley del Cielo" cuyo fin es preservar la calidad de cielo oscuro de los Observatorios del Instituto de Astrofísica de Canarias. Para esto, la ley regula la contaminación lumínica, radioeléctrica, atmosférica y las rutas aéreas (Instituto de Astrofísica de Canarias s. f., Proyecto EELabs s. f.). Así también, destacan las normativas regionales de Andalucía y Cataluña, quienes plantean una zonificación que divide el territorio en cuatro zonas, en función de la vulnerabilidad del paisaje nocturno a la contaminación lumínica, según lo recomendado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE). Se contempla especialmente la necesidad de mantener la iluminación nocturna artificial en áreas donde se desarrolla la vida humana, en tanto se resguardan otros sitios naturales. Otra de las experiencias que destaca es la de Berlín, donde rige una normativa que se centra en "proteger el medio ambiente, a las personas y a los animales". Para eso, se establece el tipo de luminaria que debe usarse en el alumbrado público en distintas zonas de la ciudad de acuerdo al contexto arquitectónico y paisajístico (e.g. escudos adecuados, alturas y estilos definidos) y para

cada ruta, de acuerdo al flujo de tránsito y velocidades máximas permitidas. También restringe la intensidad y color de luz nocturna artificial permitida. La reglamentación prohíbe la iluminación directa sobre cursos de agua y árboles, y restringe el tiempo en que pueden iluminarse edificios emblemáticos (generalmente hasta medianoche) (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2011).

En la región, destaca claramente la normativa de Chile, donde existe una reglamentación de la contaminación lumínica desde 1998, inicialmente para las regiones de importancia astronómica de Antofagasta, Atacama y Coquimbo y desde 2023 extendida a todo el territorio. El decreto nacional D.S.N°°1/2022 MMA busca evitar la emisión de luz hacia el cielo, regular el tipo de luminarias y carteles luminosos que pueden utilizarse. En esta ley, así como la de España, establece los límites según lo recomendado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), una organización técnica, científica y cultural, fundada en 1931 en Viena, que trabaja para generar estándares internacionales y metodologías de medición relacionados a la materia y que sirve de autoridad en materia de luz, iluminación y color (International Commission on Illumination s. f.).

En Argentina, desde el año 1968 se menciona en el Código Civil la necesidad de evitar la luminosidad que puede generar molestias pero no existe normativa que regule la contaminación lumínica salvo por algunas ordenanzas provinciales en sitios de interés astronómico, tales como San Juan y Mendoza y Salta (Ley N° 5771 de 1978, ordenanza N° 1298/2005 y Ordenanza Nº 15766 de la Municipalidad de la Ciudad de Salta “Ordenanza de uniformidad lumínica”, respectivamente). En Rosario, Santa Fé, se da el único caso en que se protege de la contaminación ambiental a una ciudad en la que no se ubica un observatorio (Ordenanza N°6939 en 2000).

MARCO INSTITUCIONAL Y NORMATIVO SOBRE CONTAMINACIÓN SONORA

Con relación a la contaminación sonora, y a diferencia del caso anterior, actualmente existen pocas instituciones no gubernamentales destacadas especialmente por abogar por la protección de sitios tranquilos. Aún así, se destacan algunos casos, y varias organizaciones gubernamentales desde las que se han impulsado experiencias de gestión e investigación en la temática. Tal es el caso de la Agencia Europea de Medio Ambiente, desde donde se regula la normativa vigente en conjunto con el Comité de Regulación de Ruido y desde donde se estableció un Grupo de Expertos en Ruido (European Commission, s. f.). Éste consiste en una selección de entidades públicas (e.g. ciudadanos afectados por el ruido, representantes de las industrias, tomadores de decisiones) que hayan manifestado interés de trabajar en la revisión de la norma vigente (EU Monitor s. f.). En Estados Unidos se destaca la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) desde donde se trabaja en pos de la regulación e investigación de la contaminación lumínica desde los años 70. La EPA y OMS han realizado recomendaciones sobre los niveles máximos de sonido amigables con la salud humana en diversas situaciones que han servido de insumo para distintas normativas a nivel mundial (Berglund et al. 2000, Environmental Protection Agency 1974). En Argentina, en tanto, se conformó en 2009 “Unidos por el Silencio”, una organización de vecinos de la Ciudad de Corrientes que se

congregan para llegar a los tomadores de decisiones y difundir los problemas asociados a la contaminación acústica. Han conseguido la promulgación de algunas ordenanzas en la provincia y realizado foros sobre contaminación acústica con expertos en la materia para difundir y concientizar (Unidos por el silencio s.f.).

A diferencia de la contaminación lumínica, la normativa relacionada a contaminación sonora, tanto a nivel mundial como regional es vasta y se implementa hace décadas. En Estados Unidos se creó en 1972 la Ley de Control de Ruido (Noise Control Act), que permanece vigente hasta la fecha. La EPA estuvo a cargo de su implementación hasta 1982 y desde entonces son los gobiernos locales y estatales quienes deben encargarse de fijar límites máximos y de la fiscalización (U.S. Environmental Protection Agency s. f.). También desde los años 70 existen en Europa límites a la emisión de ruidos para vehículos, maquinaria y electrodomésticos (European Environment Agency s. f) y desde la fundación de la Unión Europea en 1993 hay normativa que atiende la situación de la contaminación sonora. La normativa vigente (Directiva 2002/49/EC) no establece límites máximos permitidos ni medidas específicas, quedando eso a criterio de los gobiernos locales, pero sí establece lineamientos generales y objetivos comunes. Estos se detallan en el Libro Verde, publicado en el año 1996, con el fin de establecer un marco para la mitigación de la contaminación sonora, reconocida por las autoridades como una problemática urgente (Comisión de las Comunidades Europeas 1996). Se desarrolla también un programa de reducción de ruido para el cumplimiento de los objetivos y se implementa el uso de índices y metodologías comunes a toda la UE. Dentro de las medidas generales para la reducción del ruido ambiental se incluyen la reducción de emisiones de ruido de máquinas, motores y tráfico en general, la colocación de barreras entre las fuentes emisoras y la población afectada, la apropiada aislación en las construcciones y la obligatoriedad de realizar mapeos de contaminación sonora cada 5 años. Estos mapas sirven de insumo para la zonificación y el diseño de medidas de mitigación acordes. También se remarca la importancia de la correcta planificación territorial y la necesidad de educar y difundir sobre la problemática (Comisión de las Comunidades Europeas 1996).

En Argentina se menciona la necesidad de regular las molestias causadas por ruidos (y también por luminosidad) en el Código Civil desde el año 1968. Pero a diferencia de la contaminación lumínica, la contaminación sonora sí es atendida por diversas normas posteriores que establecen máximos permitidos, zonificación y la obligatoriedad del mapeo cada 5 años, tanto en la Ciudad de Buenos Aires como en las distintas provincias. La normativa está orientada a cumplir objetivos de desarrollo sustentable comunes a todo el territorio y para esto se establece un Sistema Federal Ambiental que coordina las distintas políticas ambientales. Han existido también varios proyectos de Ley con el fin de establecer límites a nivel nacional, que no han sido aprobados hasta el momento.

En un contexto de crecimiento urbano constante, reconocer a los cambios en el paisaje acústico y lumínico como componentes interrelacionados de un mismo fenómeno es clave para la regulación de sus efectos sobre la biodiversidad, el desarrollo de ciudades seguras y resilientes, y el uso sostenible de los servicios ecosistémicos (UN 2018, 2020). Esto aportará al diseño de medidas de gestión, haciendo que los

esfuerzos de conservación y preservación de hábitats naturales y de sus servicios asociados sean exitosos (MCKINNEY, 2002; GRIMM et al., 2008; HÖLKER et al. 2010ª; SANDERS et al., 2021).

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos; 1—buscar y analizar la normativa vigente y el marco institucional relativo a la contaminación lumínica y sonora en Uruguay, y 2—realizar aportes a la gestión de las problemáticas que surgen debido a la contaminación lumínica y sonora, identificando áreas de acción que aporten a la generación de conocimiento y desarrollo de medidas de gestión. Como especie, formamos parte del entramado que compone la biodiversidad actual y somos dependientes de los bienes y servicios que ésta nos brinda (Millennium Ecosystem Assessment 2005). La pérdida de diversidad implica una amenaza a nuestra capacidad de producción de energía, alimentos, materiales y servicios que sostienen la calidad de vida humana (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2000, KAYE et al., 2006; GRIMM et al., 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Abordaje Metodológico del Objetivo 1

Para cumplir con este objetivo se realizó una revisión de la normativa vigente a nivel nacional e internacional (a modo de referencias) en relación a las temáticas. Se recurrió al portal del Instituto Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales y para otros países, a los portales oficiales de los gobiernos y administraciones en cuestión. Se consultaron también los portales de distintos Ministerios e Intendencias Departamentales, del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y de otras instituciones vinculadas a las problemáticas (e.g. Observatorio Astronómico Los Molinos, Asociación de Afisionados a la Astronomía, Facultad de Ciencias, UTE). También se recurrió a informes realizados por académicos, por iniciativa propia o a pedido de diversas instituciones. A nivel mundial se analizó información de la Organización Mundial de la Salud, European Environment Agency, Environmental Protection Agency of the United States, Fundación Starlight y Dark Sky, entre otras. También se realizó búsqueda de palabras clave en Google, con la intención de conocer la información existente más allá de las publicaciones científicas y las noticias publicadas al respecto.

Abordaje Metodológico del Objetivo 2

En base a los resultados de las búsquedas realizadas para cumplir el objetivo 1 y búsqueda de antecedentes en la temática en las plataformas de acceso a publicaciones científicas Google Scholar (https://scholar.google.com/), Scopus (a través del portal Timbó, https://www-scopus-com.proxy.timbo.org.uy/) y SciELO (www.scielo.org/), se reconocieron líneas de trabajo hacia las que orientar esfuerzos de gestión. Las recomendaciones obtenidas se categorizaron según aspectos clave para el abordaje de la problemática; aspecto socio-cultural, aspecto institucional y normativo, y lo relativo a investigación.

RESULTADOS

Marco Institucional y Normativo Relativo a Contaminación Lumínica en Uruguay

En Uruguay, diversas instituciones trabajan en relación con la temática en Uruguay. Desde el Observatorio Astronómico Los Molinos (OALM) se realizan ocasionalmente mediciones de contaminación lumínica desde el año 1999. El OALM junto con la Sociedad Uruguaya de Astronomía (SUA) y el Planetario Municipal, han realizado campañas y muestras que acercan información relacionada a contaminación lumínica a la población en general y a los alumnos de educación primaria y secundaria en particular (Departamento de Astronomía IFFC 1999).

En 1999 el Departamento de Astronomía de la Facultad de Ciencias elabora un informe sobre el estado de situación de la contaminación lumínica en Uruguay. Éste tiene como antecedente un trabajo del Prof. Vicino en el que se relevan los sistemas de alumbrado público en Montevideo y se realizan sugerencias para su mejora (Vicino 1996). Allí se incluyen algunas recomendaciones, entre las que se destaca especialmente la del trabajo conjunto entre MVOTMA, MTOP y UTE, el apoyo a la investigación en temáticas relacionadas y la educación a la población sobre el correcto uso de la luz artificial (Departamento de Astronomía IFFC 1999). Más de 20 años después de dichas recomendaciones, los avances en la materia aún no son significativos.

En Uruguay no existe actualmente una normativa general que regule la emisión de luz artificial nocturna. A pesar de ello, hay una serie de antecedentes relevantes en el tema, como los documentos previamente mencionados del Dr. Vicino y del Departamento de Astronomía de la Facultad de Ciencias. Además, recientemente se comienza a hacer mención al problema de la contaminación lumínica en algunas publicaciones y planes de gestión a nivel nacional. Tales son los casos de la Estrategia Nacional “Hacia una iluminación eficiente y sostenible” elaborada por la Dirección Nacional de Energía del Ministerio de Energía y Minería y la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA y MIEMDNE 2013) y del Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015-2030 elaborado por la Dirección Nacional de Energía del Ministerio de Industria, Energía y Minería (2015). El primer documento se realizó en el marco de la iniciativa “En.lighten” de Naciones Unidas que tuvo como objetivo promover el cambio hacia iluminación energéticamente eficiente y la búsqueda de soluciones en torno al tratamiento de residuos de las lámparas que contienen mercurio. En el segundo, se destaca la necesidad de que el Gobierno Central impulse a los Gobiernos Departamentales encargados del alumbrado público (salvo en rutas nacionales, donde es competencia del Gobierno Central) a implementar sistemas de alumbrado que colaboren al ahorro energético y a trabajar en la georreferenciación de las redes de iluminación, entre otros aspectos.

En este mismo sentido, se han realizado avances por parte de la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM) y la Intendencia Departamental del Rocha (IDR). La IMM lleva adelante desde 2021 en conjunto con investigadores de la Facultad de Ciencias y el CURE (UdelaR) un monitoreo de impacto del alumbrado público en la ciudad y trabajan actualmente en la redacción de una normativa relacionada a contaminación lumínica. En tanto, la IDR está sometiendo a consideración el documento titulado “Propuesta

de marco normativo y zonificación para la protección del cielo oscuro natural en el departamento de Rocha" (expediente Nº 2024/2900) elaborado por el CURE (UdelaR) en conjunto con actores de la sociedad civil del departamento, interesados en el tema. Cabe mencionar también que en el Plan de Manejo del Parque Nacional Cabo Polonio, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas incluye por primera vez la minimización de la iluminación externa para la protección del cielo nocturno como una de las estrategias para un área protegida (SNAP, 2019). A pesar de eso, aún no existe documentación que defina límites máximos aceptados, ni pasos a seguir para la implementación de la estrategia. En resumen, en Uruguay no existe aún normativa asociada a la contaminación lumínica, aunque en los últimos años se reconoce la buena disposición de los tomadores de decisiones a considerar el tema, la disposición de investigadoras e investigadores a realizar aportes en el tema y el compromiso de distintos actores de la sociedad civil. Con todo esto, se espera lograr un marco regulatorio a la brevedad.

Marco Institucional y Normativo Relativo a Contaminación Sonora en Uruguay

En Uruguay existe normativa vigente que establece que es responsabilidad del Ministerio de Ambiente fijar objetivos relativos a calidad acústica, límites máximos de ruido permitido para las distintas emisiones de ruido y sancionar el incumplimiento de la Ley Nacional. En tanto, las Intendencias Departamentales son responsables de establecer zonas de protección acústica en su jurisdicción, así como de otorgar permisos para actividades emisoras de sonido y realizar el monitoreo. Pueden también fijar límites más estrictos a los nacionales si así lo consideran, y en tal caso deberán fiscalizar y sancionar el cumplimiento de la norma departamental que los determine.

En Montevideo, además, existe desde 2006 la Defensoría del Vecino, con el fin de actuar frente a las omisiones o malos procedimientos de la Administración Departamental, aportar al diseño y puesta en funcionamiento de políticas públicas y proteger los derechos humanos de los vecinos. Desde la Defensoría, se han realizado una serie de informes técnicos con relación a temas clave, dentro de los que se encuentra la contaminación sonora. Se estima que el 20% de los reclamos que se realizan en Montevideo ante la Defensoría son relativos a ruidos molestos (GONZALEZ, 2013). La información sistematizada y analizada en el informe son de gran valor para la gestión de la contaminación sonora en todo el país.

En relación a la normativa, en Uruguay existe regulación vigente que define, tanto a nivel nacional como departamental, los límites permitidos y las sanciones en caso de incumplimiento. La Ley N° 17.852 de "Prevención, vigilancia y corrección de la contaminación acústica" promulgada el día 24 de diciembre de 2004 detalla que "se entiende por ruido todo sonido que por su intensidad, duración o frecuencia, implique riesgo, molestia, perjuicio o daño para las personas, para otros seres vivos o para el ambiente o los que superen los niveles fijados por las normas". Otorga competencias al MVOTMA (actualmente corresponden al MA) para el establecimiento de los niveles de emisión permitidos, aunque deja a criterio de las autoridades departamentales o locales el establecimiento de niveles más restrictivos dentro de su jurisdicción, si así lo consideran.

Es preciso destacar que para todas las áreas protegidas que cuentan con plan de manejo, el SNAP incluye el control de emisión y producción de niveles de ruido que perturben el entorno como una de las medidas de protección. Aún así, no existe una regulación específica sobre los niveles de ruido permitidos en áreas de interés para la conservación, sino que queda sujeto a la regulación establecida por la Intendencia Departamental para todo el departamento en el que se inscriban (SNAP 2010, 2014, 2016a, 2016b, 2018, 2019).

DISCUSIÓN

Hacia un Abordaje Multidimensional

La contaminación sonora y lumínica son problemáticas ambientales complejas que inciden sobre aspectos fisiológicos, ecológicos y socioeconómicos de los sistemas (Fig. 1). En las últimas décadas las investigaciones sobre las consecuencias de la contaminación sonora (RICH & LONGCORE, 2006; HÖLKER et al., 2010a; GASTON 2019; GASTON et al., 2013; 2021; SANDERS et al., 2021) y lumínica (FRANCIS & BARBER 2013; DUMYAHN & PIJANOWSKI, 2011; KUNC & SCHMIDT, 2021) han ido en aumento y actualmente se encuentra disponible un buen cuerpo de literatura científica sobre estas temáticas. Aún así, muchos de los impactos que producen continúan siendo desconocidos.

Pese al creciente interés de la comunidad científica, que aporta evidencia en la que basar la toma de decisiones, la planificación de medidas de manejo de sistemas naturales complejos implica, necesariamente, lidiar con incertidumbres (YOE, 2012). La toma de medidas que permitan mantener áreas oscuras y libres de ruido antropogénico es urgente y se debe avanzar con la información disponible, abordando todos los aspectos que hacen a la problemática de forma integrada (HÖLKER et al., 2010a).

Si bien los abordajes que atienden las problemáticas relacionadas a contaminación sonora tienen en cuenta aspectos fisiológicos y socioeconómicos, la dimensión ecosistémica no ha sido central en el diseño de normativa salvo en excepciones. Comenzar a considerar esta dimensión de forma extendida es fundamental para la mitigación de impactos, ya que la evidencia muestra que las medidas que innovan en este sentido, considerando el paisaje sonoro como objeto de conservación en áreas protegidas, reportan grandes beneficios sobre la salud de los ecosistemas y los organismos que lo conforman, incluyendo por supuesto la salud humana (KUNC & SCHMIDT, 2021).

En cuanto a contaminación lumínica, los escasos intentos de mitigación se han centrado en la dimensión económica mediante la promoción del ahorro energético. Pero el desarrollo tecnológico de luminarias de bajo consumo ha desencadenado un “efecto rebote”. Por ser más económicas, se han instalado mayor número de luminarias, provocando un aumento sostenido de las emisiones de luz (KYBA et al., 2017). Asimismo, los sistemas lumínicos con menor consumo energético cambian la banda emitida, con efectos esperados pero poco analizados sobre la diversidad (BOYES et al., 2021).

La evidencia disponible ha permitido generar consensos respecto a ciertas medidas de manejo efectivas para la protección de áreas oscuras y libres de ruido que integran distintas dimensiones. Para el

caso de la contaminación lumínica, se propone la delimitación de áreas oscuras protegidas, el control del espectro, intensidad y duración de la emisión de luz artificial nocturna y la creación de corredores oscuros, entre otras (BENNIE et al., 2014; SCHROER & HÖLKER, 2017; STRAKA et al., 2019). En relación a la contaminación sonora, se propone la clasificación de paisajes acústicos de acuerdo a sus características, con el fin de identificar distintos objetos de conservación e implementar estrategias para su protección. Estas incluyen la regulación de las emisiones de ruido antropogénico y la implementación de barreras en torno a las fuentes emisoras de sonido (incluyendo cercos verdes) (DUMYAHN & PIJANOWSKI, 2011; LOKHANDEA et al., 2021).

No obstante, la implementación de estas medidas no es un asunto trivial y los abordajes simplistas no solucionan problemáticas ambientales complejas. Es necesario que el diseño de medidas integre distintas dimensiones (social, económica, fisiológica, ecosistémica) e involucre diversos actores (habitantes, conservacionistas, legisladores y científicos) (HÖLKER et al., 2010a). Hacia el desarrollo de medidas para la gestión, en el presente trabajo se definen tres líneas de acción posibles para abordar estos problemas: 1) aspectos socio-culturales; 2) aspectos institucionales y normativos; 3) investigación.

APORTES A LA GESTIÓN

Aspectos Socio-Culturales

Trabajar en la valorización de la noche oscura y el paisaje sonoro natural. Si bien sería un error despreciar las ventajas que la urbanización tiene en la calidad de vida de las personas, es preciso trabajar en reconocer y mitigar el aumento en la contaminación sonora y lumínica que inducen. En la búsqueda de la protección de los paisajes sonoros naturales y de la noche oscura, un aspecto fundamental es aportar a su valorización. En un contexto en que la sociedad valora estos aspectos, una gestión más efectiva de la problemática será posible. La noche oscura y el paisaje sonoro natural han significado mucho en la historia cultural de la humanidad. Nos conectan con la naturaleza, nos brinda información sobre el mundo que nos rodea y han sido históricamente fuentes de inspiración. Hacer hincapié en la importancia de estas conexiones podría ser la base para preservarlas (HÖLKER et al., 2010a; DUMYAHN & PIJANOWSKI, 2011; PIJANOWSKI et al., 2011; JIA et al., 2020).

La contaminación sonora ya se reconoce como un problema con el que la sociedad urbana convive y se ha trabajado en consecuencia. Aún así, queda trabajo por hacer para destacar el valor de los paisajes sonoros y la urgencia que tiene la protección de los ambientes naturales libres de ruido antropogénico. En este sentido, se propone avanzar sobre la experiencia previa del proyecto Paisaje Sonoro Uruguay de la Escuela Universitaria de Música de la Universidad de la República. El proyecto, que funcionó principalmente entre 2000 y 2002, tuvo por objetivo la documentación y análisis, y la educación y revalorización del paisaje sonoro mediante la realización de diversos encuentros, talleres y cursos sobre el tema. La educación se considera fundamental para elevar el grado de conciencia que las personas tienen sobre el paisaje sonoro, y

una herramienta clave para promover la acción consciente y responsable sobre el entorno sonoro cotidiano (Proyecto Paisaje Sonoro Uruguay s. f.).

Respecto a la contaminación lumínica, la comprensión social de esta problemática es todavía muy limitada. Para generar mayor comprensión, hay que tener en cuenta las razones históricas y socioculturales que nos han llevado al aumento sostenido de las emisiones de luz nocturna artificial. Se recomienda generar y difundir información que colabore a comprender que el aumento de luz nocturna artificial no garantiza, ni se relaciona directamente con mayor seguridad ciudadana o con menor siniestralidad en el tránsito (Kyba et al. 2015, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2011). Se propone difundir estrategias que minimicen las emisiones domésticas sin comprometer la calidad de vida humana, como promover la elección de luminaria adecuada (con escudos y con bajas emisiones de luz azul), en sitios indicados y durante períodos de tiempo reducidos (HÖLKER et al., 2010a; FALCHI et al., 2016).

Aspectos Institucionales y Normativos

Existen ciertos consensos respecto a qué medidas se deben adoptar para minimizar las problemáticas en cuestión. Para poder hacerlo, es fundamental tener un marco normativo que vele por mantener las emisiones dentro de un rango aceptable. Como se mencionó anteriormente, es necesario que el diseño de normativa involucre a diversos actores y sea un proceso multidisciplinario.

Identificar Organizaciones Junto a las que Trabajar en la Creación de Normativa

Varias de las normativas vigentes a nivel mundial en relación a la contaminación lumínica parten de instituciones no gubernamentales que abogan por el cuidado del cielo nocturno. Identificar, fortalecer y trabajar en conjunto con estas organizaciones en Uruguay puede ser un gran paso hacia la regulación de las emisiones. Entre estas, cabe destacar a la Asociación de Aficionados a la Astronomía y a iniciativas asociadas al astroturismo surgidas en la región Este.

Las leyes vigentes en España, Berlín y Chile pueden servir de ejemplo. Cuentan con detalles técnicos precisos y establecen límites de emisiones según lo recomendado por la CIE. Algunas de las medidas que se toman, tales como el ajuste del tiempo de encendido, direccionalidad e intensidad de los focos de alumbrado público, publicitario y decorativo, así como la restricción de ciertas emisiones espectrales en todos los anteriores no requieren grandes cambios estructurales para aplicarse. Otras, por el contrario, requieren de cambios tecnológicos e innovación, pese a lo cual se debe comenzar a trabajar en su desarrollo.

Si bien existe un marco normativo que regula la contaminación sonora, ésta continúa siendo una de las problemáticas más denunciadas por vecinos de Montevideo. En el documento elaborado a pedido de la Defensoría del Vecino (GONZALEZ, 2013) se plantean recomendaciones tales como un ajuste normativo, una clara definición de competencias, monitoreo, control, educación, difusión, etc. Se valoran especialmente los aportes generados por ese trabajo, ya que analiza la problemática a nivel nacional e internacional, hace una extensa revisión de la normativa internacional, presenta casos a usar de ejemplo y recomienda medidas de

gestión. Realizar un trabajo similar en cuanto a contaminación lumínica sería un gran avance para la gestión de la problemática y establecerá líneas de trabajo hacia las que orientar los esfuerzos.

Promover la Implementación de Protocolos Internos en Instituciones Clave

Se destaca también la necesidad de promover el desarrollo de protocolos internos, por ejemplo, en UTE y en el SNAP. En la primera, como empresa responsable del abastecimiento de energía eléctrica en el país, comprometida con una gestión amigable con el medio ambiente y alineada a los conceptos de sostenibilidad (de acuerdo a lo establecido en sus estatutos) se debe diseñar un protocolo de acción relativo a las emisiones de luz nocturna artificial. La empresa no cuenta con un protocolo para definir cómo evitar la contaminación lumínica en las instalaciones y las medidas a tomar se definen caso a caso. En el caso del SNAP, para consolidar el avance que significa el haber incluido la mitigación de contaminación lumínica como estrategia de conservación para el Parque Nacional Cabo Polonio, sería oportuno regular estos aspectos.

Creación de Mapas de Contaminación y Diseño de Corredores Oscuros y Libres de Ruido

La sistematización de información sobre el estado de situación es de inmensa utilidad para dimensionar el problema. La medición de contaminación lumínica y sonora en el espacio permitiría realizar una zonificación con la que establecer prioridades en la toma de medidas y analizar a largo plazo la eficacia de las mismas. La normativa vigente en Europa y Chile establecen la obligatoriedad del mapeo cada 5 años. En Uruguay, se han realizado mediciones de niveles de ruido por parte de la Intendencia de Montevideo en conjunto con la Facultad de Ingeniería (IMM 1999, Fundación Julio Ricaldoni 2021, MOSMO 2022) pero no existe un mapa de fácil acceso que organice la información recabada. En cuanto a contaminación lumínica, no existen tampoco mapas de fácil acceso, aunque algunas Intendencias (Canelones y Montevideo) cuentan con información pública sobre la ubicación y el tipo de alumbrado público existente. Contar con mapas de contaminación sonora y lumínica serviría de insumo para el diseño de corredores oscuros y libres de ruido antropogénico, que colaboren a mitigar el efecto de fragmentación del paisaje provocado por estas problemáticas (BENNIE et al., 2014; STRAKA et al., 2019).

Generación de Información para la Toma de Decisiones

En un mundo en el que las urbanizaciones crecen de forma sostenida, es fundamental que la comunidad científica genere conocimiento que colabore a entender la diversidad de impactos que estas tienen sobre las comunidades biológicas (MCKINNEY, 2002). La contaminación del aire y el agua, la fragmentación del paisaje y la variabilidad climática han sido prioridad para la investigación. La ecología nocturna y del paisaje sonoro son todavía campos emergentes. Si bien en las últimas décadas han cobrado importancia, estas problemáticas han sido históricamente relegadas por la cultura, la ciencia y las instituciones (HÖLKER et al., 2010a).

La urgencia de destinar esfuerzos a la investigación de sitios libres de ruido antropogénico y contaminación lumínica se debe a que los sitios indicados para hacerlo están desapareciendo rápidamente (GASTON, 2019). También a la necesidad de conocer las consecuencias que distintas intensidades de contaminación lumínica y sonora tienen sobre la estructura y función de las comunidades biológicas, y cómo esto interactúa con otras presiones antropogénicas (FRANCIS & BARBER, 2013; SANDERS et al., 2021). Esto colaboraría a la planificación de medidas de gestión acordes.

Evaluar la Relación entre Ambas Problemáticas

La contaminación sonora y lumínica como consecuencia del avance de la urbanización son problemáticas con varias características comunes. Debido a su similar dependencia de las actividades antrópicas es esperable que los gradientes de contaminación lumínica y sonora estén correlacionados en el paisaje. En zonas urbanas no es sencillo encontrar áreas con contaminación lumínica libres de ruido antropogénico, ni áreas ruidosas que permanezcan en la oscuridad, pudiendo existir una alta ocurrencia espacial de ambas. Tal como se expone en este trabajo, el abordaje conjunto no está extendido y es fundamental considerar las posibles interacciones para contar con información de calidad. Esto colaborará al diseño de medidas de gestión eficientes, que mitiguen los efectos negativos sobre la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados y colaboren al desarrollo de ciudades seguras y resilientes.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Matías Arim, por la orientación y por los aportes sustanciales en bibliografía y edición del manuscrito. A la Dra. Andrea Sosa, por la inclusión en los proyectos relacionados a IDR e IMM.

REFERÊNCIAS

BARBER, J. R.; CROOKS, K. R.; FRISTRUP, K. M. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. **Trends in Ecology and Evolution**, v.25, n.3, p.180–189, 2010. https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.08.002

BENNIE, J.; DAVIES, T.; INGER, R.; GASTON, K. Mapping artificial lightscapes for ecological studies. **Methods in Ecology and Evolution**, v.5, p.534-540, 2014. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12182

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H. New WHO Guidelines for community noise. **Noise and Vibration Worldwide**, v.31, n.4, p.24–29, 2000. https://doi.org/10.1260/0957456001497535

BOYES, D. H.; EVANS, D. M.; FOX, R.; PARSONS, M. S.; POCOCK, M. J. Street lighting has detrimental impacts on local insect populations. **Science Advances**, v.7, 2021. https://doi.org/10.1126/sciadv.abi8322

BRADSHAW, W. E.; HOLZAPFEL, C. M. Evolution of animal photoperiodism. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v.38, p.1–25, 2007. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110115

BUXTON, R. T.; PEARSON, A. L.; ALLOU, C.; FRISTRUP, K.; WITTEMYER. G. A synthesis of health benefits of natural sounds and their distribution in national parks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.118, 2021. https://doi.org/10.1073/pnas.2013097118

CADOTTE, M. W.; CARSCADDEN, K.; MIROTCHNICK, N. Beyond species: functional

diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of Applied Ecology**, v.48, n.5, p.1079-1087, 2011. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02048.x

CALVO, J. J. **Uruguay**: visión y escenarios demográficos al 2050. 2011

CANAVERO, A.; ARIM, M. Clues supporting photoperiod as the main determinant of seasonal variation in amphibian activity. **Journal of Natural History**, v.43, n.47–48, p.2975–2984, 2009. https://doi.org/10.1080/00222930903377539

CASTIÑEIRA, E.; FAGÚNDEZ, C.; COSTA, E.; CANAVERO, A. Composition and vegetation structure in a system of coastal dunes of the "de la Plata" river Uruguay: a comparison with Legrand's descriptions (1959). **Brazilian Journal of Botany**, v.36, p.9–23, 2013. https://doi.org/10.1007/s40415-013-0009-2

CASWELL, H. Community structure: a neutral model analysis. **Ecological Monographs**, v.46, n.3, p.327-354, 1976. https://doi.org/10.2307/1942257

CLASSEN-RODRÍGUEZ, L.; TINGHITELLA, R.; FOWLER-FINN, K. Anthropogenic noise affects insect and arachnid behavior thus changing interactions within and between species. **Current Opinion in Insect Science**, v.47, p.142-153, 2021. https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.06.005

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. **Política futura de lucha contra el ruido**. Libro verde de la Comisión Europea CCE 40. 1996

CRUTZEN, P. P. J. New directions: The growing urban heat and pollution 'island' effect: Impact on chemistry and climate. **Atmospheric Environment**, v.38, n.21, p.3539–3540, 2004

DAVIES, T. W.; BENNIE, J.; GASTON, K. J. Street lighting changes the composition of invertebrate communities. **Biology Letters**, v.8, n.5, p.764–767, 2012. https://doi.org/10.1098/rsbl.2012.0216

DEPARTAMENTO DE ASTRONOMÍA DEL INSTITUTO DE FÍSICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Contaminación lumínica (Light Pollution). 1999

DITMER, M. A.; STONER D C.; CARTER, N. H. Estimating the loss and fragmentation of dark environments in mammal ranges from light pollution. **Biological Conservation**, n.257, 2021. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109135

DINAMA MIEMDNE. Estrategia Nacional "Hacia una iluminación eficiente y sostenible." 2013. http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/

DOMINONI, D. M.; BORNIGER, J. C.; NELSON, R. J. Light at night clocks and health: From humans to wild organisms. **Biology Letters**, v.12, n.2, p.2–5, 2016. https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0015

DOMINONI, D.; QUETTING, M.; PARTECKE, J. Artificial light at night advances avian reproductive physiology. **Proceedings of the Royal Society B**, v.280, p.20123017, 2013. https://doi.org/10.1098/rspb.2012.3017

DONATELLO, S.; QUINTERO, R. R.; GAMA CALDAS, M.; WOLF, O.; VAN TICHELEN, P.; VAN HOOF, V.; GEERKEN, T. Revision of the EU Green public procurement criteria for road lighting and traffic signals. **Technical report and criteria proposal**. 2019. https://doi.org/10.2760/372897

DUMYAHN, S. L.; PIJANOWSKI, B. C. Soundscape conservation. **Landscape Ecology**, v.26, p.1327-1344, 2011. https://doi.org/10.1007/s10980-011-9635-x

DUNLAP, J. C.; LOROS, J. J.; DECOURSEY, P. (Eds.) **Chronobiology**: biological timekeeping. Sinauer Sunderland. 2004

EGUINO, H.; ADLER, V. **Desarrollo Urbano en Uruguay**: aportes para el diálogo sectorial. 2009. http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35380051

ELMQVIST, T.; FRAGKIAS, M.; GOODNESS, J.; GÜNERALP, B.; MARCOTULLIO, P. J.; MCDONALD, R. I.; PARNELL, S.; SCHWENIUS, M.; SENDSTAD, M.; SETO, K.; WILKINSON, C. (Eds.) **Urbanization biodiversity and ecosystem services**: Challenges and opportunities: A global assessment. Springer Nature. 2013. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_23

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Office of noise abatement and control**. Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety. 1974

EMERSON, K. J.; HOLZAPFEL, W. E. B. C. M. Concordance of the circadian clock with the environment is necessary to maximize fitness in natural populations. **Evolution**, v.62, n.4, p.979–

983, 2008. https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00324.x

EU MONITOR (sf) EU Monitor. Recuperado 20 de julio de 2021, de https://www.eumonitor.eu

EUR-LEX (sf) EUR-Lex. Recuperado 20 de julio de 2021, de https://eur-lex.europa.eu

EUROPEAN COMMISSION (sf) European Commission. Recuperado 20 de julio de 2021, de https://ec.europa.eu

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (sf) European Environment Agency. Recuperado 20 de julio de 2021, de https://www.eea.europa.eu

FALCHI, F.; CINZANO, P.; DURISCOE, D.; KYBA, C. C. M.; ELVIDGE, C. D.; BAUGH, K.; PORTNOV, B. A.; RYBNIKOVA, N. A.; FURGONI, R. The new world atlas of artificial night sky brightness. **Science Advances**, v.2, n.6, p.1–26, 2016. https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377

FARINA, A. **Soundscape ecology**: Principles patterns methods and applications. In Soundscape Ecology: Principles Patterns Methods and Applications v.9789400773, 2014. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7374-5

FARINA, A.; GAGE, S. H. (Eds.) **Ecoacoustics**: The ecological role of sounds. John Wiley and Sons. 2017

FENOGLIO, M. S.; CALVIÑO, A.; GONZÁLEZ, E.; SALVO, A.; VIDELA, M. Urbanisation drivers and underlying mechanisms of terrestrial insect diversity loss in cities. **Ecological Entomology**, v.46, n.4, p.757-771, 2021. https://doi.org/10.1111/een.13041

FOSTER, R. G.; KREITZMAN, L. **The rhythms of life**: the biological clocks that control the daily lives of every living thing. Profile Books. 2005

FRANCIS, C. D.; BARBER, J. R. A framework for understanding noise impacts on wildlife: An urgent conservation priority. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.11, n.6, p.305–313, 2013. https://doi.org/10.1890/120183

FUNDACIÓN RICALDONI Mapa acústico de 18 de Julio. Recuperado 15 de noviembre de 2021, de https://bit.ly/4dngivV

FUNDACIÓN STARLIGHT (sf) Fundación Starlight. Recuperado 20 de julio de 2021, de https://www.fundacionstarlight.org

GASTON, K. J. Nighttime ecology: the "nocturnal problem" revisited. **American Naturalist**, v.193, n.4, p.481–502, 2019. https://doi.org/10.1086/702250

GASTON, K. J.; BENNIE, J.; DAVIES, T. W.; HOPKINS, J. The ecological impacts of nighttime light pollution: A mechanistic appraisal. **Biological Reviews**, v.88, n.4, p.912–927, 2013. https://doi.org/10.1111/brv.12036

GASTON, K. J.; ACKERMANN, S.; BENNIE, J.; COX, D. T.; PHILLIPS, B. B.; SÁNCHEZ DE MIGUEL, A.; SANDERS, D. Pervasiveness of biological impacts of artificial light at night. **Integrative and Comparative Biology**, v.61, n.3, p.1098-1110, 2021. https://doi.org/10.1093/icb/icab145

GERHARDT, H. C. The evolution of vocalization in frogs and toads. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.25, p.293–324, 1994.

GIAVI, S.; FONTAINE, C.; KNOP, E. Impact of artificial light at night on diurnal plant-pollinator interactions. **Nature Communications**, v.12, n.1, p.8–12, 2021.

GRIMM, N. B.; FAETH, S. H.; GOLUBIEWSKI, N. E.; REDMAN, C. L.; WU, J.; BAI, X.; BRIGGS, J. M. Global change and the ecology of cities. **Science**, v.319, n.5864, p.756–760, 2008. https://doi.org/10.1126/science.1150195

GRUBISIC, M.; VAN GRUNSVEN, R. H. A.; KYBA, C.; MANFRIN, A.; HÖLKER, F. Insect declines and agroecosystems: does light pollution matter? **Annals of Applied Biology**, v.173, n.2, p.180–189, 2018. https://doi.org/10.1111/aab.12440

GONZALEZ, A. E. **Contaminación Sonora y Derechos Humanos**. Derechos Humanos en las Políticas Públicas. (Vol. 2) 2013.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; LOVEJOY T E; SEXTON, J. O.; AUSTIN, M. P.; COLLINS, C. D.; COOK, W. M.; DAMSCHEN, E. I.; EWERS, R. M.; FOSTER, B. L.; JENKINS, C. N.; KING, A. J.; LAURANCE, W. F.; LEVEY, D. J.; MARGULES, C. R.; MELBOURNE, B. A.; NICHOLLS, A. O.; ORROCK, J. L.; SONG, D. X.; TOWNSHEND, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v.1, 2015. https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052

HALFWERK, W.; JEREM, P. A systematic review of research investigating the combined ecological

impact of anthropogenic noise and artificial light at night. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v.9, p.1–8, 2021. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.765950

HALFWERK, W.; SLABBEKOORN, H. Pollution going multimodal: The complex impact of the human-altered sensory environment on animal perception and performance. **Biology Letters**, v.11, n.4, 2015. https://doi.org/10.1098/rsbl.2014.1051

HAMER, A. J.; MCDONNELL, M. J. Amphibian ecology and conservation in the urbanizing world: A review. **Biological Conservation**, v.141, n.10, p.2432–2449, 2008. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.020

HELM, B.; BEN-SHLOMO, R.; SHERIFF, M. J.; HUT, R. A.; FOSTER, R.; BARNES, B. M.; DOMINONI, D. Annual rhythms that underlie phenology: Biological time-keeping meets environmental change. **Proceedings of the Royal Society B**, v.280, n.1765, p. 20130016, 2013. https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0016

HOAG, H. How cities can beat the heat. **Nature**, v.524, p.402–404, 2015

HÖLKER, F.; MOSS, T.; GRIEFAHN, B.; KLOAS, W.; VOIGT, C. C.; HENCKEL, D.; HÄNEL, A.; KAPPELER, P. M.; VÖLKER, S.; SCHWOPE, A.; FRANKE, S.; UHRLANDT, D.; FISCHER, J.; KLENKE, R.; WOLTER, C.; TOCKNER, K. The dark side of light: A transdisciplinary research agenda for light pollution policy. **Ecology and Society**, v.15, n.4, 2010a. https://doi.org/10.5751/ES-03685-150413

HÖLKER, F.; WOLTER, C.; PERKIN, E. K.; TOCKNER, K. Light pollution as a biodiversity threat. **Trends in Ecology and Evolution**, v.25, n.12, p.681–682, 2010b. https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.09.007

IAU COMMISSION ON WORLD HERITAGE AND ASTRONOMY (sf) Recuperado 20 de julio de 2021, de http://www.astronomicalheritage.org

INTENDENCIA MUNICIPAL DE MONTEVIDEO (IMM) **Mapa Acústico de Montevideo**: Informe Final. Montevideo Uruguay. 1999

INE **Censo Fase I**. Total del país. Síntesis de resultados. Censo Fase I. 2004. www.ine.gub.uy

INE **Resultados del Censo de Población 2011**: población crecimiento y estructura por sexo y edad. 2011. www.ine.gub.uy

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (sf) Recuperado 20 de julio de 2021, de https://www.iac.es

INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION (sf) Recuperado 20 de julio de 2021, de https://cie.co.at/

INTERNATIONAL DARK SKY ASSOCIATION (2020) International Dark-Sky Association. https://www.darksky.org

IPBES Status and trends of biodiversity and ecosystem functions underpinning nature's benefit to people. 2018. September

IUCN **Wildlife in a Changing World**: An analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species. 2009

JAKLE, J. A. **City lights**: Illuminating the American night. John Hopkins University Press Baltimore Maryland USA. 2001

JÄGERBRAND, A. K.; SPOELSTRA, K. Effects of anthropogenic light on species and ecosystems. **Science**, v.380, n.6650, p.1125-1130, 2023. https://doi.org/10.1126/science.adg3173

JIA, Y.; MA, H.; KANG, J. Characteristics and evaluation of urban soundscapes worthy of preservation. **Journal of Environmental Management**, v.253, p.109722, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109722

JUNTA DE ANDALUCÍA (sf) Recuperado 20 de julio de 2021, de https://bit.ly/4fpXXjG

KAYE, J. P.; GROFFMAN, P. M.; GRIMM, N. B.; BAKER, L. A.; POUYAT, R. V. A distinct urban biogeochemistry? **Trends in Ecology and Evolution**, v.21, n.4, p.192–199, 2006. https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.12.006

KIGHT, C. R.; SWADDLE, J. P. How and why environmental noise impacts animals: An integrative mechanistic review. **Ecology Letters**, v.14, n.10, p.1052–1061, 2011. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01664.x

KRONFELD-SCHOR, N.; DAYAN, T. Partitioning of time as an ecological resource. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.34, p.153-181, 2003. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132435

KUNC, H. P.; SCHMIDT, R. Species sensitivities to a global pollutant: A meta-analysis on acoustic signals in response to anthropogenic noise. **Global Change Biology**, v.27, p.675-688, 2021. https://doi.org/10.1111/gcb.15428

KYBA, C. C. M.; KUESTER, T.; DE MIGUEL, A. S.; BAUGH, K.; JECHOW, A.; HÖLKER, F.; BENNIE, J.; ELVIDGE, C. D.; GASTON, K. J.; GUANTER, L. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. **Science Advances**, v.3, n.11, p.1–9, 2017. https://doi.org/10.1126/sciadv.1701528

KYBA, C. C. M.; ALTINTAS, Y. O.; WALKER, C. E.; NEWHOUSE, M. Citizen scientists report global rapid reductions in the visibility of stars from 2011 to 2022. **Science**, v.379, n.6629, p.265-268, 2023. https://doi.org/10.1126/science.abq7781

LEVENHAGEN, M. J.; MILLER, Z. D.; PETRELLI, A. R.; FERGUSON, L. A.; SHR, Y. H.; GOMES, D. G. E.; TAFF, B. D.; WHITE, C.; FRISTRUP, K.; MONZ, C.; MCCLURE, C. J. W.; NEWMAN, P.; FRANCIS, C. D.; BARBER, J. R. Ecosystem services enhanced through soundscape management link people and wildlife. **People and Nature**, v.3, n.1, p.176–189, 2021. https://doi.org/10.1002/pan3.10156

LEVIN, S. A.; CARPENTER, S. R.; GODFRAY, H. C. J.; KINZIG, A. P.; LOREAU, M.; LOSOS, J. B.; WALKER, B.; WILCOVE, D. S. (Eds.) **The Princeton guide to ecology**. Princeton University Press. 2012.

LEWANZIK, D.; VOIGT, C. C. Artificial light puts ecosystem services of frugivorous bats at risk. **Journal of Applied Ecology**, v.51, p.388-394, 2014. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12206

LOKHANDEA, S. K.; SAKHAREB, D. S.; DANGEA, S. S.; JAINA, M. C. A Short Review of Road Noise Barriers Focusing on Ecological Approaches. **International Journal of Engineering and Technology Sciences**, v.2021, p.1-17, 2021.

LONGCORE, T.; RODRÍGUEZ, A.; WITHERINGTON, B.; PENNIMAN, J. F.; HERF, L.; HERF, M. Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night. Journal of Experimental Zoology Part A: **Ecological and Integrative Physiology**, v.329, n.8-9, p.511-521, 2018. https://doi.org/10.1002/jez.2184

LYYTIMÄKI, J. Nature's nocturnal services: Light pollution as a non-recognised challenge for ecosystem services research and management. **Ecosystem Services**, v.3, p.e44-e48, 2013. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.12.001

MA MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT **Ecosystems and human well-being**: Biodiversity synthesis. World Resources Institute. Washington, DC. 2005

MACGREGOR, C. J.; POCOCK, M. J.; FOX, R.; EVANS, D. M. Effects of street lighting technologies on the success and quality of pollination in a nocturnally pollinated plant. **Ecosphere**, v.10, n.1, p.e02550, 2019. https://doi.org/10.1002/ecs2.2550

MCCANN, K. Protecting biostructure. **Nature**, v.446, n.7131, p.29, 2007. https://doi.org/10.1038/446029a

MCFADDEN, E.; JONES, M. E.; SCHOEMAKER, M. J.; ASHWORTH, A.; SWERDLOW, A. J. The relationship between obesity and exposure to light at night: Cross-sectional analyses of over 100,000 women in the breakthrough generations study. **American Journal of Epidemiology**, v.180, n.3, p.245–250, 2014. https://doi.org/10.1093/aje/kwu117

MCKINNEY, M. L. Urbanization biodiversity and conservation. **BioScience**, v.52, p.883–890, 2002.

MCKINNEY, M. L. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. **Urban Ecosystems**, v.11, n.2, p.161–176, 2008. https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4

MCMAHON, T. A.; ROHR, J. R.; BERNAL, X. E. Light and noise pollution interact to disrupt interspecific interactions. **Ecology**, v.98, n.5, p.1290–1299, 2017. https://doi.org/10.1002/ecy.1770

MEREDITH, J. **Sounds of the City**. Metrópolis Ciencia. Boston USA. 2008

MIEM **Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015-2030**. Ministerio de Industria Energía y Minería - Dirección Nacional de Energía, 2015. p.1–112. http://www.eficienciaenergetica.gub.uy

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being**: Synthesis. Island Press. Washington, DC. 2005.

MOSMO (sf) Montevideo Sound Monitoring. Recuperado 10 de marzo de 2022, de https://iie.fing.edu.uy/proyectos/mosmo/

MORIN, P. J. **Community Ecology**. 2nd edition. Blackwell. 2011, p.407.

MORLEY, E. L.; JONES, G.; RADFORD, A. N. The importance of invertebrates when considering the impacts of anthropogenic noise. **Proceedings of the Royal Society B**, v.281, n.1776, p.20132683, 2014. https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2683

NAEEM, S.; BUNKER, D. E.; HECTOR, A.; LOREAU, M.; PERRINGS, C. **Biodiversity ecosystem functioning and human wellbeing**: an ecological and economic perspective. Oxford University Press, 2009, p.372.

NUMATA, H.; HELM, B. (Eds.) **Annual lunar and tidal clocks**: Patterns and mechanisms of nature's enigmatic rhythms. Springer, 2014

ODUM, E. Relationships between structure and function in the ecosystem. **Japanese Journal of Ecology**, v.12, n.3, p.108-118, 1962. https://doi.org/10.18960/seitai.12.3_108

O'MEARA, M. **Reinventing Cities for People and the Planet**. Worldwatch Paper 147. Washington, DC: Worldwatch Institute, 1999, p.14–15.

PIJANOWSKI, B. C.; VILLANUEVA-RIVERA, L. J.; DUMYAHN, S. L.; FARINA, A.; KRAUSE, B. L. Soundscape ecology: The science of sound in the landscape. **BioScience**, v.61, n.3, p.203–216, 2011. https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.6

PROYECTO EELABS (sf) Recuperado 20 de julio de 2021, de https://www.eelabs.eu

PROYECTO PAISAJE SONORO URUGUAY (sf) Escuela Universitaria de Música - Estudio de Música Electroacústica. Recuperado 10 de marzo de 2022, de http://www.eumus.edu.uy/eme/ps/

RAJPUT, S.; NAITHANI, M.; MEENA, K.; RANA, S. Light pollution: hidden perils in light and links to cancer. **Sleep and Vigilance**, v.5, n.1, p.5–16, 2021. https://doi.org/10.1007/s41782-020-00123-3

RICE, W. L.; NEWMAN, P.; MILLER, Z. D.; TAFF, B. D. Protected areas and noise abatement: A spatial approach. Landscape and Urban Planning, v.194, p.103701, 2020. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103701

RICH, C.; LONGCORE, T. **Ecological consequences of artificial night lighting**. Island Press, 2006

RIEGEL, K. W. Light pollution: outdoor lighting is a growing threat to astronomy. **Science**, v.179, n.4080, p.1285-1291, 1973. https://doi.org/10.1126/science.179.4080.1285

RUETER, T. Home. Noise Free America: A Coalition to Promote Quiet. 2021. https://noisefree.org/

SÁNCHEZ DE MIGUEL, A.; BENNIE, J.; ROSENFELD, E.; DZURJAK, S.; GASTON, K. J. First estimation of global trends in nocturnal power emissions reveals acceleration of light pollution. **Remote Sensing**, v.13, n.16, p.3311, 2021. https://doi.org/10.3390/rs13163311

SANDERS, D.; FRAGO, E.; KEHOE, R.; PATTERSON, C.; GASTON, K. J. A meta-analysis of biological impacts of artificial light at night. **Nature Ecology and Evolution**, v.5, n.1, p.74–81, 2021. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022745

SCHROER, S.; HÖLKER, F. **Light pollution reduction**. Methods to reduce the environmental impact of artificial light at night. Handbook of Advanced Lighting Technology, Publisher: Springer, Cham, 2017, p.1–1185. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00176-0

SECONDI, J.; MONDY, N.; GIPPET, J. M. W.; TOUZOT, M.; GARDETTE, V.; GUILLARD, L.; LENGAGNE, T. Artificial light at night alters activity body mass and corticosterone level in a tropical anuran. **Behavioral Ecology**, v.32, n.5, p.932–940, 2021 https://doi.org/10.1093/beheco/arab044

SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY Sustaining Life on Earth: How the Convention on Biological Diversity Promotes Nature and Human Well-being. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2000.

SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT Stadtbild Berlin Lichtkonzept 77, 2011.

SHEM, W.; SHEPHERD, M. On the impact of urbanization on summertime thunderstorms in Atlanta: Two numerical model case studies. **Atmospheric Research**, v.92, n.2, p.172-1892009, 2009. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.09.013

SNAP **Plan de Manejo Paisaje Protegido Quebrada de los Cuervos**. 2010

SNAP **Plan De Manejo Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay**. 2014

SNAP **Plan de Manejo del Paisaje Protegido Laguna de Rocha**. 2016a

SNAP **Plan de Manejo Paisaje Protegido Valle del Lunarejo**. 2016b

SNAP **Plan de Manejo - Área de Manejo de Hábitats y/o Especies Cerro Verde e Islas de la Coronilla.** 2018

SNAP **Plan de Manejo Parque Nacional Cabo Polonio**. 2019

STEVENS, R. G. Light-at-night circadian disruption and breast cancer: Assessment of existing evidence. **International Journal of Epidemiology**, v.38, n.4, p.963–970, 2009. https://doi.org/10.1093/ije/dyp178

STRAKA, T. M.; WOLF, M.; GRAS, P.; BUCHHOLZ, S.; VOIGT, C. C. Tree cover mediates the effect of artificial light on urban bats. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v.7, n.91, 2019. https://doi.org/10.1093/biosci/biab087

SULLIVAN, S. M. P.; HOSSLER, K.; MEYER, L. A. Artificial lighting at night alters aquatic-riparian invertebrate food webs. **Ecological Applications**, v.29, n.1, p. e01821, 2019. https://doi.org/10.1002/eap.1821

TESSMAR-RAIBLE, K.; RAIBLE, F.; ARBOLEDA, E. Another place another timer: Marine species and the rhythms of life. **BioEssays**, v.33, n.3, p.165–172, 2011. https://doi.org/10.1002/bies.201000096

U S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (sf) Recuperado 20 de julio de 2021, de https://www.epa.gov

UNIDOS POR EL SILENCIO (sf) Recuperado 20 de julio de 2021, de http://unidosporsilencio.blogspot.com

UNITED NATIONS (UN) The Sustainable Development Goals Report 2020

UNITED NATIONS (UN) DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS (P D) The World's Cities in 2018 - Data Booklet. ST/ESA/SER.A/417, 34

UNITED NATIONS (UN) World urbanization prospects: The 2005 revision. New York: United Nations

VICINO, G. **Apuntes sobre el alumbrado público en Montevideo** 1996, p. 20.

YOE, C. **Introduction to natural resource planning**. 2012, p.400. https://doi.org/10.1201/b12909

ZHANG, M.; DU, H.; ZHOU, G.; MAO, F.; LI, X.; ZHOU, L.; ZHU, D.; YANXIN, X.; HUANG, Z. Spatiotemporal Patterns and Driving Force of Urbanization and Its Impact on Urban Ecology. **Remote Sensing**, v.22, p.520-526, 2022. https://doi.org/10.3390/rs14051160

ZIEGLER, L.; ARIM, M.; NARINS, P. M. Linking amphibian call structure to the environment: the interplay between phenotypic flexibility and individual attributes. **Behavioral Ecology**, v.22, p.520-526, 2011. https://doi.org/10.1093/beheco/arr011

ANEXOS

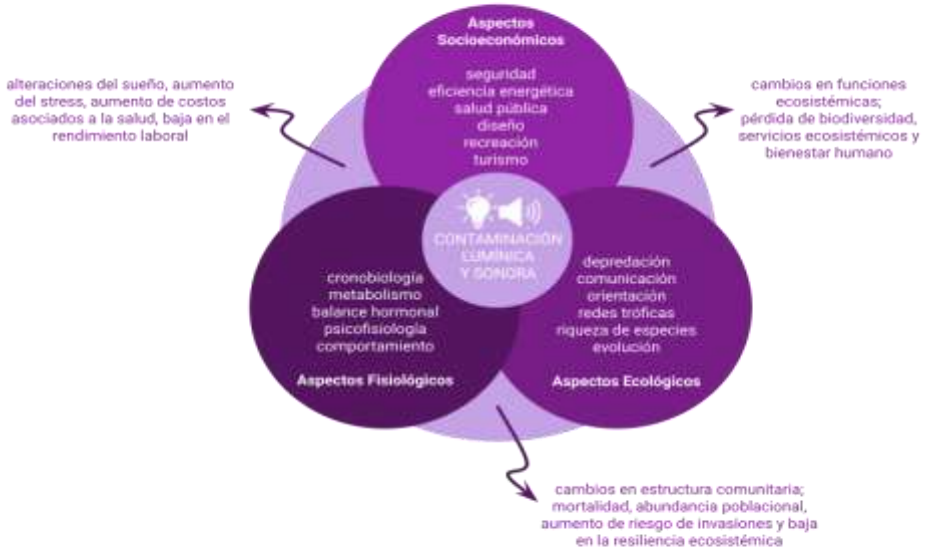


Figura 1: En el esquema se representan los impactos que pueden surgir de la interacción entre los efectos fisiológicos, ecológicos y socioeconómicos de la contaminación lumínica y la contaminación sonora como consecuencia del avance de la urbanización. Imagen adaptada de HÖLKER et al. (2010a, con aportes basados en DUMYAHN & PIJANOWSKI 2011, FRANCIS & BARBER 2013, BUXTON et al. 2021, SANDERS et al. 2021).

Figure 1: The diagram depicts the impacts that may arise from the interaction between the physiological, ecological, and socioeconomic effects of light and noise pollution due to advancing urbanization. Image adapted from HÖLKER et al. (2010a, with contributions based on UMYAHN & PIJANOWSKI 2011, FRANCIS & BARBER 2013, BUXTON et al. 2021, SANDERS et al. 2021)

Os **autores** detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A **CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03)** detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.