



GUÍA PARA UNA ILUMINACIÓN AMIGABLE CON AVES MARINAS EN CHILE



Esta guía fue elaborada en conjunto por ONG Oikonos, la Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile (ROC) y la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC) como un aporte técnico para disminuir el impacto de la contaminación lumínica sobre aves marinas en Chile.

AUTORES EN ORDEN ALFABÉTICO

Valentina Colodro Mailer
Héctor Gutiérrez Guzmán
Montserrat Lara Sutulov
Pedro Sanhueza
Rodrigo Silva Caballero
Ivo Tejada Millet

EDICIÓN

Montserrat Lara Sutulov

ILUSTRACIONES DE AVES

Daniel Martínez Piña, Museo Ediciones, contacto@museoediciones.cl

DISEÑO

Francisca Villalón Oliger

AÑO PUBLICACIÓN

2022

AGRADECIMIENTOS

A Charif Tala, Felipe Loaiza e Igor Valdebenito del Ministerio del Medio Ambiente por su detallada revisión de la guía que contribuyó a su mejora. A Frederick Toro y Pablo Garrido de ONG Panthalassa por su contribución al caso de estudio de Punta Choros. A Daniel Martínez Piña por las ilustraciones de aves marinas. A National Fish and Wildlife Foundation (NFWF) y American Bird Conservancy (ABC) por su financiamiento que hizo posible la realización de esta guía.

CITA SUGERIDA

Oikonos-ROC-OPCC (2022) Guía para una Iluminación Amigable con Aves Marinas en Chile.

INSCRIPCIÓN ISBN

978-956-09804-0-3

GUÍA ELABORADA POR



PATROCINADA POR



CON EL APOYO DE



CONTENIDO

Acrónimos y abreviaciones	4	6 PASOS PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE UN PROYECTO DE ILUMINACIÓN EN AVES MARINAS	32
Cómo usar esta guía	4	Paso 1. Caracterizar las aves marinas que podrían verse impactadas	34
Objetivos y alcance	4	Paso 2. Describir los objetivos de iluminación	35
A quién está dirigida	5	Paso 3. Evaluar impactos potenciales	36
Resumen de secciones	5	Paso 4. Diseñar un plan de iluminación	37
1 INTRODUCCIÓN	6	Paso 5. Evaluar y cuantificar impactos esperados	38
		Paso 6. Monitoreo y evaluación	39
2 CONTAMINACIÓN LUMÍNICA	8	7 PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO PARA ILUMINACIÓN EN ÁREAS AMBIENTALMENTE SENSIBLES	40
2.1 Definición y características	8		
2.2 Principales impactos	10	8 CASOS DE ESTUDIO	42
2.3 Esfuerzos internacionales para su mitigación	12	8.1 Isla Robinson Crusoe: trabajo colaborativo para disminuir el impacto de la contaminación lumínica	43
2.4 Situación en Chile	13	8.2 Punta de Choros: un pueblo costero volcado al ecoturismo	47
3 LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA Y LAS AVES MARINAS	14	8.3 Las minas de Salar Grande: un complejo industrial en medio de miles de nidos	49
		Referencias	52
4 CONTEXTO NORMATIVO EN CHILE	18	Glosario	53
4.1 Norma de emisión	19		
4.2 Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente	19		
4.3 Ordenanzas municipales	20		
4.4 Reglamentos de alumbrado público	20		
4.5 Planes de Recuperación Conservación y Gestión de Especies (RECOGE)	21		
5 PRINCIPIOS Y RECOMENDACIONES PARA UNA BUENA ILUMINACIÓN	22		
Principios	23		
Recomendaciones	25		

ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DOP	Dirección de Obras Portuarias
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
HM	Halogenuro Metálico
IDA	International Dark Sky Association
km	Kilómetro
LED	Diodo emisor de luz (por su sigla en inglés light emitting diode)
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MOP	Ministerio de Obras Públicas
nm	Nanómetro
ONG	Organización no Gubernamental
OPCC	Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile
ROC	Red de Observadores de Aves y Vida Silvestre de Chile
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SAP	Sodio de Alta Presión
SEIA	Sistema de evaluación de impacto ambiental
TCC	Temperatura de color correlacionada
W	Watt

CÓMO USAR ESTA GUÍA

Objetivos y alcance

Esta guía presenta orientaciones para evaluar si un proyecto puede generar impactos en aves marinas debido a su iluminación exterior y entrega un marco de soluciones para evitar o mitigar estos impactos. Las orientaciones son aplicables a todo tipo de proyectos que contengan iluminación exterior y que pudiesen afectar a aves marinas, sin importar su escala o tipología. Esto incluye, por ejemplo, proyectos de alumbrado público, instalaciones y faenas industriales con iluminación exterior, e iluminación de multicanchas. Estas recomendaciones son aplicables también a proyectos que ingresan al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

La guía tiene por alcance todo el territorio nacional, tanto continental como insular. Si bien se reconocen ciertos territorios críticos, a través de sus recomendaciones se busca aplicar un principio precautorio, dado que aún se sigue estudiando y descubriendo la ubicación de nuevas colonias de nidificación de aves marinas que podrían verse afectadas por la luminosidad artificial.

A quién está dirigida

La guía está dirigida a desarrolladores de proyectos, tanto públicos como privados, que contemplan iluminación exterior en alguna de sus etapas o instalaciones. Esta guía también está orientada a quienes, en sus diversos roles públicos y privados, deben evaluar o ser contrapartes de estos proyectos para velar por su correcto diseño e implementación. Asimismo, puede ser útil a profesionales que se desempeñan en servicios públicos que tienen injerencia sobre la planificación territorial en sus diferentes escalas, como municipios, gobiernos regionales y ministerios sectoriales.

El diseño de proyectos de iluminación amigables con aves marinas requiere de un enfoque y equipos profesionales interdisciplinarios, que integren perspectivas diversas como: i) las necesidades de iluminación del proyecto para cumplir con sus requerimientos de operación y seguridad; ii) los aspectos técnicos de las soluciones y tecnologías de iluminación disponibles; y iii) los aspectos biológicos de las especies potencialmente afectadas. En este sentido, si bien ciertos pasos y sugerencias de esta guía se vinculan con mayor fuerza a una de estas perspectivas, es importante que todo el equipo responsable se interiorice de estos contenidos y trabaje en conjunto para tomar mejores decisiones. Por otra parte, aun cuando esta guía presenta una serie de recomendaciones y soluciones, es recomendable que este equipo interdisciplinario de profesionales esté integrado o se haga asesorar por expertos en iluminación sustentable.

Resumen de secciones

La **Sección 1** es una breve introducción al problema de la contaminación lumínica y su contextualización en Chile.

La **Sección 2** caracteriza la contaminación lumínica, sus principales impactos y los esfuerzos internacionales y nacionales para su mitigación.

La **Sección 3** describe en detalle los impactos de la contaminación lumínica sobre las aves marinas con énfasis en las especies más ampliamente afectadas en Chile.

La **Sección 4** aborda el contexto normativo nacional en torno a la contaminación lumínica.

La **Sección 5** presenta los 5 principios para una buena iluminación y entrega recomendaciones detalladas para proyectos de iluminación, acompañadas de gráficas ilustrativas.

La **Sección 6** describe cómo realizar una evaluación de impactos potenciales de un proyecto de iluminación sobre aves marinas, basada en seis pasos.

La **Sección 7** presenta lineamientos generales para la planificación del territorio considerando una iluminación amigable con áreas ambientalmente sensibles para la biodiversidad.

La **Sección 8** describe cuatro casos de estudio reales —borde costero y población El Escocés en isla Robinson Crusoe, Punta Choros y las minas de salar Grande— donde se ponen en práctica los problemas, impactos y posibles soluciones a la contaminación lumínica descritos en las secciones anteriores.

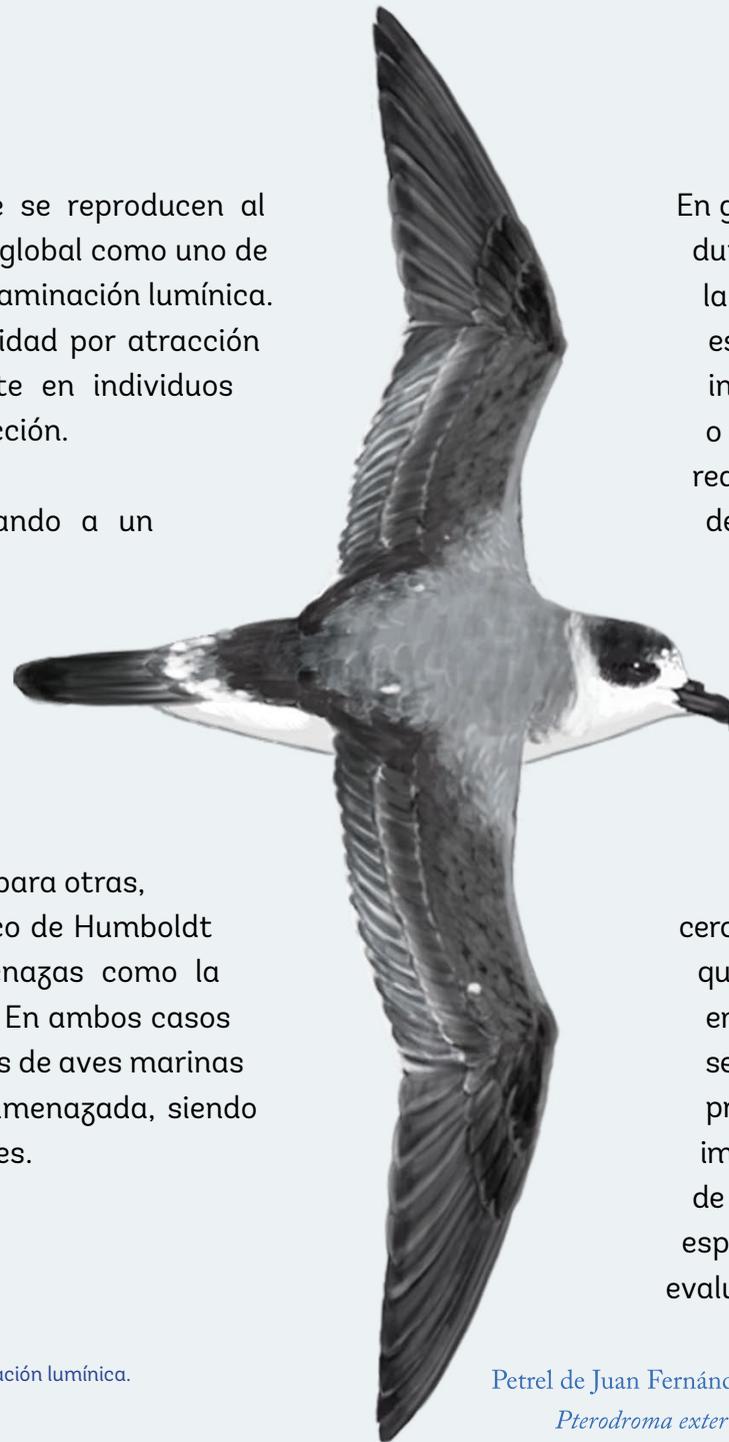
1. Introducción

A lo largo de millones de años, los seres vivos han evolucionado en un planeta caracterizado por las fases naturales del día y la noche. Así, una parte relevante de los ciclos biológicos de muchas especies requiere de un ambiente oscuro durante la noche, o iluminado solo por las estrellas y la luna. Sin embargo, a partir del siglo XX y especialmente en las últimas décadas, el aumento de la luz artificial ha alterado progresivamente estas condiciones naturales, afectando no solo cómo observamos el cielo nocturno, sino que múltiples aspectos de la biología y ecología de los seres vivos, incluyendo insectos, crustáceos, anfibios, aves y mamíferos, entre otros grupos.

Foto:
Cielo nocturno, desierto de
Atacama.
ESO/B. Tafreshi (twanight.org)

Las aves marinas, particularmente aquellas que se reproducen al interior de cavidades, han sido reconocidas a nivel global como uno de los grupos más severamente afectados por la contaminación lumínica. Las luces artificiales provocan eventos de mortalidad por atracción y desorientación, los que ocurren principalmente en individuos juveniles en zonas cercanas a los sitios de reproducción.

Esta situación también ocurre en Chile, afectando a un conjunto diverso de aves marinas que se reproducen a lo largo del país, desde el extremo norte hasta el sur, tanto en islas como en colonias tierra adentro. Para algunas especies, como la golondrina de mar negra (*Hydrobates markhami*), la contaminación lumínica es su principal amenaza, con episodios de caídas excepcionalmente graves; para otras, como la fardela blanca (*Ardenna creatopus*) o el yunco de Humboldt (*Pelecanoides garnotii*), se combina con otras amenazas como la pesca incidental y las especies exóticas invasoras. En ambos casos el resultado es que un grupo importante de especies de aves marinas se encuentra en una categoría de conservación amenazada, siendo una de sus causas el impacto de las luces artificiales.



Petrel de Juan Fernández
Pterodroma externa

En general, se trata de un fenómeno que ha crecido en magnitud durante los últimos años, en buena medida por la adopción de la tecnología de iluminación LED con un fuerte componente espectral azul, además de una serie de prácticas de iluminación inadecuadas, como la iluminación excesiva de espacios públicos o la iluminación con una misma intensidad en horarios con requerimientos distintos. Este problema se vincula a proyectos de distinto tipo, incluyendo alumbrado público de ciudades, carreteras, puertos, instalaciones industriales y faenas mineras, entre otros.

Si bien Chile cuenta con una normativa asociada a la contaminación lumínica¹, hasta el 2022 solo abarcaba las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, y su aplicación no ha resultado suficiente para evitar impactos en aves marinas, particularmente en zonas cercanas a sus colonias reproductivas. La nueva norma de emisión, que se espera entre en vigencia en 2023, es un avance importante en la materia. Sin embargo, para abordar este problema también se requiere de un enfoque práctico para el buen desarrollo de proyectos, con una adecuada comprensión y evaluación del impacto de la iluminación sobre las aves marinas y la elaboración de alternativas de diseño con iluminación apropiada. Esta guía espera ser un aporte en ese sentido, al entregar un marco de evaluación de esos impactos y soluciones prácticas.

1. Decreto Supremo 43. Norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica.
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1050704>

2. Contaminación lumínica

2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

La contaminación lumínica se genera por la introducción, directa o indirecta, de luz artificial en el medio ambiente asociada a la actividad humana. En nuestra legislación, la luminosidad artificial es definida como un contaminante², ya que su presencia en el ambiente —en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo— puede constituir un riesgo a la salud de las

personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

La contaminación lumínica está asociada al desperdicio o mala utilización de la luz artificial, ya sea porque no se ilumina el objetivo y por ello la luz se escapa o dispersa al horizonte o al cielo directamente; porque se ocupa en momentos innecesarios o en la cantidad innecesaria; o

porque se emite en un espectro no útil para la visión humana, pero que afecta a otros seres vivos o actividades como la observación astronómica. Todo lo anterior genera una alteración de la oscuridad natural de la noche, reduciendo o incluso haciendo desaparecer progresivamente la luz de los astros y generando impactos negativos sobre los seres vivos y la salud de las personas.

2. Ver Artículo 2°, Letra D), Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente
<http://bcn.cl/2f707>

Foto:
Vista nocturna de Iquique.
ROC

Las principales características de este contaminante son su **radiancia espectral** (o “color”), **distribución y niveles** (intensidad).

Por otra parte, las principales manifestaciones de la contaminación lumínica son (BirdLife Malta, 2020):

1. Dispersión hacia el cielo:

Ocurre cuando la luz artificial que se emite directamente hacia el cielo y la que se refleja hacia el cielo por el choque con alguna superficie o estructura, se desvía en todas direcciones al interactuar con las partículas de la atmósfera, generando un halo luminoso.

2. Intrusión lumínica:

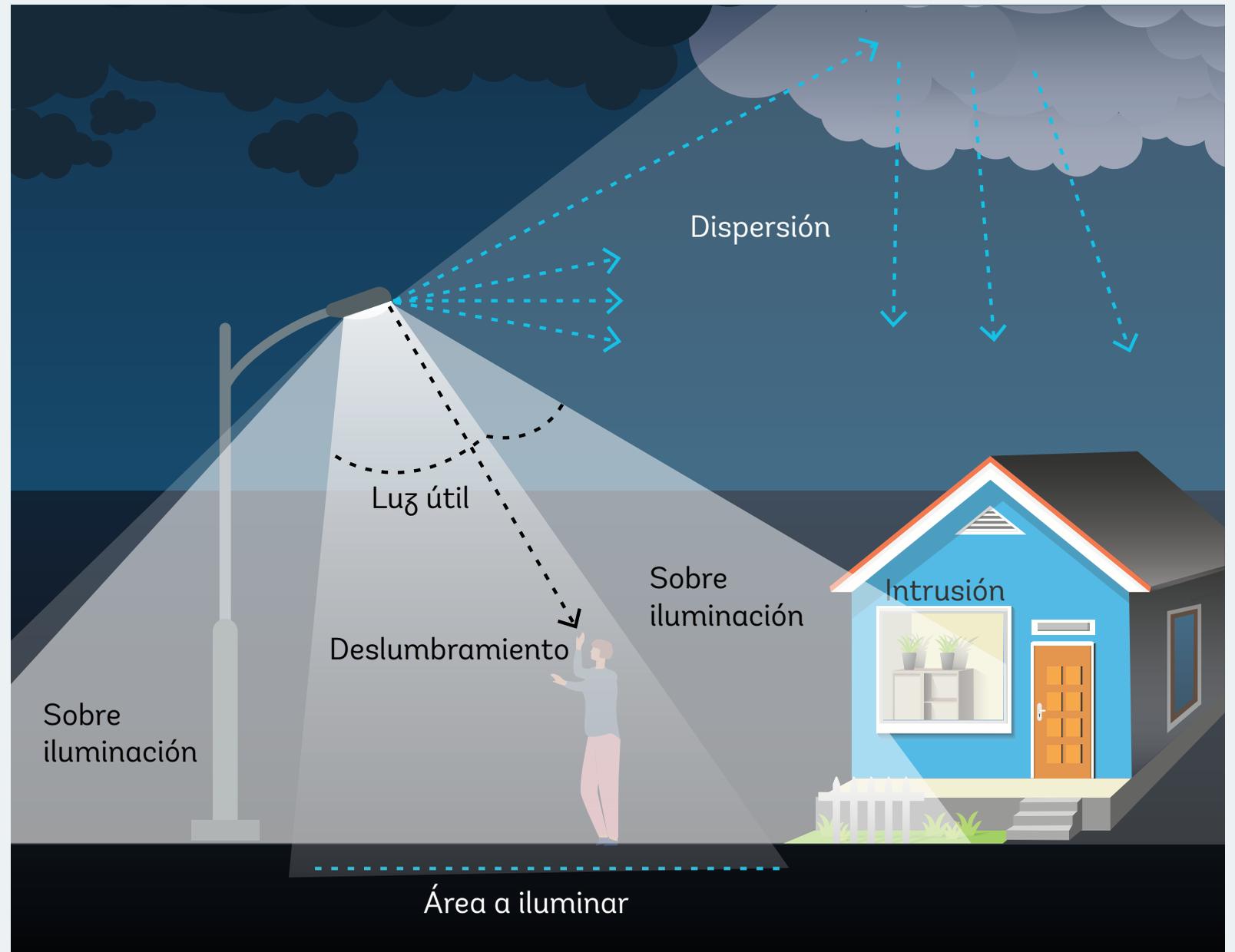
Es el ingreso de luz artificial a lugares donde no es requerida por un mal diseño de iluminación, como el ingreso de luz desde el alumbrado público al interior de viviendas y edificios, o a áreas ecológicamente sensibles.

3. Sobre iluminación:

Flujo luminoso excesivo, por sobre lo necesario para iluminar el objetivo.

4. Deslumbramiento:

Es la incomodidad visual que se genera cuando la luz de una fuente artificial incide directamente sobre el ojo, o como consecuencia de contrastes excesivos de luz, reduciendo la capacidad de distinguir entre diferentes niveles de brillo, provocando incluso la ceguera temporal.



2.2. PRINCIPALES IMPACTOS

La contaminación lumínica es un problema global que afecta especialmente a las zonas urbanas donde existe mayor cobertura de iluminación artificial. De acuerdo con los resultados del Atlas Mundial de la Contaminación Lumínica³, alrededor del 83% de la población mundial vive bajo cielos contaminados por la luz (Falchi et al., 2016). Esto genera múltiples impactos, sobre todo para la observación astronómica, la biodiversidad, la salud de las personas y el bienestar social, valorizados a nivel global en 7 mil millones de dólares anuales (Gallaway et al., 2010).

3. <https://cires.colorado.edu/artificial-sky>



Salud de las personas y bienestar social

La exposición a la luz artificial durante la noche tiene consecuencias para la fisiología humana. Esto se relaciona principalmente con la alteración en la producción de melatonina, hormona que se secreta durante la noche y que regula el ciclo de sueño/vigilia, y con la sincronización de los ritmos circadianos. Por ello la contaminación lumínica puede generar alteraciones en el sueño, afectando la salud mental y la calidad de vida de las personas. Otros impactos descritos son los accidentes por deslumbramiento en carreteras y el ingreso de luz artificial a las viviendas desde la iluminación exterior.

Por otra parte, la contaminación lumínica también genera impactos económicos por sobreconsumo y uso ineficiente de la energía para iluminar. Se estima que más del 30% de la energía utilizada para iluminación es desperdiciada al iluminar hacia arriba, sobre iluminar e iluminar superficies y sectores que no lo requieren (OPCC, 2020). Considerando que la iluminación representa el 15% del consumo mundial de energía y el 5% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global (Kimble et al., 2017), este desperdicio y costo para la sociedad resulta alarmante. Esto se relaciona también con la huella de carbono y nuestra contribución al cambio climático, ya que gran parte de la electricidad se produce por la quema de combustibles fósiles, por lo que la ineficiencia en la iluminación contribuye de manera negativa a este problema.



Observación astronómica

La contaminación lumínica disminuye la oscuridad de los cielos y con ello dificulta la observación astronómica, reduciendo la efectividad de los instrumentos ópticos. Por otra parte, muchas lámparas de exteriores emiten luz en el rango del espectro electromagnético que utilizan los observatorios, confundiendo las señales y generando ruido en las observaciones. Ante la presencia de líneas de emisión de fuentes de luz artificial, los observatorios requieren más tiempo de exposición para realizar espectroscopia de objetos tenues.

Este impacto resulta particularmente relevante en Chile, ya que concentra una parte importante de la capacidad global de observación astronómica, a través de diversos proyectos instalados y en construcción en el norte del país. Sin embargo, no solo impacta negativamente la observación para fines científicos, sino que también la calidad del cielo nocturno como un patrimonio cultural, afectando un elemento de importancia para distintas cosmovisiones, así como la forma en que la población general puede contemplar el cielo nocturno y los astros, por cuenta propia o participando de actividades de turismo astronómico que se desarrollan en nuestro país.



Biodiversidad

La luz regula los ritmos biológicos y fisiológicos de animales y plantas, por lo que la contaminación lumínica tiene impactos importantes en la biodiversidad, que han sido reconocidos en un creciente cuerpo de literatura académica a nivel internacional (Davies et al., 2013, Sanders et al., 2021). A nivel biológico, la luz artificial induce fuertes respuestas fisiológicas, patrones de actividad y rasgos de la historia de vida de los organismos. La contaminación lumínica afecta a organismos de muy diverso tipo, como insectos (contribuyendo a su disminución poblacional), plantas (con consecuencias negativas en su polinización y capacidad de fotosintetizar), murciélagos (cambiando hábitos y patrones de alimentación) y aves (desorientándolas en su desplazamiento).

En los animales, altera conductas como el sueño, la migración, la búsqueda de alimentos y la reproducción, que están determinadas por la duración de la noche. También aumenta la mortalidad en especies nocturnas por debilitamiento de la vista y exposición a depredadores (30% de los vertebrados y más del 60% de los invertebrados son nocturnos) (UNOOSA, 2020).



Foto:
Golondrinas de mar negra afectadas por luces artificiales.
Salar Grande, Región de Tarapacá. ROC

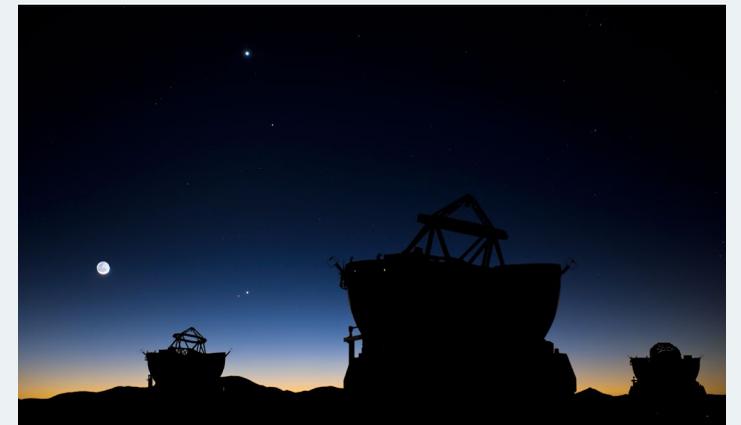


Foto:
Observatorio Paranal, Norte de Chile.
G.Hüdepohl (atacamaphoto.com)/ESO

2.3 ESFUERZOS INTERNACIONALES PARA SU MITIGACIÓN

Existen diversos esfuerzos internacionales para mitigar los impactos de la contaminación lumínica y promover los cielos nocturnos libres de contaminación, a través de la incorporación de mejores prácticas de iluminación. Entre los más destacados se encuentran la Declaración Mundial en Defensa del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas⁴ (La Palma España, 2017); la International Dark-Sky Association⁵ (IDA), que promueve iniciativas para proteger los cielos oscuros y ecosistemas en parques y áreas protegidas de todo el mundo; y la Fundación Starlight⁶ cuyo fin es la protección del cielo estrellado y la difusión de la astronomía, además de tener un sistema de certificación que acredita lugares que poseen una excelente calidad de cielo y que representan un ejemplo de protección y conservación.

Además de estos esfuerzos globales, algunos países han publicado guías con estándares y recomendaciones de buena iluminación, siguiendo criterios generales como iluminar solo cuando es necesario; de forma dirigida, con baja intensidad y de forma controlada; e incluyendo la reducción o evitación del componente del espectro azul en la iluminación, que se ha identificado como uno de los aspectos más problemáticos para las aves marinas. Algunos ejemplos recientes enfocados en los impactos sobre la biodiversidad son las guías publicadas por Australia (Commonwealth of Australia, 2020)⁷ para vida silvestre en general y por Malta (BirdLife Malta, 2020)⁸ con foco en aves marinas.

4. https://www.starlight2007.net/index_option_com_content_view_article_id_185_itemid_80_lang_es.html

5. <https://www.darksky.org/>

6. <https://www.fundacionstarlight.org/>

7. <https://www.awe.gov.au/environment/biodiversity/publications/national-light-pollution-guidelines-wildlife>

8. <https://birdlifemalta.org/wp-content/uploads/2020/07/Guidelines-for-Ecologically-Responsible-Lighting.pdf>

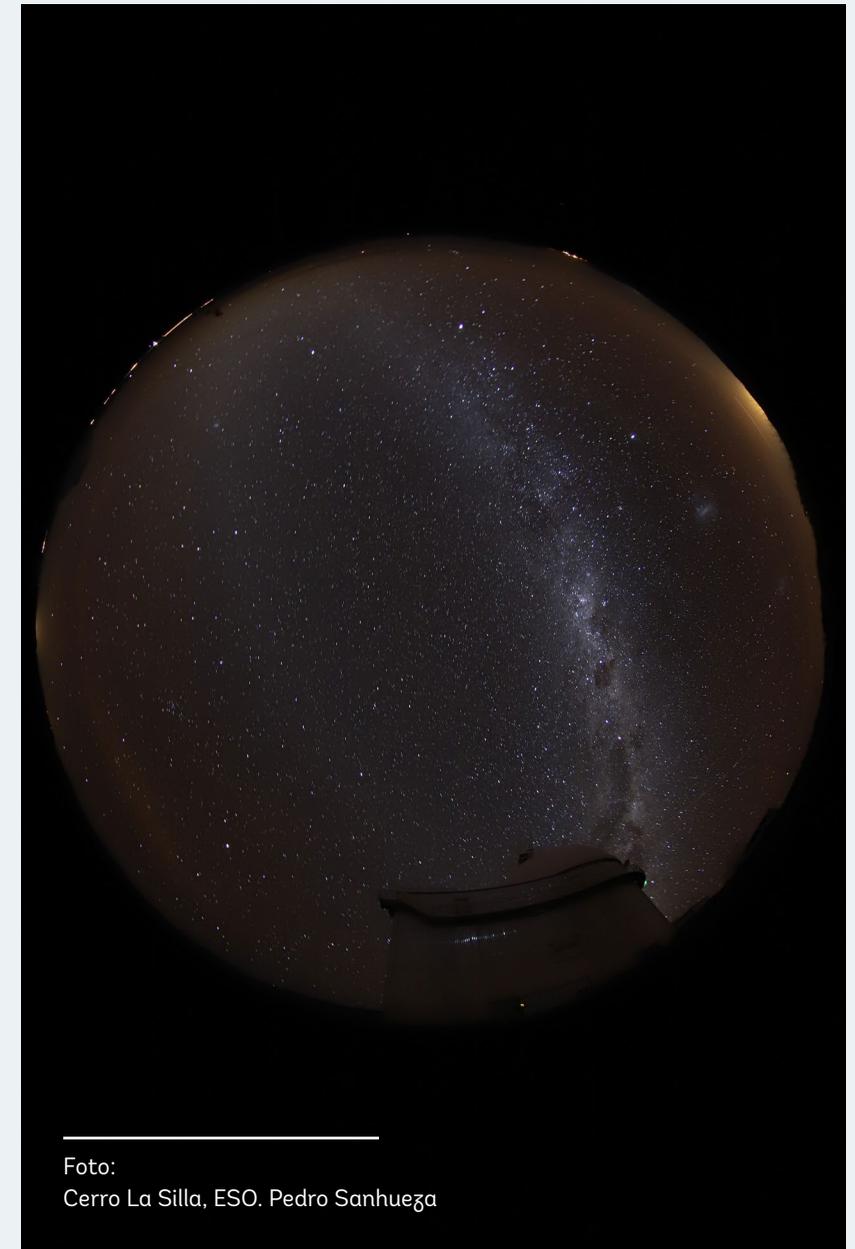


Foto:
Cerro La Silla, ESO. Pedro Sanhueza

2.4 SITUACIÓN EN CHILE

En Chile, la preocupación por la contaminación lumínica surgió a finales de la década de 1990, asociada al efecto sobre la calidad astronómica de los cielos nocturnos y el posicionamiento del país como polo de investigación astronómica a nivel mundial.

En ese contexto se publicó la primera norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica en 1998, dirigida a las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, con foco en la astronomía, siendo luego actualizada en 2012. De forma más reciente, una nueva actualización de la norma fue aprobada en 2022, incorporando los impactos sobre biodiversidad y salud de las personas, con aplicabilidad en todo el territorio nacional. Esta ampliación en el ámbito de aplicación de la normativa se relaciona con un mejor entendimiento de los impactos de la contaminación lumínica, basado en investigación desarrollada durante los últimos 20 años que ha relevado los impactos sobre biodiversidad y en particular sobre las aves marinas en islas y localidades costeras de Chile.

En respuesta a la preocupación por los impactos sobre la astronomía, el año 2000 se creó la Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile (OPCC), que ha desarrollado diversas líneas de trabajo para abordar el problema de la contaminación lumínica desde la sociedad civil. Por su parte, desde el sector público en 2018 se conformó una mesa de trabajo liderada por el Ministerio del Medio Ambiente para coordinar los organismos con competencia en la materia.

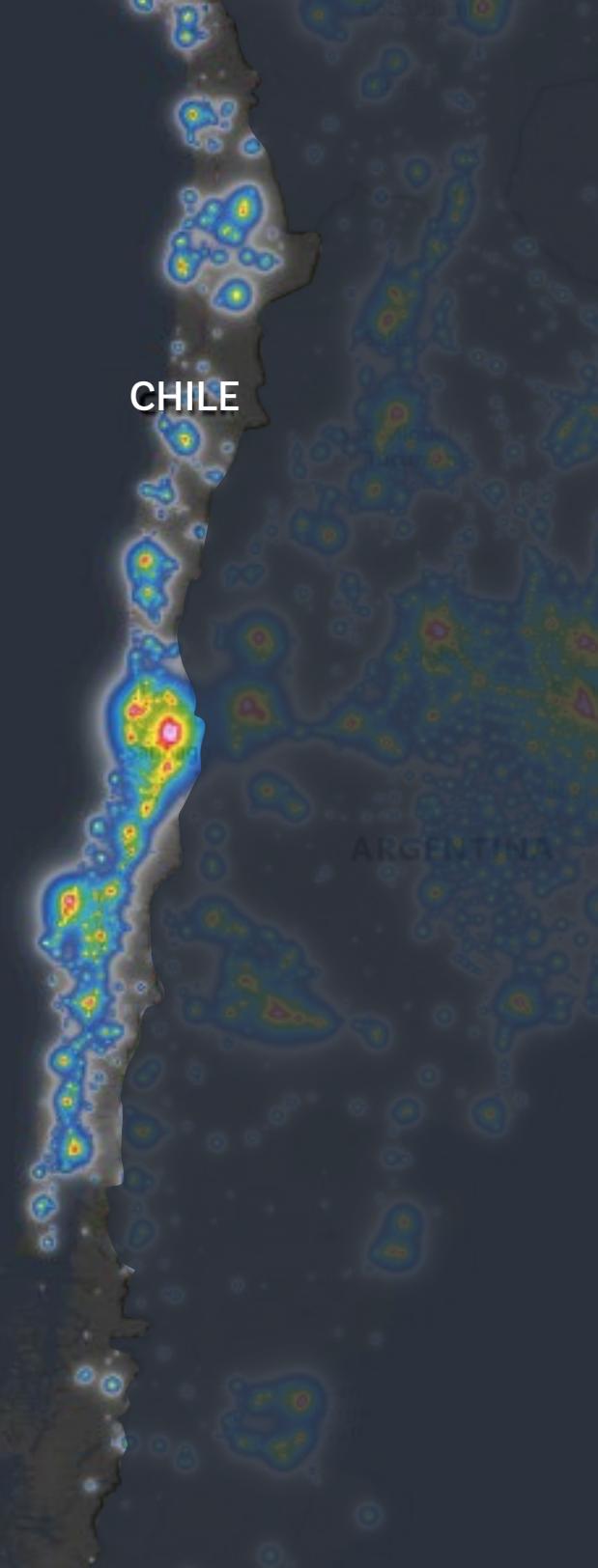
Pese a lo anterior, durante los últimos años el incremento de proyectos con alumbrado exterior y malas prácticas de iluminación han derivado en un aumento de la contaminación lumínica en Chile, incluso en regiones donde se ha aplicado la norma de emisión (Martínez et al., 2019). Por otra parte, a la fecha existen pocas experiencias de reducción de contaminación lumínica dirigidas a evitar el impacto sobre aves marinas, con algunos ejemplos en el Archipiélago Juan Fernández y otras más acotadas en el norte de Chile (ver detalles en Sección 8 Casos de Estudio).

Mapa de contaminación lumínica.

Fuente: Falchi et al. (2016) visualizado en www.lightpollutionmap.info



Intensidad de la contaminación lumínica



3. La contaminación lumínica y las aves marinas

La contaminación lumínica afecta a aves marinas en zonas costeras y mares de todo el mundo, involucrando a más de 60 especies y representando una importante amenaza para su conservación. Las especies afectadas son, en su mayoría, petreles y fardelas de las familias Oceanitidae, Hydrobatidae y Procellariidae, que realizan actividad reproductiva nocturna y poseen una sensibilidad mayor a las emisiones de longitud de onda más ampliamente utilizadas por los humanos para iluminación (menor a 500 nm).

De esta manera, cuando las aves se desplazan desde, hacia o en los sitios que utilizan para reproducirse, son atraídas por luminarias individuales o por el halo producido por un conjunto de ellas, tras lo cual caen o chocan. Como las luminarias suelen permanecer encendidas hasta el amanecer, las aves caídas durante la noche no tienen posibilidad de escapar de esta “trampa ecológica” y muchas mueren a causa de depredadores, atropellos o deshidratación.

Las causas de la atracción de ciertas aves marinas hacia la luz no están del todo claras, pero se ha hipotetizado que guarda relación con la alimentación (mediante la atracción hacia presas bioluminiscentes o a la luz como fuente de alimentación en especies que se desarrollan en oscuridad) o con las pistas que estas especies utilizan para orientar sus vuelos nocturnos.

Foto:
Golondrinas de mar negra afectadas por
contaminación lumínica. Salar Grande,
Región de Tarapacá.
ROC

Independiente de ello, un patrón que se repite tanto a nivel global como en Chile, es la afectación en mayor medida de juveniles (o volantones⁹), que tienen un desarrollo lento del sistema visual y que son especialmente susceptibles a la atracción por luces. Como la mayoría de las aves marinas forman colonias y poseen un calendario reproductivo definido, existen momentos del año en que las caídas de estas aves se concentran en determinadas áreas. Para estos territorios, las especies que se reproducen en su entorno y su calendario reproductivo definirán “temporadas de caídas”. Las caídas también varían según el ciclo lunar —ocurriendo más caídas en las noches oscuras cercanas a la luna nueva— y condiciones locales como los vientos fuertes hacia el interior y la niebla.

En Chile, al menos 17 especies de aves marinas se ven afectadas por la contaminación lumínica (Silva et al., 2020). Estas corresponden, en su mayoría, a petreles que nidifican en cavidades —como golondrinas de mar, yuncos y fardelas— en los cuales la afectación se relaciona con la reproducción. En una proporción menor, ocurre afectación de aves playeras que realizan desplazamientos nocturnos, en cuyo caso la afectación se relaciona con la migración.

9. Los volantones son individuos jóvenes de aves, que ya presentan plumas para realizar sus primeros vuelos, pero que no se encuentran completamente desarrollados. Se pueden reconocer fácilmente dado que mantienen sectores con plumón en el cuerpo (plumas muy suaves y grises, semejantes a pelo).

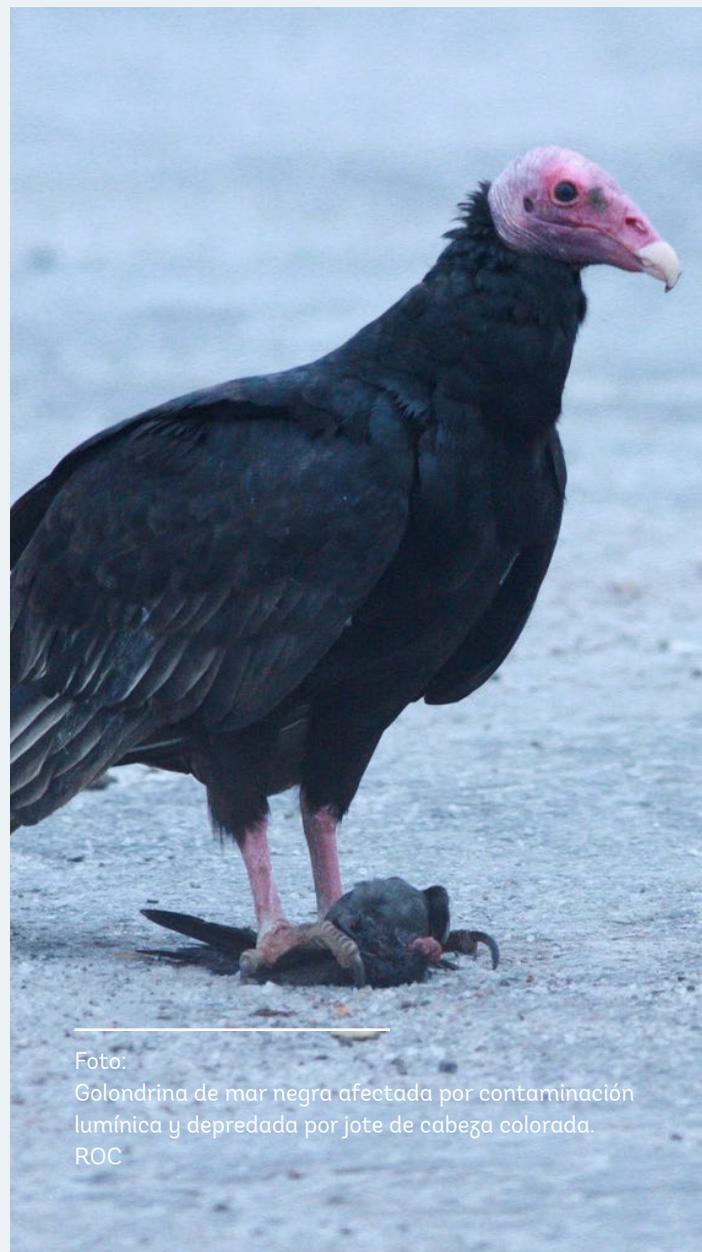


Foto:
Golondrina de mar negra afectada por contaminación lumínica y depredada por jote de cabeza colorada.
ROC



Foto:
Yuncos de Humboldt afectados por contaminación lumínica.
Punta de Choros, Región de Coquimbo.
Pablo Garrido

La afectación de aves marinas por contaminación lumínica se extiende por todo Chile, ocurriendo tanto en territorio continental como insular. En el territorio continental, puede ocurrir tanto en la zona costera como a decenas o incluso más de cien kilómetros hacia el interior. En todos los casos, el factor que parece decisivo es la cercanía y exposición de los sitios de nidificación a las fuentes de luz. En algunos territorios la iluminación artificial nocturna representa un importante problema de conservación que afecta a especies amenazadas, generando caídas recurrentes y con un alto número de ejemplares. Algunas zonas con estas características son las siguientes:

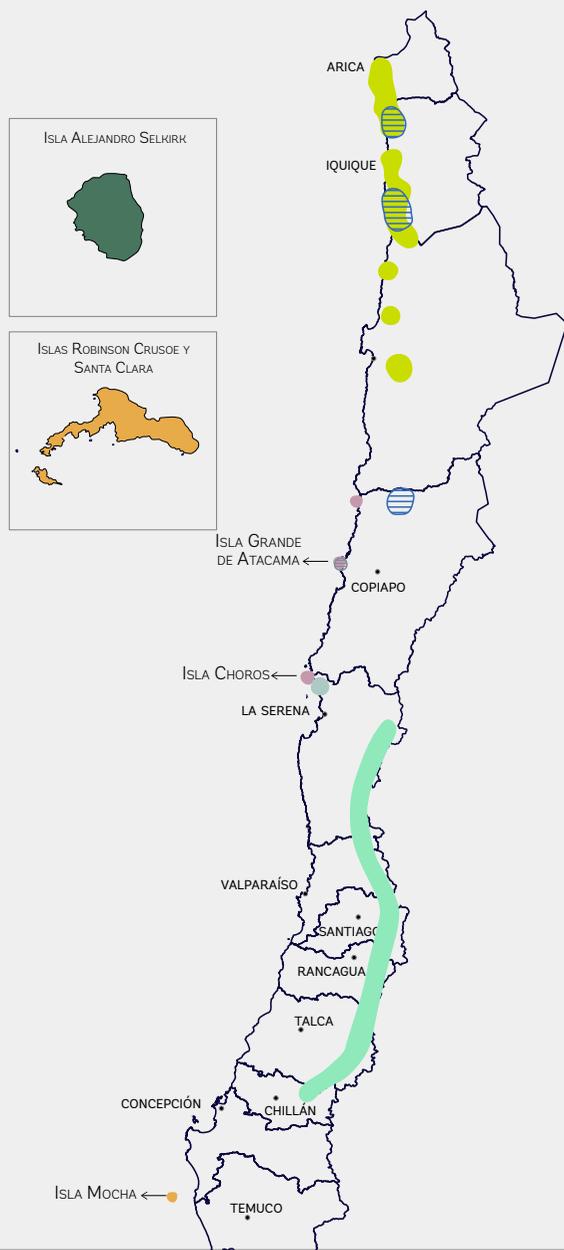
- Ciudades costeras, puertos y minas entre las regiones de Arica y Parinacota y Antofagasta, afectando a especies de golondrinas de mar como la negra y la de collar, entre otras.
- Pueblos costeros, faros y fuentes menores de luz dispersas en la costa de las regiones de Atacama y Coquimbo, afectando al yunco de Humboldt.
- Pueblos, caseríos e iluminación de calles en islas del Archipiélago Juan Fernández y Mocha, afectando a varias especies de petreles reproductores como la fardela blanca y el petrel de Juan Fernández.

Una vez que un ave ha caído el mejor manejo posible es el rescate. Sin embargo, el éxito de esta medida —proporción de juveniles rescatados y liberados que alcanzan la madurez sexual— es incierto y difícil de evaluar. Por esta razón, el manejo de la interacción entre aves marinas y luz artificial debe ser abordado principalmente desde la prevención.



Golondrina de mar de collar
Hydrobates hornbyi

ÁREA DE NIDIFICACIÓN REFERENCIAL



NIDIFICACIÓN Y AFECTACIÓN DE AVES IMPACTADAS POR CONTAMINACIÓN LUMÍNICA



Las áreas de nidificación son referenciales y probablemente incompletas, ya que no se conocen todos los sitios de reproducción para estas especies. Se debe considerar que la afectación por contaminación lumínica puede ocurrir a grandes distancias de las áreas de nidificación. Para información espacial más detallada de áreas de reproducción de aves marinas en Chile revisar www.redobservadores.cl/avesmarinas. Las especies representadas son solo algunas de las mayormente afectadas por contaminación lumínica.



Leyenda

● Estado de conservación de acuerdo al RCE del Ministerio del Medio Ambiente.

Nivel de afectación anual referencial basado en Silva et al. (2020) y datos de los autores.

Una decena
Pocas decenas
Un centenar
Pocas centenas
Miles



Calendario de caídas basado en Silva et al. (2020) y datos de los autores.

4. Contexto normativo en Chile

An aerial night photograph of a mining site. The scene is dominated by the bright, focused beams of powerful spotlights illuminating a large area. In the center, a large piece of heavy machinery, possibly a truck or a loader, is visible, surrounded by other smaller vehicles and equipment. The ground appears to be a mix of dirt and gravel, with some structures or scaffolding visible in the background. The overall atmosphere is one of intense industrial activity in a dark environment.

El principal instrumento de regulación de la contaminación lumínica en Chile es la Norma de Emisión para la Regulación de la Contaminación Lumínica (o de luminosidad artificial generada por alumbrados exteriores), aunque también existen otras normativas que inciden en este ámbito y que se describen a continuación.

Foto:
Faena minera. Salar Grande,
Región de Tarapacá.
ROC

4.1 NORMA DE EMISIÓN

Este tipo de norma corresponde a un instrumento de Gestión Ambiental de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente ([Ley 19.300](#)) y tiene como objetivo establecer cantidades máximas permitidas para un contaminante (en este caso, la luminosidad artificial) desde cada fuente emisora, en un ámbito territorial determinado.

La norma de emisión de luminosidad artificial vigente al 2022 data del año 2012 ([DS 43 del MMA](#)), y establece limitaciones para el alumbrado de exteriores entre las regiones de Antofagasta y Coquimbo, con énfasis en la calidad de los cielos para la observación astronómica. Entre los aspectos que incorpora el DS 43, destacan:

- a. La restricción a la iluminación en un ángulo igual o mayor a 90°.
- b. Límite de emisión de radiancia espectral, restringiendo la cantidad de luz en los rangos ultravioleta cercano, azul visible a infrarrojo cercano, emitida por el alumbrado de exteriores.

c. El límite de emisión por reflexión sobre la calzada.

d. El límite de emisión de luminancia y orientación en avisos y letreros luminosos.

En abril de 2019 se inició la revisión de esta norma¹⁰, con miras a incorporar la biodiversidad como objeto de protección, extender la aplicación de la norma a todo el territorio nacional y establecer mayores restricciones a las previamente definidas. Entre los principales cambios destacan mayores limitaciones en el espectro azul de la radiancia espectral (disminuyendo a 7%), así como el reconocimiento de áreas de protección especial —en las que estos límites son aún más exigentes disminuyendo a un 1%— que incluyen zonas de reproducción y tránsito de aves marinas que se ven afectadas por luces artificiales. La nueva norma fue aprobada en 2022 y debería entrar en vigencia en 2023, contando con distintos plazos para su cumplimiento.

4.2 LEY SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE

En 2019, a través de la [Ley 21.162](#), se realizó una modificación a la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente para agregar la luminosidad artificial explícitamente como un “contaminante” y definir las “áreas con valor para la observación astronómica con fines de investigación científica” como localidades en las que un proyecto que requiere ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) debe hacerlo a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) si, ubicándose en o próximo a dicha área, es susceptible de afectarla. Una vez que estas áreas sean delimitadas, respecto de la contaminación lumínica el EIA de un proyecto deberá incluir una adecuada descripción de la línea de base, la predicción y evaluación del impacto ambiental, las medidas que se adoptarán para eliminar o minimizar los efectos adversos y un plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al EIA.

10. Ver expediente de revisión en:

https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=935533

4.3 ORDENANZAS MUNICIPALES

Algunos municipios, como Vicuña y Arica, han elaborado ordenanzas municipales¹¹ sobre contaminación lumínica o han incluido esta temática como parte de ordenanzas de medio ambiente. Algunos aspectos que pueden abordarse en esta normativa local son restricciones y medidas para una adecuada gestión del alumbrado público, así como exigencias para que aquellas obras que requieren autorización municipal presenten antecedentes sobre sus luminarias, incluyendo su justificación y certificación de cumplimiento de la norma de emisión. Esto usualmente está vinculado a incorporar facultades de inspección y control a funcionarios municipales, lo que facilita también el control del cumplimiento de la norma de emisión vigente.

Las ordenanzas también permiten incorporar formas innovadoras de abordar la contaminación lumínica. En el caso de Vicuña, se creó la Brigada de Cuidado de los Cielos integrada por funcionarios municipales y por voluntarios de la comunidad, los que realizan salidas a terreno fiscalizando instalaciones de alumbrado exterior dentro del territorio comunal.

11. Ver ordenanza de Vicuña en: <http://www.transparenciavicuna.cl/wp-content/uploads/2018/10/ORDENANZA-CIELOS-OSCUROS.pdf>

4.4 REGLAMENTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO

El Ministerio de Energía cuenta con reglamentos que establecen los requisitos mínimos aplicables al diseño, construcción, puesta en servicio, operación, mantenimiento y toda otra acción necesaria para el correcto funcionamiento del alumbrado público para la iluminación de vías de tránsito vehicular ([Decreto N° 2 de 2014](#)) y bienes nacionales de uso público destinados al tránsito peatonal ([Decreto N° 51 de 2015](#)).

En ambos reglamentos se establecen clases de alumbrado de acuerdo con los tipos de vías, definidas según características como el máximo de velocidad, vehículos por hora, peatones por hora, entre otras. Si bien estos reglamentos no están orientados a una reducción de la contaminación lumínica, su aplicación tiene implicancias en las características del alumbrado público, dado que se exigen mayores niveles de iluminación en aquellas vías con mayor tránsito (vehicular o peatonal). Durante 2021 se inició un proceso de actualización de estos reglamentos, el que se encuentra en curso al año 2022.

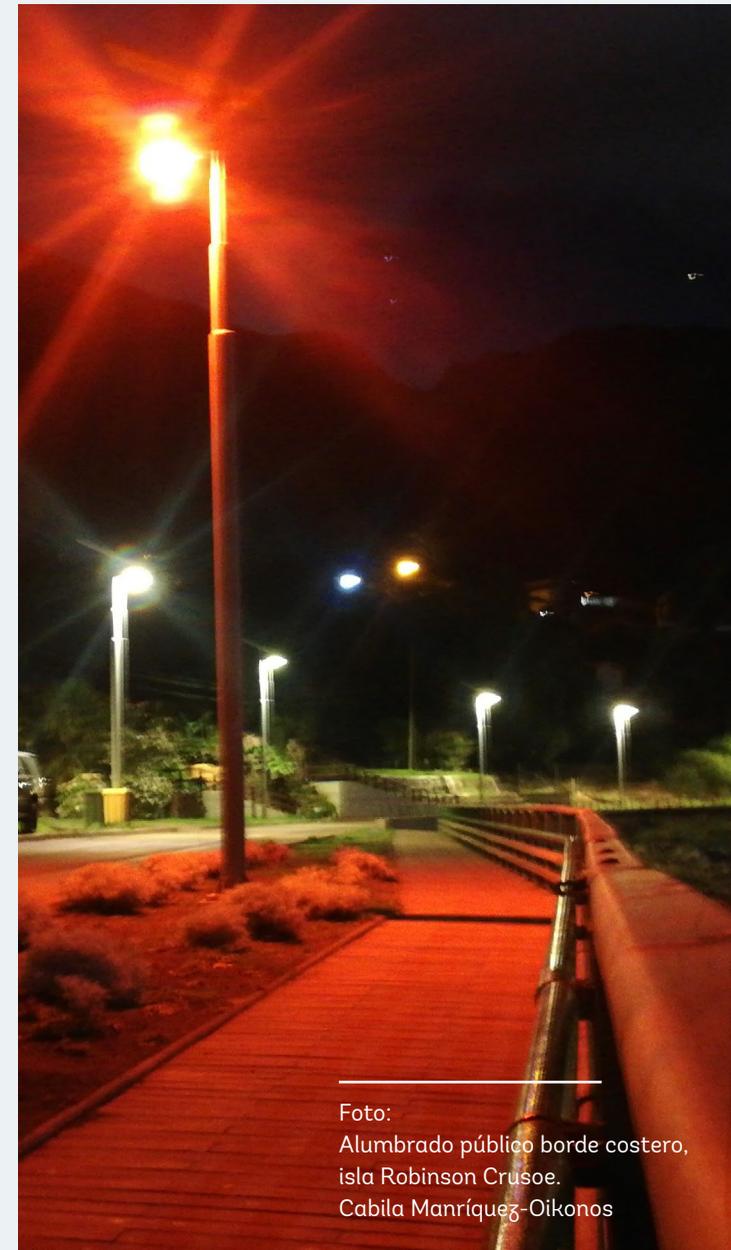


Foto:
Alumbrado público borde costero,
isla Robinson Crusoe.
Cabila Manríquez-Oikonos

4.5 PLANES DE RECUPERACIÓN CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DE ESPECIES (RECOGE)

Estos planes, regidos por la Ley 20.417, son impulsados por el MMA en conjunto con el Comité de Planes para aquellas especies clasificadas por el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres. A través de estos planes se coordina la ejecución de programas de investigación, protección y conservación de la biodiversidad, por parte de un conjunto de actores públicos y privados.

Los planes RECOGE permiten abordar la amenaza de la contaminación lumínica, a través de algunas disposiciones de la norma de emisión que incorpora mayores restricciones para *áreas de protección especial*, entre las que se encuentran las zonas de reproducción de especies donde la luminosidad artificial sea identificada como una amenaza y que sean delimitadas en un Plan RECOGE, así como las comunas indicadas en el Plan como de mayor impacto para la especie. En estas áreas de protección especial, el espectro azul de la radiancia espectral no puede superar el 1% mientras en otras áreas el límite es 7%.

Actualmente los planes RECOGE de fardela blanca¹² y golondrinas de mar del norte de Chile¹³ han identificado la contaminación lumínica como una amenaza para estas especies.

12. <http://bcn.cl/2yg3t>

13. <http://bcn.cl/30sba>



Fardela blanca
Ardenna creatopus

5. Principios y recomendaciones para una buena iluminación

Para el diseño de un buen proyecto de iluminación se sugiere seguir estos cinco principios, basados en la propuesta elaborada de forma conjunta por la [International Dark-Sky Association](#) y la [Illuminating Engineering Society](#).

Los cinco principios deben ser considerados en su conjunto en el diseño e instalación de luces artificiales, y no por separado, ya que solo así se logrará el objetivo de reducir la contaminación lumínica.

a. Útil

Toda luz artificial debe tener un propósito claro

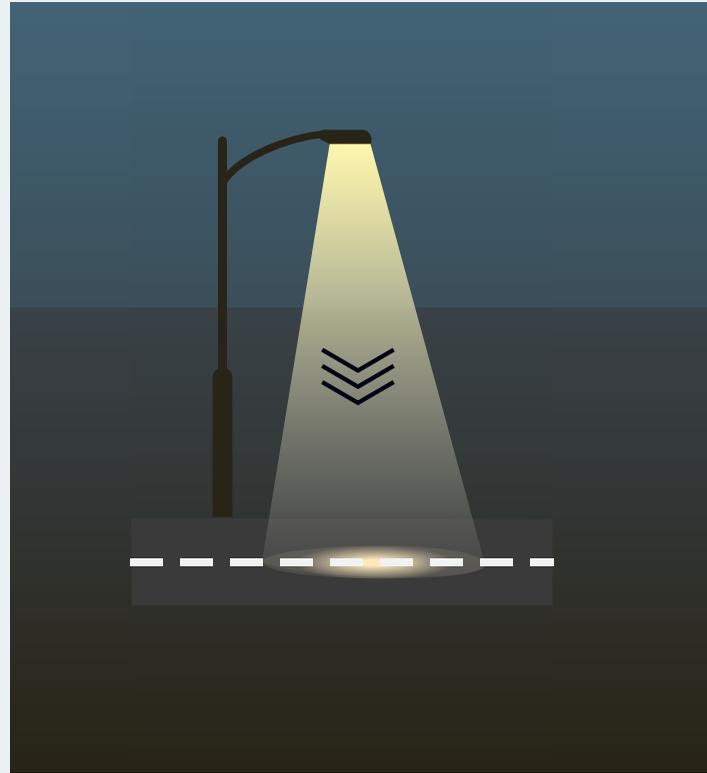
Antes de instalar una luz nueva o reemplazar una existente, se debe evaluar si es realmente necesaria. Considerar alternativas como el uso de pintura reflectante o marcadores luminosos en señales, curvas y escalones para evitar la instalación de luces permanentes en exteriores.



b. Dirigida

La luz debe ser dirigida sólo hacia donde es necesaria

Se recomienda el uso de pantallas o viseras que limiten la emisión de luz hacia el hemisferio superior y direccionar el haz de luz hacia abajo (hacia el suelo), sin inclinaciones sobre la horizontal y asegurando que no rebase más allá de donde sea necesaria.



c. Niveles bajos

La luz no debe ser más brillante de lo necesario

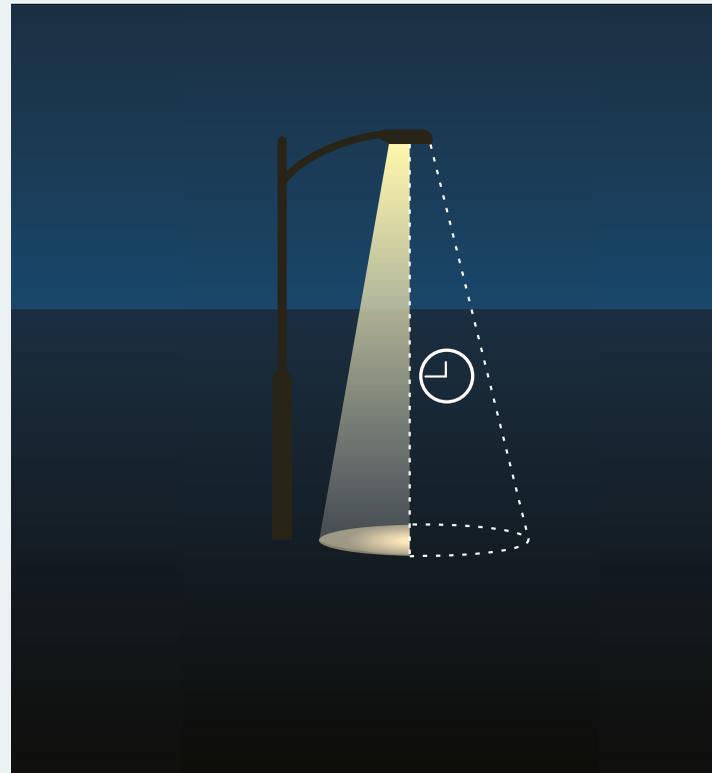
Usar el nivel de iluminación más bajo que sea posible para el objetivo requerido. Siempre evaluar la superficie que se está iluminando, ya que algunas superficies pueden reflejar más luz que la prevista hacia el cielo nocturno.



d. Controlada

La luz solo debe ser usada cuando es útil

Usar controles, como temporizadores o detectores de movimiento, para asegurar que la luz esté disponible solo cuando sea necesaria, atenuada cuando sea posible y apagada cuando no sea necesaria. Esto permite reducir los niveles de iluminación o extinguir la luz por completo basado en la hora del día y su uso.



e. Espectro luminoso

Usar luces más cálidas minimizando la emisión en la porción azul del espectro visible

Limitar la cantidad de luz de longitud de onda corta (luz azul a violeta, en particular emisiones entre 380 y 499 nm) al mínimo posible, usando luminarias con certificación de menos del 1% de luz en ese rango del espectro.



RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones para poner en práctica los principios para una buena iluminación, que permiten minimizar el impacto sobre aves marinas.

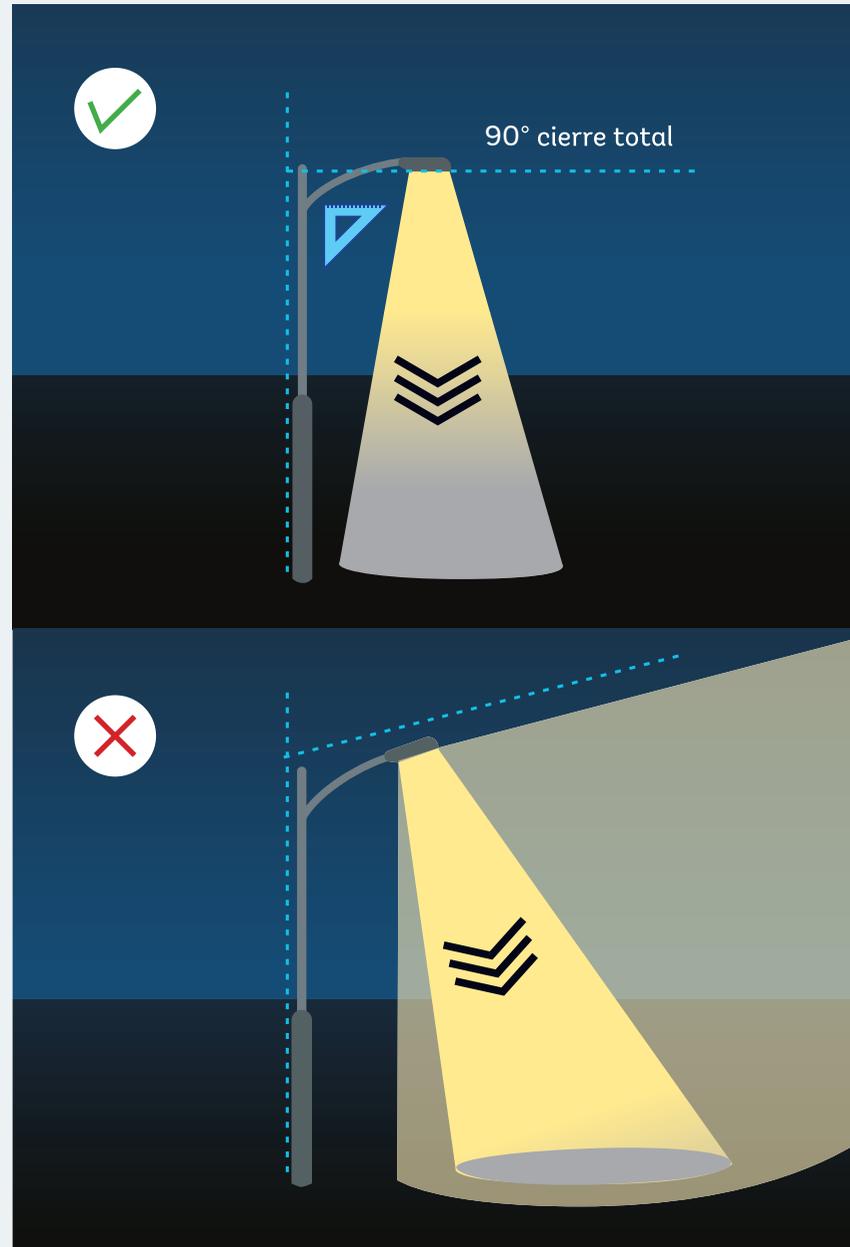


La oscuridad natural es el punto de partida

Al comenzar a diseñar un proyecto que considere iluminación exterior debe plantearse un escenario base de oscuridad. Así, la luz artificial solo debe responder a un propósito definido, en los lugares y momentos en que se requiera. Antes de instalar luminarias se debe evaluar su pertinencia y considerar si es posible sustituirlas por sistemas pasivos (superficies reflectantes, por ejemplo).

a. Dirigir emisiones de luz hacia ángulos bajos

Evitar la emisión de luz hacia el cielo nocturno y en ángulos cercanos al horizonte. El uso de luminarias con deflectores y cierres transparentes, de preferencia de vidrio plano, reducen su emisión en el hemisferio superior. Las ópticas de alumbrado público permiten instalar las luminarias sin sobresalir sobre el plano horizontal y distribuir convenientemente la luz hacia los planos laterales. El uso de proyectores asimétricos emplazados en 90 grados evita las emisiones en estos ángulos muy cercanos al plano horizontal. Estas medidas también contribuyen a minimizar el encandilamiento.



b. Diseñar las instalaciones con el máximo factor de utilancia

Utilizar luminarias que concentren sus haces de luz en la zona útil que interesa iluminar y no sobrepasar con luz sectores aledaños que no necesitan iluminación. La utilancia es una medida que permite evaluar si la emisión de luz está bien dirigida a la zona útil. El valor de la utilancia nos indica cuánta luz es proyectada dónde es útil; el resto de la luz es innecesaria e incide en incrementar la contaminación lumínica. Los valores de utilancia recomendados son mayor a un 75% para áreas regulares y mayor a un 65% para superficies irregulares.

Utilancia (U)

Relación entre el flujo luminoso recibido por una superficie de referencia y la suma de los flujos de salida del total de luminarias de una instalación.

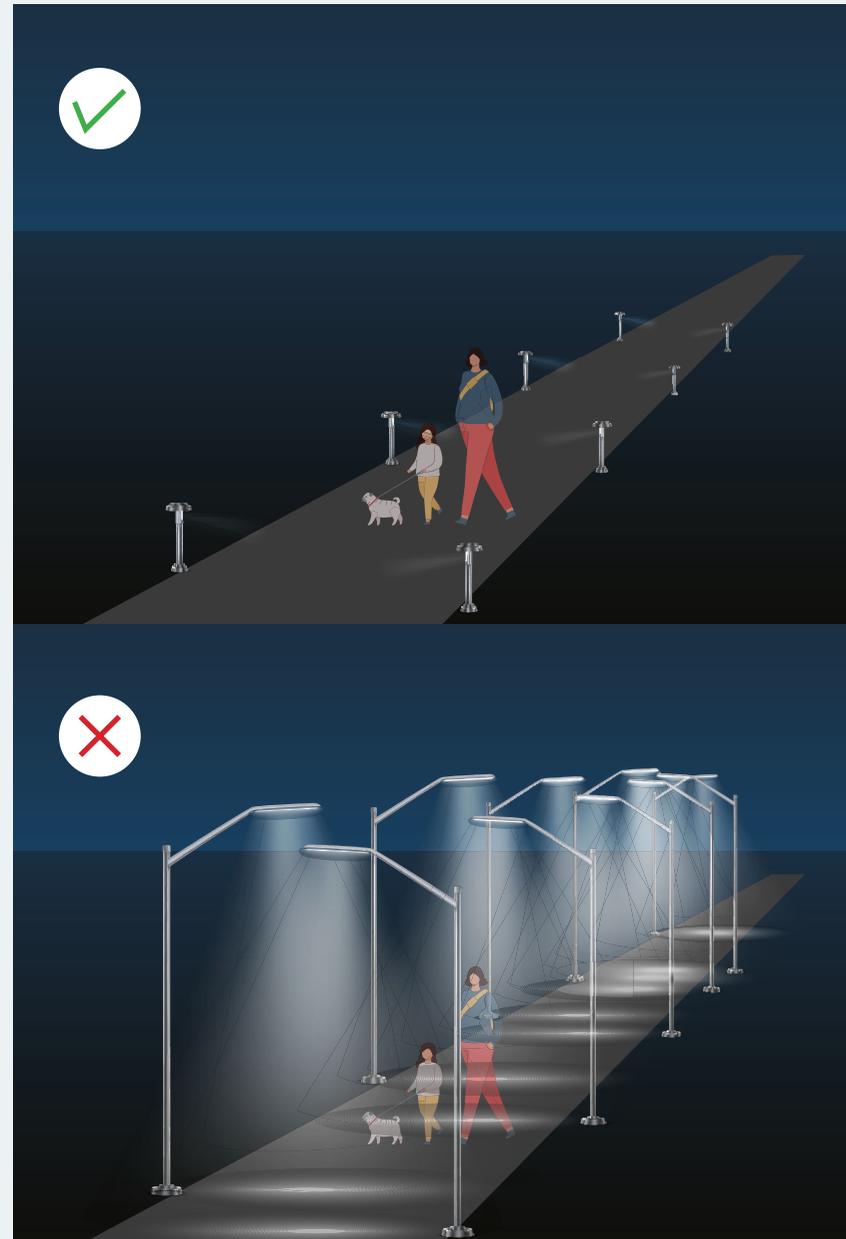
Para otorgar una mejor dirección, si fuera necesario se recomienda instalar viseras, para lúmenes, deflectores o aletas (louvers) que garanticen el control de la emisión de luz hacia el plano inferior y dentro de la zona útil.



c. Evitar excesos en los niveles de Iluminación

Usar el mínimo de luminarias e intensidad para proveer una iluminación apropiada en el área requerida. Se deben evitar niveles de intensidad luminosa excesivos en las luminarias utilizadas, así como niveles de iluminación en superficies que no sean necesarias.

En proyectos de alumbrado público, las reglamentaciones de alumbrado exterior existentes en Chile (Sección 4) se refieren a los niveles de iluminación y dan indicaciones de qué hacer en los diversos usos de la iluminación. Se basan en las recomendaciones internacionales o normas de otros países y suelen sobre iluminar, ya que están basadas casi exclusivamente en antiguas consideraciones industriales y en la promoción del uso comercial de los espacios y vías en horario nocturno. Por ello, se recomienda usar los valores más bajos posibles y no superar el límite del 20% sobre los valores mínimos según categoría.



d. Aplicar reductores de flujo, restricciones horarias e iluminación adaptativa

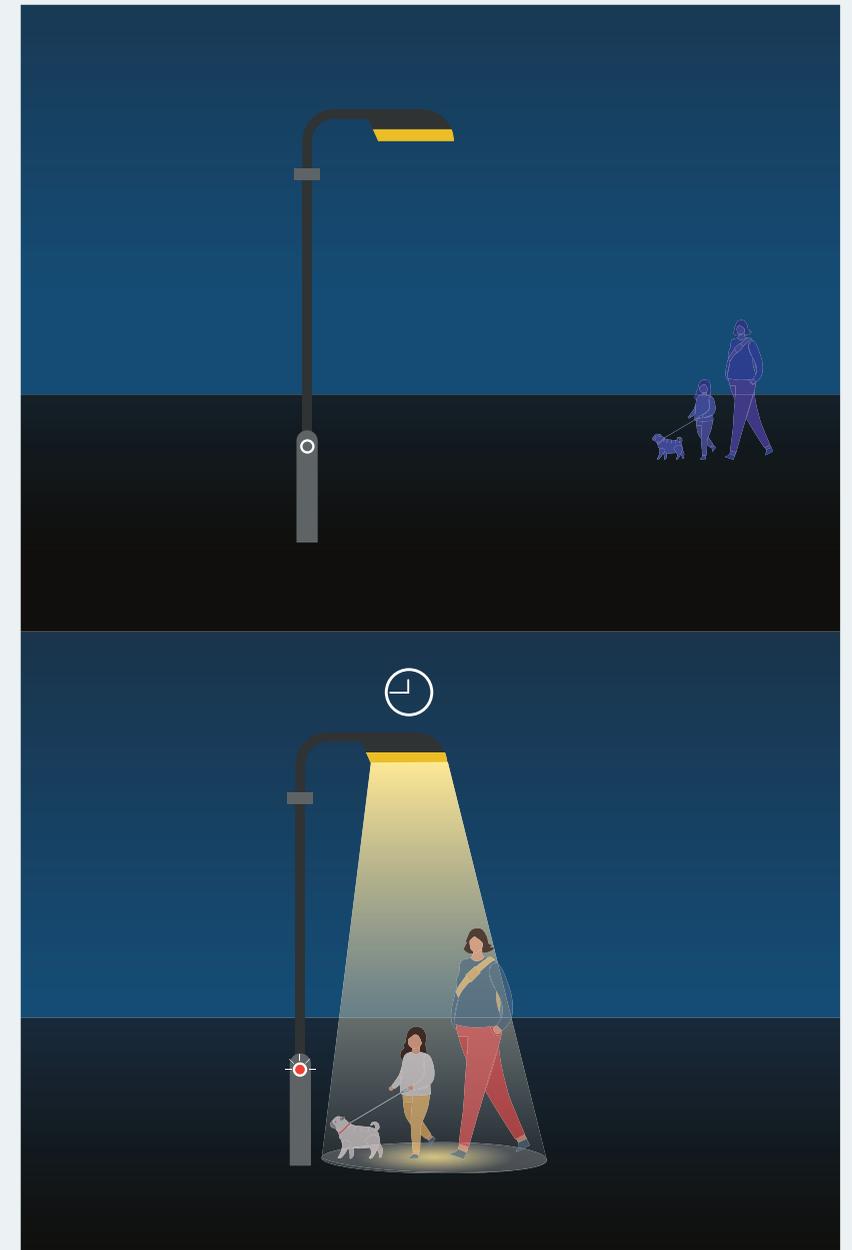
La opción de control con iluminación adaptativa se ha simplificado con la masificación de la iluminación de estado sólido. Los LEDs no se ven afectados por las variaciones en los niveles de iluminación, por lo que se pueden adaptar a múltiples cambios durante sus horas de encendido sin ver disminuidas sus prestaciones. Por ello, el control dinámico o iluminación adaptativa aplicado a escala masiva es perfectamente viable hoy día, pudiéndose regular el alumbrado público (peatonal y vehicular) de acuerdo con las densidades de uso en las calles, plazas, paseos peatonales, zonas residenciales y vías vehiculares, con la aplicación de sensores de tráfico.

El tráfico peatonal y vehicular disminuye drásticamente después de las primeras horas de la noche, pasando a categorías de menor densidad de uso, con variaciones de entre 1 a 3 categorías según lo definido en los reglamentos de alumbrado público. De esta forma, se justifica plenamente regular a la baja los niveles de iluminación, pudiendo programar el alumbrado público para que se adapte a dichos flujos disminuidos, desde la medianoche hasta casi el amanecer.

Algunos alumbrados como el ornamental, publicitario o el deportivo pueden ser regulados de

manera más drástica con restricciones horarias a partir de la medianoche o 1:00 de la madrugada. Lo mismo puede ser aplicado a los cañones de luz con fines recreacionales o publicitarios.

En proyectos industriales, la aplicación de esta herramienta de gestión es potencialmente más amplia, ya que se trata de entornos con acceso controlado donde se pueden instalar cámaras de video además de sensores de movimiento para máquinas y personal. Es posible implementar niveles de iluminación muy bajos o incluso el apagado total de las instalaciones, ajustando los sistemas de iluminación para que solo se enciendan en caso de alguna contingencia o accidente para facilitar el trabajo de los equipos de reparaciones o emergencia.



e. Minimizar el uso de luces frías

La necesidad de contar con un alto nivel de rendimiento cromático en los alumbrados exteriores es algo muy restringido a aplicaciones puntuales, como la lectura de un tablero de instrumentos o escaparates comerciales. Actualmente, la iluminación de tipo ámbar (con filtro en el refractor o en las ópticas de los LEDs, con 1.800 a 2.000 K) proporciona más del doble del rendimiento cromático que las lámparas de Sodio de Alta Presión (SAP), lo cual es más que suficiente para la mayoría de los usos.

El LED ámbar proporciona índices de reproducción cromática de 50 o más (la lámpara de SAP está entre 20 y 25) e incluso se dispone de la opción de LED ultra cálido (2.200 K aproximadamente) que puede ser usado en lugares donde se han instalado previamente luminarias con lámparas de Halogenuros Metálicos (HM) o de LED sobre los 3.500 K y donde pudiera haber un cierto rechazo en la población si se intenta trasladar el parque de alumbrado público hacia el LED ámbar. En cualquier caso, la selección de luminarias para minimizar las emisiones en el rango de los azules siempre se debe ajustar como mínimo a la norma de emisión lumínica.

La normativa chilena para controlar la contaminación lumínica por emisiones en el rango de los azules se basa en la radiancia espectral, medida más precisa que la temperatura de color o el índice de reproducción cromática. Para la selección de luminarias se recomienda seguir siempre los límites establecidos en la nueva norma de emisión para áreas de protección especial (ver Sección 4), ajustándose a los siguientes valores máximos según longitud de onda:

- 1% entre 300 nm a 379 nm
- 1% entre 380 nm y 499 nm
- 10% entre 781 nm y 1000 nm

Para información sobre luminarias certificadas disponibles en el mercado visitar <https://opcc.cl/certificadas.html>

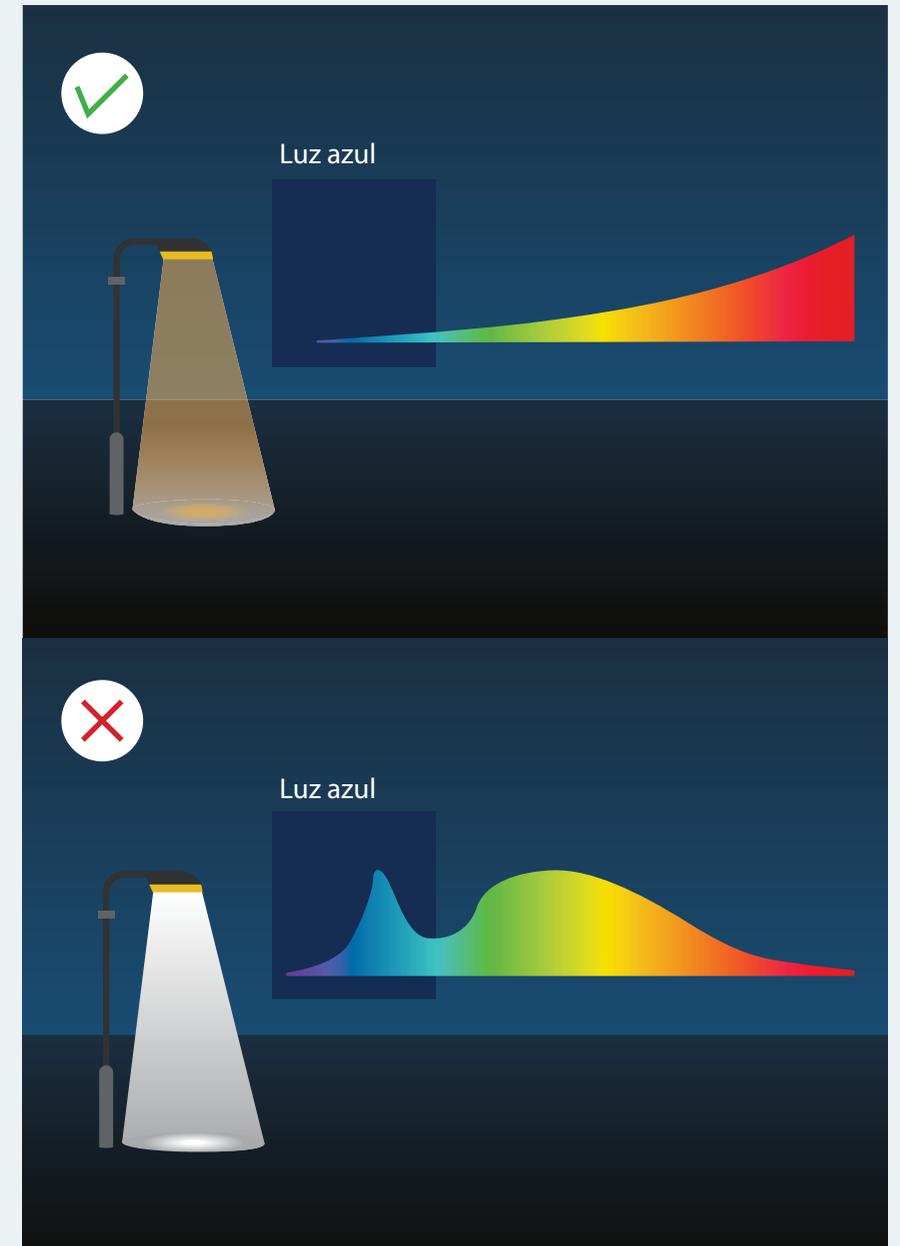




Foto:
Volantón de golondrina de mar negra, afectado
por contaminación lumínica. Plaza de peaje
Chucumata, Ruta 1, Región de Tarapacá
ROC

6. Pasos para la evaluación del impacto de un proyecto de iluminación en aves marinas

Al momento de diseñar cualquier proyecto con fuentes de iluminación exterior, cuyo emplazamiento pueda ser cercano a sitios de reproducción o a rutas de vuelo de aves marinas, y que por lo tanto puedan producir algún impacto sobre estas, se recomienda realizar una evaluación de impactos potenciales. A continuación, se describen seis pasos para hacer esta evaluación que permiten orientar el diseño del proyecto y el monitoreo de sus impactos.

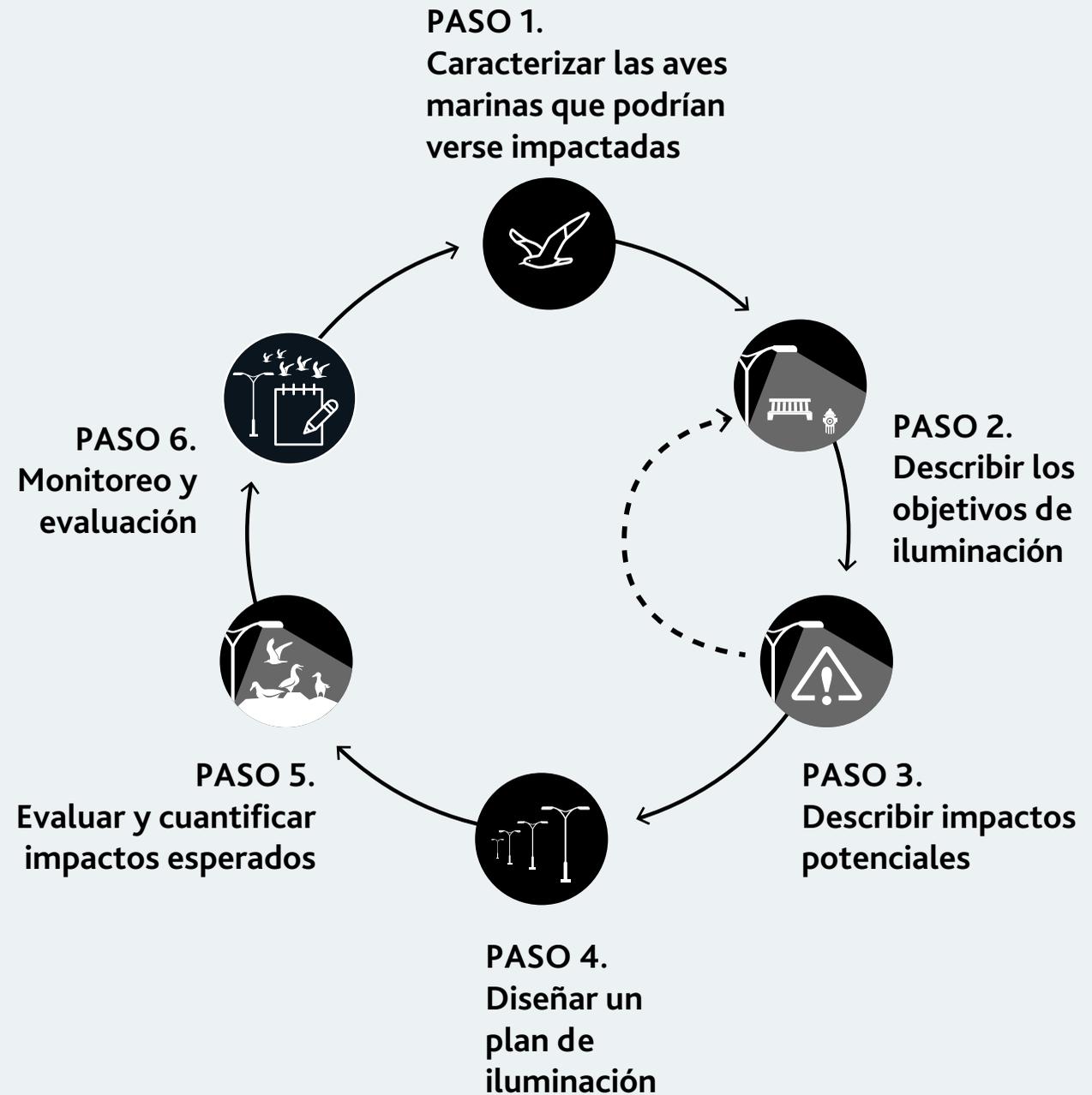
Estos seis pasos son válidos para proyectos de distinto tipo y envergadura, incluyendo alumbrado público, puertos, faenas mineras y proyectos energéticos, así como aquellos de menor escala (como una pequeña infraestructura deportiva cerca de un sitio de reproducción) pero que son susceptibles de impactar aves marinas.



Foto:
Volantón de golondrina de mar afectado por
contaminación lumínica. Mina Tenardita,
Salar Grande, Región de Tarapacá.
ROC

Los primeros tres pasos deben ser realizados al inicio del desarrollo de un proyecto, con el fin de **informar su etapa de diseño**. El objetivo es determinar el riesgo del impacto de la instalación, lo que permitirá aplicar las medidas más efectivas para reducir dicho riesgo. Es posible que el resultado de la evaluación determine que el emplazamiento seleccionado presenta riesgos demasiado altos para las aves marinas, siendo necesario implementar medidas muy restrictivas para la iluminación, o buscar un sitio alternativo para desarrollar el proyecto.

El Paso 4 se corresponde con la etapa de diseño del proyecto. En tanto, los Pasos 5 y 6 deben definirse de forma previa a la construcción del proyecto, y consideran una cuantificación de los impactos, y medidas de monitoreo y seguimiento que pueden extenderse a lo largo de toda su fase de operación. Es posible que los resultados del monitoreo detecten impactos que no fueron evaluados de forma apropiada inicialmente (por falta de información o una valoración inadecuada), iniciando así un proceso iterativo de volver al Paso 1, con el fin de implementar mejoras para reducir o evitar estos impactos.





PASO 1. CARACTERIZAR LAS AVES MARINAS QUE PODRÍAN VERSE IMPACTADAS

Este paso busca evaluar si un proyecto puede presentar impactos negativos en aves marinas, derivados de la iluminación exterior, de acuerdo con su cercanía a: i) sitios de reproducción y ii) rutas de vuelo de las especies. Es importante reconocer en esta evaluación que existe incertidumbre, ya que no hay un conocimiento completo sobre los sitios de reproducción y las rutas de vuelo de aves marinas. Asimismo, este paso busca caracterizar los impactos potenciales desde una perspectiva biológica de las especies involucradas, describiendo los aspectos que podrían incidir en el impacto, tales como la fenología reproductiva o la distancia a la cual se pueden ver atraídas las aves.

Este último aspecto debe ser tomado en cuenta para definir la distancia que se considerará a la hora de caracterizar sitios y rutas de vuelo cercanas. Aunque se requieren mayores estudios, la evidencia sugiere que algunas aves marinas pueden ser atraídas incluso a decenas de kilómetros en sectores con halos luminosos muy fuertes. Así, en proyectos que incluyan iluminación exterior importante en extensión o intensidad, **se recomienda considerar al menos un rango de 20 km de distancia para**

¹⁴. Como referencia ROC ha publicado información espacial sobre reproducción de aves marinas en Chile www.redobservadores.cl/avesmarinas

caracterizar a las aves marinas que podrían ser impactadas, lo que podría entenderse también como el área de influencia del proyecto referida a aves marinas. Sin embargo, esto debe tomarse solo como referencia y podría ser una distancia incluso mayor en proyectos de gran envergadura. Para desarrollar este paso se debe contar con la siguiente información:

- Descripción de aspectos biológicos de especies potencialmente afectadas: población, categoría de conservación, importancia relativa de las zonas potencialmente afectadas (respecto a la población total de la especie), cronología reproductiva en la zona, caracterización de la atracción por luces artificiales en la especie (o familia).
- Descripción de sitios de reproducción¹⁴ y rutas de vuelo conocidas cercanas al emplazamiento del proyecto.
- Identificación de sitios cercanos al emplazamiento del proyecto en los que han ocurrido eventos de caídas de aves marinas históricamente.
- Evaluación de rutas de vuelo entre sitios de reproducción y el mar, en el lugar de emplazamiento del proyecto.

Fenología

Son los ciclos biológicos anuales de los seres vivos, asociados a las estaciones y el clima. Cada especie o población de ave marina tiene una fenología o cronología reproductiva particular, que permite predecir (con ciertas variaciones año a año) la temporada en que los volantones saldrán de los nidos y presentarán un mayor riesgo de impacto por contaminación lumínica. Para una referencia de algunas especies ver p. 17.



PASO 2. DESCRIBIR LOS OBJETIVOS DE ILUMINACIÓN

Este paso pone en práctica el principio básico para una buena iluminación: toda luz artificial debe tener un propósito claro. Para ello, se requiere explicitar las distintas necesidades de iluminación del proyecto.

Los objetivos de iluminación deben partir de la premisa que el escenario base es la oscuridad natural de un lugar, a menos que haya una justificación clara (por ejemplo, en términos de operación o seguridad) para iluminarlo. **La descripción de los objetivos debe ser precisa en términos de zonas a iluminar, periodos de tiempo y características de color de la luz.**

Algunos aspectos a abordar en este paso son:

- Descripción de los objetivos de iluminación (seguridad, operación u otro).
- Justificación de las características de la iluminación según cada necesidad (intensidad, TCC, etc.).
- Descripción de la temporalidad de objetivos (pudiendo señalarse horarios, días o meses en los que se requiere la iluminación).
- Definición de zonas para los distintos usos.
- Identificación de normativas que se requiere cumplir (de seguridad, Reglamento de Alumbrado Público, Norma de Emisión, etc.).



Foto:
Plaza de Pisco Elqui
con niveles medios de
iluminación ámbar.
Pedro Sanhuega



PASO 3. DESCRIBIR IMPACTOS POTENCIALES

Este paso busca describir de forma general las posibles interacciones entre las aves marinas caracterizadas en el Paso 1 y las necesidades de iluminación para cumplir con los objetivos identificados en el Paso 2. Para ello, algunos criterios útiles son:

- La cercanía del proyecto con sitios de reproducción o rutas de vuelo.
- Los registros previos de caídas en localidades cercanas.
- Los niveles y tipos de luminarias que se requieren de acuerdo con los objetivos del proyecto.
- Los periodos de operación de las luminarias.



Foto:
Golondrina de mar peruana afectada por
contaminación lumínica.
ROC

La evaluación de impactos potenciales debe como mínimo identificar:

- Áreas o sectores del proyecto que podrían afectar en mayor medida a aves marinas.
- Periodos de tiempo en los que podría producirse un impacto mayor.
- Tipos de luminarias (de acuerdo con los objetivos definidos en el Paso 2) que pudiesen tener un impacto mayor.

En caso de que esta evaluación dé cuenta de impactos potenciales sobre aves marinas, **este resultado debe considerarse para tomar decisiones respecto del diseño del proyecto, orientadas a evitar o mitigar estos impactos.** En algunos casos, puede ser conveniente redefinir parte del trazado o emplazamiento, o replantear algunos de los objetivos de iluminación (Paso 2). Es fundamental considerar lo anterior para el siguiente Paso 4 de diseño e implementación del plan de iluminación.



PASO 4. DISEÑAR UN PLAN DE ILUMINACIÓN

Este paso corresponde al diseño del plan de iluminación, que debe integrar toda la información relevante de los pasos anteriores, así como las recomendaciones y soluciones descritas en los capítulos anteriores de esta guía.

Idealmente se debe incorporar un plan de ordenamiento lumínico de la instalación, estableciendo las zonas a iluminar, justificando los niveles de iluminación, los horarios de disminución de flujo luminoso o directamente apagado de las instalaciones. Este plan es el que debiera indicar los demás parámetros de diseño y posterior ejecución. **Se espera que el plan de iluminación documente la cantidad de luminarias, sus objetivos, características, modo de funcionamiento y localización.** En aquellos proyectos que presentan mayores riesgos para aves marinas, según lo evaluado en el Paso 3, el plan debe contener los siguientes elementos para cada luminaria:

- Objetivo de iluminación al que responde.
- Características técnicas del modelo utilizado, incluyendo su intensidad y radiancia espectral.
- Altura, orientación, y uso de dispositivos cobertores.

- Periodos y horarios de operación.
- Uso de sensores de movimiento u otros dispositivos de iluminación adaptativa.

El plan de iluminación y su operación debe ser difundido entre quienes serán responsables de su funcionamiento.



Foto:
Luminarias faena minera,
Salar Grande, Región de Tarapacá.
ROC



PASO 5. EVALUAR Y CUANTIFICAR IMPACTOS ESPERADOS

Este paso busca, una vez definidos los detalles de diseño del proyecto, identificar y estimar los impactos en aves marinas producto de la iluminación artificial.

Es deseable y recomendable que una vez desarrollados todos los pasos anteriores, se logren evitar totalmente los impactos en aves marinas, para lo cual se debe explicitar que se espera un impacto nulo. Sin embargo, es posible que algunos proyectos no logren reducir por completo las caídas de aves marinas. En esos casos **se debe realizar una estimación cuantitativa de los impactos esperados (ej. cuántas aves se espera que caigan a lo largo de una temporada).**

Para proyectos que ingresan al SEIA, este paso se corresponde en buena medida con la predicción y evaluación de impactos, como parte de la evaluación de efectos adversos significativos sobre recursos renovables. De esta forma, los antecedentes entregados pueden servir para una adecuada evaluación del proyecto en su tramitación ambiental, así como para el diseño de medidas de mitigación y/o compensación en el caso de identificarse estos impactos.

Asimismo, estas estimaciones son las que debieran usarse en el Paso 6 como umbrales para el monitoreo posterior del proyecto.

Para cuantificar los impactos este paso debe incluir:

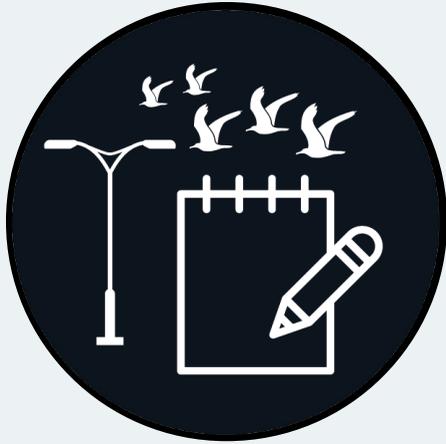
- Descripción de zonas y periodos del año donde se esperan impactos.
- Estimación cuantitativa del número de individuos afectados por temporada.



Foto:
Golondrina de mar chica afectada por contaminación lumínica. Arica.
ROC

¿Por qué definir umbrales de impactos?

Definir umbrales máximos de aves caídas otorga mayor transparencia a los procesos de evaluación de proyectos y al diseño e implementación de medidas de mitigación y compensación. En el marco del SEIA, son los servicios públicos con competencia ambiental relevante quienes deben evaluar si esos umbrales son aceptables o no. Por otra parte, si están acompañados de un adecuado monitoreo posterior, los umbrales definidos (que pueden ser cero) permitirán conocer si durante la ejecución del proyecto se cumple —o no— lo pronosticado durante su etapa de diseño.



PASO 6. MONITOREO Y EVALUACIÓN

Este paso busca establecer mecanismos de evaluación una vez que el proyecto se encuentra operando, con el objetivo de verificar dos aspectos:

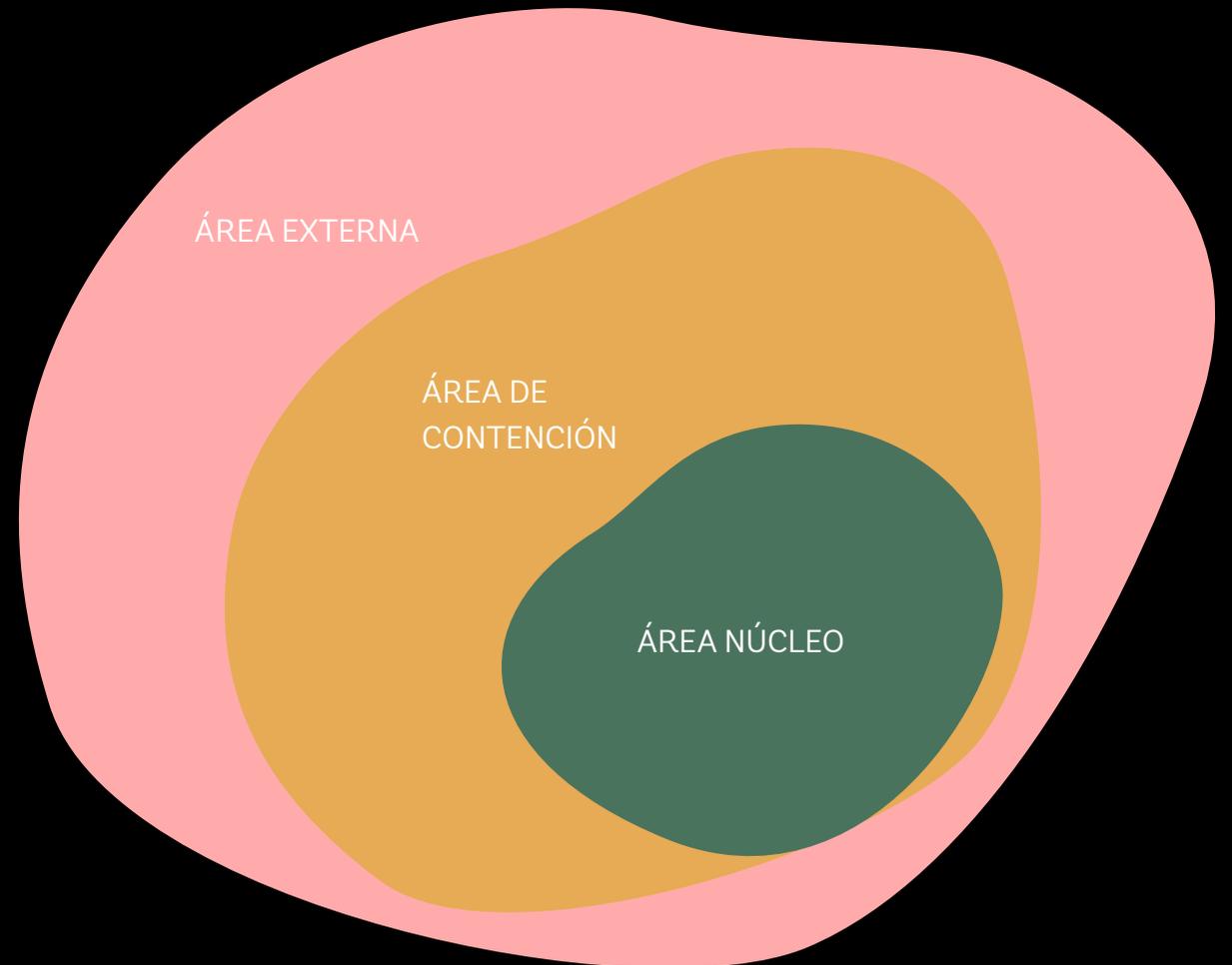
- i. Si la implementación del plan de iluminación ocurrió según el diseño original y si se ha mantenido en el tiempo.
- ii. Si las interacciones efectivas entre aves marinas y las luminarias del proyecto ocurren según lo esperado o si hay interacciones no pronosticadas.

En particular se sugiere diseñar protocolos para:

- **Verificar el estado de las luminarias:** es posible que con el tiempo ocurran desplazamientos en el ángulo de orientación, deterioro de un dispositivo cobertor, o que se haya realizado un recambio por un modelo diferente al planificado originalmente. Los resultados de la verificación debieran orientar acciones para volver a ajustarse al diseño original descrito en el Paso 4.
- **Cuantificar aves marinas caídas:** para ello se debe definir una periodicidad, áreas, horarios y esfuerzo de búsqueda. Además, se debe considerar que las aves pueden ser depredadas a medida que avanza el día y que pueden buscar refugio en lugares cercanos. Los resultados de estos protocolos deben dar cuenta de las aves que efectivamente se ven afectadas por las luminarias, para luego contrastarlos con la estimación de impactos del Paso 5. En caso de que superen los umbrales definidos, se debe realizar un proceso iterativo y revisar todos los pasos anteriores para entender por qué las estimaciones no fueron adecuadas, siendo posibles las siguientes explicaciones: caracterización de aves marinas incompleta, sinergias con otros proyectos y supuestos de afectación por luminarias subestimados. Con la nueva información a la vista, se deben realizar modificaciones al diseño del proyecto (Paso 4) con el objetivo de ajustarse nuevamente a los umbrales definidos.

7. Planificación del territorio para iluminación en áreas ambientalmente sensibles

En el caso de áreas naturales sensibles que se quieran proteger de la contaminación lumínica, se recomienda generar un Plan Maestro de Iluminación de toda el área circundante al área de interés. Dependiendo de la escala y el alcance, en la elaboración de este tipo de planes podrían estar involucrados diferentes tipos de actores, tales como: municipalidades, gobiernos regionales, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Energía, organizaciones de la sociedad civil, representantes de gremios o actividades productivas con necesidad de iluminación y habitantes del territorio a planificar. En el proceso de zonificación es importante tener en consideración a las comunidades humanas que habitan el territorio en términos de sus necesidades de iluminación.



Se sugiere establecer una zonificación que incluya las siguientes áreas concéntricas, de manera que una contenga a la otra:

Área núcleo. Es la zona natural sensible que se debe proteger, tales como sitios de reproducción de aves marinas, áreas silvestres protegidas y otras similares. En ellas se recomienda:

- La condición por defecto es la de no iluminar. El uso de iluminación artificial debería ser la excepción, cuando otras soluciones no hayan sido posibles de implementar. Por regla general, las únicas fuentes de iluminación que se debieran permitir en esta área corresponden a luminarias muy pequeñas (de menos de 100 lúmenes) que sirvan sólo para un guiado visual en sectores de cierto riesgo en los desplazamientos de las personas. Sus fuentes deben ser de tonos ámbar y orientadas hacia el hemisferio inferior, bajo el criterio de cierre total, con sistemas de encendido que se activan sólo cuando se detecte el desplazamiento de personas o que estén gestionados vía iluminación adaptativa. De preferencia se debe optar por señales reflectantes.

- Se espera que los visitantes (en número controlado) utilicen sólo lugares habilitados para recorridos nocturnos, sin alterar a las especies presentes. El uso de flashes o linternas está terminantemente prohibido, pese a que los lugares parezcan carentes de fauna protegida.
- Implementar planes de gestión de la oscuridad de la noche. Esto implica revisar cotidianamente las condiciones de iluminación artificial que puedan incidir en estas áreas.
- Implementar programas de monitoreo y seguimiento de las condiciones de oscuridad de sitios sensibles, pudiendo hacerse con monitoreo in situ, vía procesamiento de imágenes satelitales o con drones.
- Si como resultado del monitoreo se detecta que existe contaminación lumínica afectando estas áreas, se deben implementar planes de restauración, para efectos de devolver los valores a los naturales. Esto implica fijar cuotas de iluminación para el área de contención y externa (en zonas urbanas y/o industriales) en un esquema similar a los planes de ordenamiento territorial.

Área de contención. Zona inmediatamente adyacente a la zona de mayor interés ambiental. En esta área, la iluminación artificial también debe ser restringida a lo absolutamente necesario, utilizando luminarias de formato pequeño, con fuentes ámbar o ultra cálidas (2.200K), siempre respetando el criterio de cero emisión de luz hacia el frente y hacia arriba, por sobre el plano horizontal (cierre total). En esta área suelen encontrarse las infraestructuras que brindan los servicios a los visitantes y al personal del área protegida. En estas instalaciones se debe evitar también la emisión pasiva de luz desde los interiores de las edificaciones, ventanas, claraboyas, puertas, pasillos, estacionamientos y similares.

Área externa. Todo lo circundante hasta un límite que depende de la propagación de la luz, barreras geográficas, tamaño y agresividad de las fuentes de iluminación agregadas, pero que en general debería tener un radio de entre 50 y 200 km¹⁵. En esta área, la iluminación exterior debe ser controlada, siguiendo lo establecido por la normativa de control de la contaminación lumínica.

Por otra parte, hay decisiones estratégicas que tomar respecto de infraestructuras de uso público como carreteras que están en estas áreas, las cuales se recomienda no iluminar y sólo usar señalizaciones reflectantes, además de limitar la velocidad de tránsito si fuese posible.

15. Para establecer el tamaño del área externa se deben tomar en consideración el nivel de oscuridad del área circundante y las especies presentes a niveles de ecosistemas o biomas.

8. Casos de estudio

Foto:

Panorámica del borde costero antes de la
incorporación de filtros ámbar en luces LED.
Isla Robinson Crusoe.

Sara De Rodt

8.1 ISLA ROBINSON CRUSOE: TRABAJO COLABORATIVO PARA DISMINUIR EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Por equipo ONG Oikonos Juan Fernández

REGIÓN	Valparaíso
UBICACIÓN	Poblado San Juan Bautista, Isla Robinson Crusoe
FUENTE DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA	Alumbrado público de sectores residenciales y borde costero
ESPECIE AFECTADA	Fardela blanca (<i>Ardenna creatopus</i>) mayoritariamente
NIVEL AFECTACIÓN	497 ejemplares entre 2012 y 2020 (promedio 41 individuos/año)
ÉPOCA MAYOR AFECTACIÓN	Mayo
ACCIONES PARA DISMINUIR IMPACTOS	Recambio y acondicionamiento de luminarias para incorporar filtro verde (El Escocés) y ámbar (borde costero)



Foto:
Isla Robinson Crusoe vista desde
isla Santa Clara.
Oikonos

La isla Robinson Crusoe, perteneciente al Archipiélago Juan Fernández, se ubica a 680 km de las costas del puerto de San Antonio en la Región de Valparaíso. Es un lugar de anidación para seis especies de aves marinas, que son afectadas por la contaminación lumínica de San Juan Bautista, el único poblado de la isla donde viven 840 personas (INE 2019). Desde 2012, ONG Oikonos ha monitoreado los efectos negativos de las luminarias del poblado en individuos de cinco de las seis especies: fardela blanca¹⁶ (*Ardenna creatopus*), petrel de Juan Fernández (*Pterodroma externa*), petrel de Masafuera (*Pterodroma longirostris*), petrel de Masatierra (*Pterodroma defilippiana*) y golondrina de mar de vientre blanco (*Fregatta grallaria*). Dicho estudio registró 497 ejemplares afectados por contaminación lumínica entre 2012 y 2020, de los cuales 54% fueron encontrados vivos en el suelo y el 47% muertos. La muerte de estas aves fue debido a choques con alguna estructura (tendido eléctrico o postes) o por depredación luego de caer al suelo producto del golpe. Por otra parte, las aves caídas se concentran fuertemente en mayo (81%), época que coincide con los volantones, es decir, cuando los polluelos abandonan el nido para comenzar su migración hacia el hemisferio norte. El estudio también identificó zonas del poblado que provocan el mayor impacto lumínico en aves marinas, siendo la población El Escocés y el borde costero las zonas más afectadas.

16. La fardela blanca es la especie más afectada por contaminación lumínica, comprendiendo más del 92% de todas las aves marinas caídas. Su categoría de conservación es en peligro de extinción.

Luminarias amigables con las aves marinas en el poblado de San Juan

Como una primera aproximación a este problema, en febrero del 2017 ONG Oikonos realizó una charla para la comunidad local de Robinson Crusoe sobre contaminación lumínica y su impacto sobre la avifauna de la isla. De esta forma, se logró concientizar a los habitantes del sector El Escocés sobre esta problemática, sus efectos y las posibles soluciones que se podían generar en conjunto con la comunidad. Posteriormente, se llevó a cabo una breve encuesta a 17 vecinos para conocer su disposición al cambio de luminarias por unas de características “amigables” con el medio ambiente. Los vecinos en general se mostraron dispuestos al cambio, siempre que se implementaran otras medidas para resguardar la seguridad del sector que, según su apreciación, se vería perjudicada por la disminución de la intensidad lumínica. Gracias a este levantamiento de información y a un trabajo conjunto entre la Municipalidad de Juan Fernández y Oikonos, a principios de diciembre del mismo año se instalaron luces “amigables para las aves” en la población El Escocés.

Estas luces fueron gestionadas y financiadas por Oikonos, mientras que la instalación estuvo a cargo de la Municipalidad, a través de trabajadores del Departamento de Obras Municipales, quienes en tres días consiguieron instalar 12 kits compuestos

cada uno por una fotocelda, ampolleta (lámpara de sodio de alta presión, 60W), lente de vidrio plano, mica verde y un foco direccionado hacia el suelo. Además, miembros de la ONG se encargaron de aplicar pintura reflectante a los peldaños de las escaleras que dan acceso al sector, cumpliendo con lo solicitado por la comunidad.

Luego de la instalación de estas luminarias se registró una disminución en la caída de aves en el sector durante los años siguientes. Al respecto, Héctor Gutiérrez Gerente de Proyectos de Oikonos en Juan Fernández comenta:

“(...) hace algunos años, y con el apoyo del municipio y la comunidad, cambiamos la luminaria pública en dos sectores del poblado donde teníamos grandes caídas de aves. Instalamos luces que direccionan la luz hacia el suelo y evitan la pérdida de luz hacia arriba. Según las recomendaciones científicas, esta característica, sumado a evitar la luz blanca, daría buenos resultados para disminuir la caída de aves. Y así lo hemos registrado en los dos sectores de Robinson Crusoe que cuentan con luminaria amigable para las aves marinas. Hoy en día hay más y mejor tecnología para ofrecer luminarias que sirvan a la comunidad local y también protejan a las aves”.

De esta experiencia, el equipo de Oikonos rescata el involucramiento temprano y participación constante de la comunidad local como un factor fundamental para lograr cambiar las luminarias

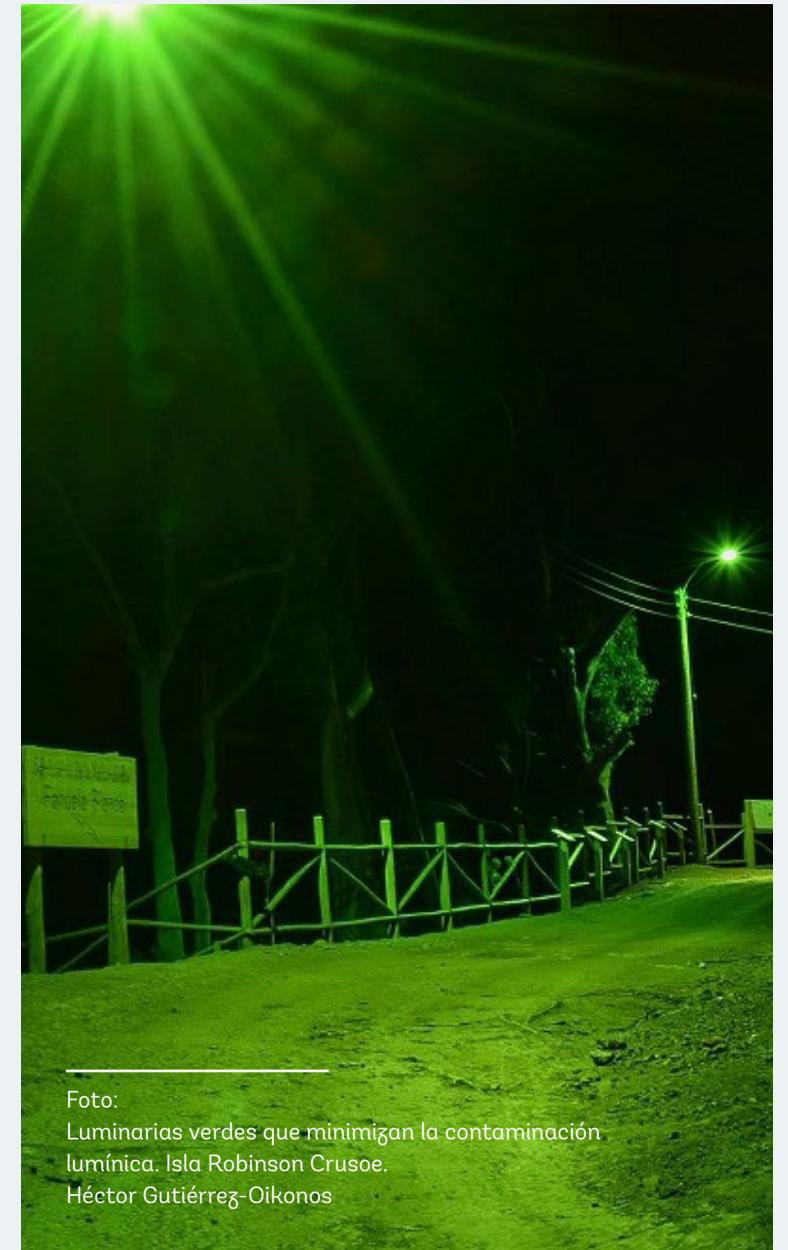


Foto:
Luminarias verdes que minimizan la contaminación lumínica. Isla Robinson Crusoe.
Héctor Gutiérrez-Oikonos

por unas “amigables” con las aves en el sector El Escocés. Desde el inicio la participación de los vecinos fue clave para obtener información certera sobre la problemática, así como conocer su visión respecto al cambio de luminarias y los impactos que esto podía tener en la comunidad local. A su vez, la retroalimentación de Oikonos con antecedentes sobre los efectos negativos de la contaminación lumínica, tanto en las aves como en las personas, logró generar una mejor predisposición y compromiso por parte de los vecinos a implementar cambios. Así se fueron solucionando las inquietudes de la comunidad local y diseñando en conjunto una solución para el beneficio de todos los involucrados. Hoy día existe una empoderada red de vecinos conscientes de su aporte a la biodiversidad, que lograron modificar su estilo de vida y que varios años después siguen siendo un ejemplo de la importancia que tiene el cohabitar con la fauna nativa amenazada de la isla.

Impactos del nuevo borde costero

En 2020 se completó la construcción del nuevo borde costero sur de Bahía Cumberland, que contempló el recambio de 30 luminarias públicas¹⁷ en una extensión de 730 metros. El proyecto, mandatado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), se ubica a 80 metros del sitio de nidificación de fardela blanca denominado “Reserva Comunal” en el sector sureste del poblado de San Juan Bautista. Este proyecto no pasó por el sistema de evaluación de impacto ambiental, aun cuando se encontraba cercano a un sitio de nidificación de un ave en peligro de extinción y de la recientemente declarada Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos Mar de Juan Fernández. Antes de la construcción, y durante el periodo de consulta pública a la comunidad local, organizaciones ambientales enviaron recomendaciones para disminuir el impacto de la contaminación lumínica sobre las aves, las cuales fueron acogidas parcialmente resultando en algunas modificaciones al proyecto original, como disminución en la cantidad de luminarias e incorporación de exigencias adicionales de iluminación.

En mayo de 2020 se generó la primera alarma, con la masiva caída de al menos 169 fardelas blancas en un periodo de 6 semanas entre abril y junio, de las cuales 96 (57%) fueron halladas muertas. Se trató en su mayoría de polluelos volantones, los cuales se desorientaron por la luz, chocaron con infraestructura y se accidentaron o cayeron al suelo, siendo atacados por perros y gatos. Otros, en tanto, lograron esconderse y fueron rescatados por personas de la comunidad, y por los equipos locales de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la ONG Oikonos.

| 45



Foto:

Fardelas blanca muertas por efectos de la contaminación lumínica en isla Robinson Crusoe. Conaf

17. Modelo AE6 de LEADSUN (<http://leadsun.cl/ae6.html>) diseñado para soportar climas extremos (lluvia, viento, granizo y resistente a ambientes marinos), sin cableado ya que se alimenta de energía solar y con sensor de movimiento que regula la intensidad de la luz (entre 100% y 40%) dependiendo de la detección de movimiento alrededor del equipo. Contiene lámparas de iluminación LED con espectro de luz blanca de temperatura de color 3000 K.

Las antiguas luminarias del borde costero también generaban impactos en las aves marinas, sin embargo, las nuevas luminarias con mayor intensidad y sin filtro del espectro azul, generaron un impacto mayor. Esto se constató a través del monitoreo de aves impactadas por contaminación lumínica llevado a cabo por Oikonos desde 2012. Antes del recambio de luminarias en el borde costero se registraba un número relativamente constante de aves marinas caídas, entre 25 y 68 por año (con un promedio de 41 ejemplares), registrándose un aumento de 676% en el número de fardelas blancas afectadas el 2020 respecto al año anterior, generando un grave impacto sobre esta especie.

Ante esta situación, en abril de 2021 el gobierno local tomó algunas medidas como el pintado de las pantallas de las luminarias de color verde, lo que redujo la intensidad de la luz artificial, pero no la emisión de luz en el espectro azul, lo cual continuó afectando a las aves marinas. De forma paralela, se buscaron soluciones a través del trabajo colaborativo junto al MMA, MOP y DOP, logrando disminuir la intensidad de las luminarias.

En la actualidad el nuevo gobierno local, junto al MOP y la ONG Oikonos, están buscando soluciones para disminuir el impacto de la contaminación lumínica. En reuniones locales realizadas en enero de 2022,

se propuso instalar pantallas que filtren el espectro azul de las luminarias antes de mayo, época en que los volantones salen del nido. Durante abril 2022, Oikonos en conjunto con MOP, Municipio de Juan Fernández y Aladdin Lighting implementaron en cada luminaria un marco con filtro ámbar para luminarias LED¹⁸, que permite disminuir el impacto lumínico.

Además, la Municipalidad de Juan Fernández junto a la ONG Oikonos, trabajarán en un plan de recambio de luminarias para toda la isla Robinson Crusoe, con el fin de acelerar el cambio propuesto en la nueva norma de emisión lumínica, que no solo incluirá la protección de los cielos con fines astronómicos, sino también el cuidado de la biodiversidad (ver Sección 4). El trabajo coordinado y colaborativo entre instituciones públicas y privadas significará un avance en la protección de las aves y en la disminución de la contaminación lumínica de Robinson Crusoe.

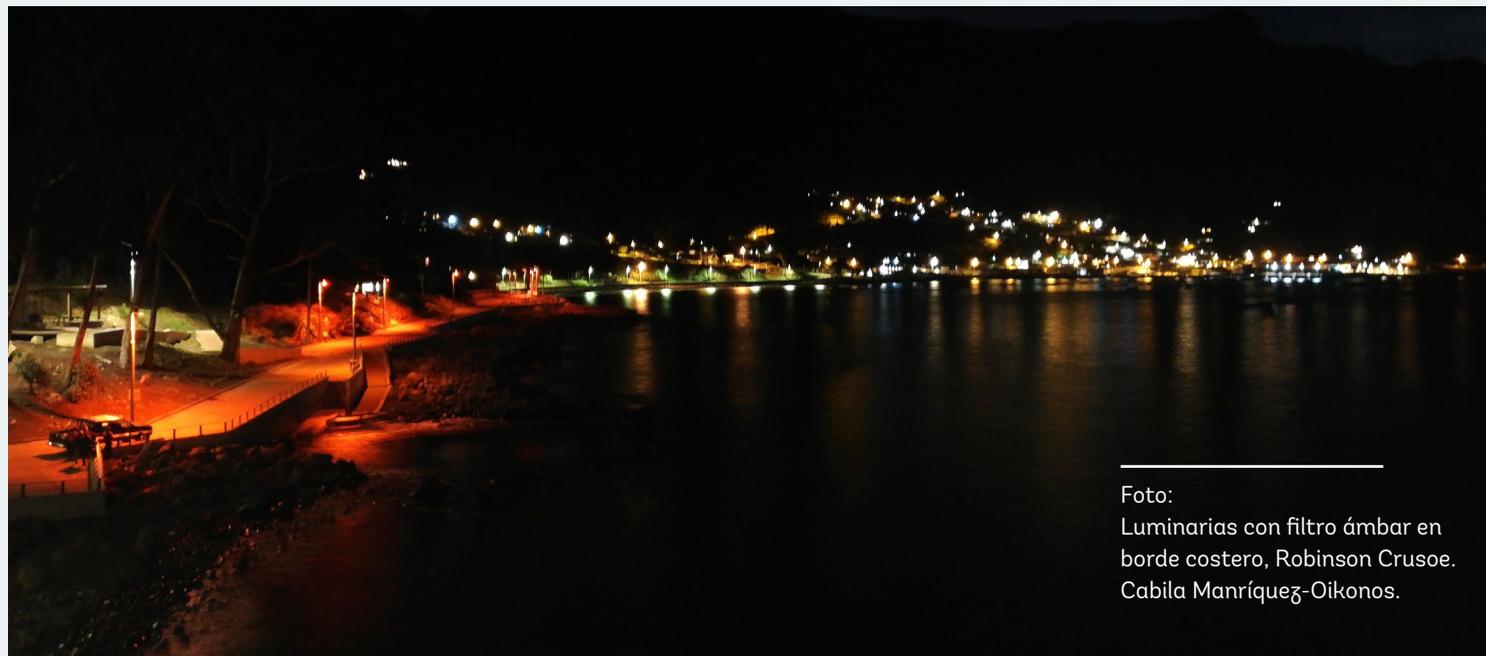


Foto:
Luminarias con filtro ámbar en
borde costero, Robinson Crusoe.
Cabila Manríquez-Oikonos.



Foto:
Filtro ámbar instalado en luminarias LED del borde costero, isla
Robinson Crusoe. Oikonos

18. Filtro de color ámbar que elimina la refracción y disminuye la luz en el espectro azul. Cumple con el DS 43.

8.2 PUNTA DE CHOROS: UN PUEBLO COSTERO VOLCADO AL ECOTURISMO

Por Frederick Toro y Pablo Garrido, ONG Panthalassa

REGIÓN	Coquimbo
UBICACIÓN	Punta de Choros
FUENTE DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA	Alumbrado público de plaza, iluminación de caletas y cancha deportiva
ESPECIE AFECTADA	Yunco de Humboldt (<i>Pelecanoides garnotii</i>),
NIVEL AFECTACIÓN	15 a 300 individuos/año
ÉPOCA MAYOR AFECTACIÓN	Diciembre a marzo
ACCIONES PARA DISMINUIR IMPACTOS	Creación de la mesa del yunco para trabajo colaborativo



La zona de Punta de Choros se encuentra 117 km al norte de La Serena, aledaño a las islas Choros y Damas, que junto con la isla Chañaral (Región de Atacama) forman parte de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt. En este archipiélago habita una gran diversidad de aves, como pingüinos, pelícanos y piqueros de Humboldt, cormoranes liles, guanayes y yecos, entre otras. En isla Choros, ubicada 7 km frente al poblado, nidifica cerca del 95% de la población nacional de yunco de Humboldt (*Pelecanoides garnotii*), que es la especie de procelariforme más común de la zona y clasificada en peligro de extinción. Esta especie, pequeña y buceadora, se ve afectada por la contaminación lumínica de la localidad de Punta de Choros y zonas cercanas, especialmente en los meses de verano (diciembre a marzo).

| 47



Foto:
Punta de Choros.
Felipe Cáceres

Durante los meses estivales, los primeros vuelos nocturnos de los volantones de yunco coinciden con el aumento de la iluminación por la llegada de veraneantes a la zona, lo que genera un aumento significativo en las caídas de ejemplares. Esta situación se conoce desde 2010 y desde 2018 la ONG Panthalassa trabaja sistemáticamente en el monitoreo, rescate y liberación de los individuos que sufren estas caídas.

En los primeros años de monitoreo se registraban unos 15 ejemplares por temporada, que correspondían únicamente a hallazgos incidentales, por lo que probablemente estaba subestimado. Cuando la búsqueda se comenzó a realizar sistemáticamente (a partir de 2019), los registros de yunco aumentaron considerablemente y se volvieron fluctuantes dependiendo del año. En 2019 se registraron más de 100 caídas, en 2020 solo 22 y en 2022 más de 300. Inicialmente las caídas eran mayores durante enero, pero en los últimos años la mayor cantidad ocurre en febrero y marzo. Durante todo este período, la iluminación en la región de Coquimbo estaba regulada por la norma de emisión lumínica (DS43/2012), lo que demuestra con claridad que dicha norma era insuficiente para evitar la afectación de aves marinas por impacto lumínico.

Las zonas donde cae el mayor número de yuncos coinciden con las áreas más iluminadas del pueblo, que son la plaza (donde las caídas se relacionan con eventos nocturnos), la cancha de baby fútbol (donde las caídas se relacionan con partidos nocturnos) y las caletas Corrales y San Agustín, que tienen luminarias de los tipos más nocivos (halógenos y LED blancos) instaladas a gran altura, que permanecen encendidas durante toda la noche para resguardar los botes de los pescadores de la zona.

La cantidad de aves caídas en el pueblo es preocupante, por lo que se estima que la instalación de proyectos minero-portuarios en la zona (ej. proyectos Dominga y Cruz Grande) incrementaría la contaminación lumínica y el número de aves caídas, resultando en un efecto conjunto perjudicial para una especie clasificada en peligro de extinción.

En 2020 se creó la mesa del yunco, un grupo de trabajo con participación de diversas ONG, universidades, oficinas estatales y la comunidad local, orientada a disminuir los efectos negativos sobre esta especie. A través de ella se ha sensibilizado a la comunidad local acerca de esta problemática, lo que ha derivado en su involucramiento en la búsqueda, rescate y liberación de ejemplares. Sin embargo, aún es necesario concientizar acerca del origen de las caídas, lo cual se relaciona con el tipo, las características y la intensidad de las luminarias que se utilizan en el pueblo.



Yunco de Humboldt
Pelecanoides garnotii

8.3 LAS MINAS DE SALAR GRANDE: UN COMPLEJO INDUSTRIAL EN MEDIO DE MILES DE NIDOS

Por Rodrigo Silva e Ivo Tejeda, ROC

REGIÓN	Tarapacá
UBICACIÓN	Salar Grande
FUENTE DE CONTAMINACIÓN LUMÍNICA	Faenas mineras
ESPECIE AFECTADA	Golondrina de mar negra (<i>Hydrobates markhami</i>) principalmente
NIVEL AFECTACIÓN	13.325 individuos entre 2010 y 2021. 3500 individuos en 2021
ÉPOCA MAYOR AFECTACIÓN	Marzo a mayo
ACCIONES PARA DISMINUIR IMPACTOS	Recambio de luminarias y manejo de ejemplares caídos



Foto:
Golondrinas de mar negra afectadas por contaminación lumínica. Salar Grande, Región de Tarapacá. ROC

Salar Grande es un salar fósil de 250 km² de extensión, ubicado aproximadamente 90 km al sur de Iquique, en la región de Tarapacá. Está compuesto en un 99% por halitas y aunque tiene concesiones de explotación otorgadas en toda su superficie, la explotación actual se concentra en el tercio norte, donde las minas Kainita y Tenardita extraen unos 9,2 millones de toneladas de sal al año. Si bien estas minas se explotan hace más de un siglo, su iluminación ha aumentado exponencialmente en las últimas décadas y en la actualidad el halo lumínico del complejo minero es detectable a varias decenas de kilómetros.

Desde 2004 existía la sospecha de que golondrinas de mar nidificaban allí, pero recién en 2015 se reportaron los primeros nidos de golondrina de mar negra (*Hydrobates markhami*) en el sector. En la actualidad se conocen unos 1.500 nidos en el área y se estima que entre 10.000 y 20.000 parejas de esta especie en peligro de extinción nidifican en el salar. También se conocen en el área algunos nidos de golondrina de mar de collar (*Hydrobates hornbyi*) y golondrina de mar chica (*Oceanites gracilis*).

La región de Tarapacá es, sin duda, una de las zonas del mundo donde ocurren las mayores caídas de aves marinas por contaminación lumínica y las minas de Salar Grande explican en gran medida esta situación. De acuerdo con reportes del SAG (Malinarich & Vallverdú 2021), más de 3.500

golondrinas de mar fueron encontradas caídas en las minas de Salar Grande en 2021, correspondiendo a más del 40% del total reportado para la región ese año. Entre 2010 y 2021, se han registrado 13.325 golondrinas de mar caídas en Salar Grande, correspondiendo solo a una fracción de la cantidad total real. Los ejemplares caen principalmente entre marzo y mayo, siendo mayoritariamente de la especie golondrina de mar negra, pero también hay caídas de las otras especies de golondrina de mar que se reproducen en el área.

50 | Si bien existen reportes de golondrinas de mar caídas por luces en las minas de Salar Grande al menos desde 2010, la respuesta de las empresas mineras ha sido extremadamente lenta. Pese a diversas comunicaciones desde servicios públicos y organizaciones de la sociedad civil (cartas, reuniones, exposiciones y fiscalizaciones), hasta 2018 el manejo se limitó a acopiar y liberar los ejemplares caídos (con dudosa probabilidad de éxito). Solo a partir de 2019 comenzaron las acciones orientadas a la prevención de las caídas, aunque la situación actual aún dista de ser ideal. De acuerdo con comunicaciones informales de ambas compañías mineras, en los últimos años se han realizado programas de recambio de luminarias, pero se desconocen sus características y extensión. Otra medida de una de las compañías ha sido reducir considerablemente la iluminación durante los períodos críticos de caídas, pero a



Golondrina de mar chica
Oceanites gracilis

juzgar por la cantidad de ejemplares caídos que siguen reportando, esta medida es aún insuficiente. Por otra parte, un aspecto en el que el progreso es indiscutible es el manejo de los ejemplares caídos, transitando desde un manejo desastroso (varias decenas de ejemplares, incluyendo vivos y muertos, apilados en un cajón) a uno razonablemente bueno (protocolo e infraestructura para la recolección y el almacenamiento de ejemplares caídos) en 3 o 4 años. Lamentablemente, la sobrevivencia de los ejemplares liberados es desconocida, existiendo evidencia científica internacional poco concluyente al respecto (Raine et al. 2020).

Las minas Kainita y Tenardita actualmente tienen proyectos de expansión. Después de una tramitación ambiental dificultada principalmente por los efectos de la iluminación del proyecto sobre las golondrinas de mar, la ampliación de Tenardita se aprobó con un conjunto de medidas que incluye: (i) recambio completo de fuentes existentes, por luminarias certificadas que cumplan con el estándar de la nueva norma de emisión de luminosidad artificial, ii) implementación de sistemas de telegestión y sensores de movimiento, iii) instalación de cobertores superiores para todas las luces, y iv) apagado casi total de luces durante los meses más críticos de caídas.

Es probable que las minas que operan en Salar Grande lo sigan haciendo, pero para ello requerirán realizar un manejo de la iluminación nocturna del

más alto estándar conocido en el mundo, posiblemente incluyendo la restricción total de iluminación durante ciertos períodos críticos del año, así como el uso de luminarias de baja intensidad, emisiones azules mínimas y apantallamiento total. Además, deberán contar con un manejo sobresaliente de los ejemplares que, muy probablemente, caerán de todas formas. En tanto, los proyectos futuros en el área tendrán que demostrar que no afectan significativamente a las golondrinas de mar a través de la destrucción directa de nidos ni tampoco a través de los impactos de la contaminación lumínica.

Finalmente, a pesar de existir evidencia de caídas masivas de golondrinas de mar hace más de una década, recién en los últimos años han confluído los siguientes factores que han favorecido una mayor preocupación y respuesta frente a este problema por parte de las empresas: (i) divulgación de las causas de las caídas, (ii) clasificación de la golondrina de mar negra en la categoría de conservación En Peligro, (iii) elaboración de un plan de recuperación, conservación y gestión (RECOGE) de golondrinas de mar del norte de Chile, (iv) visibilización del problema con la consecuente exposición pública de las compañías mineras, y (v) la tramitación de proyectos de ampliación y extensión de las minas, que ha brindado instancias dentro de la institucionalidad ambiental para reevaluar impactos.



Foto:
Golondrinas de mar afectadas por
contaminación lumínica. Faena minera, Salar
Grande, Región de Tarapacá.
ROC

Referencias

BirdLife Malta (2020). Guidelines for ecologically responsible lighting. Disponible en: <https://birdlifemalta.org/wp-content/uploads/2020/07/Guidelines-for-Ecologically-Responsible-Lighting.pdf>

Commonwealth of Australia (2020). National Light Pollution Guidelines for Wildlife Including Marine Turtles, Seabirds and Migratory Shorebirds. Disponible en: <https://www.awe.gov.au/environment/biodiversity/publications/national-light-pollution-guidelines-wildlife>

Davies, T. W., Bennie, J., Inger, R., De Ibarra, N. H., & Gaston, K. J. (2013). Artificial light pollution: are shifting spectral signatures changing the balance of species interactions? *Global change biology*, 19(5), 1417-1423. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.12166>

Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C., Elvidge, C. D., Baugh, K., Portnov, B. A., Rybnikova, N. A. & Furgoni, R. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science advances*, 2(6), e1600377. Disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1600377>

Gallaway, T., Olsen, R. N., & Mitchell, D. M. (2010). The economics of global light pollution. *Ecological economics*, 69(3), 658-665.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2019). Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos 2019. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Disponible en: https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/Cd_Pb_Al_Cs_2019.pdf

Kimble, A., Alarcon, H., Gallinat, C. & Bennich, P. (2017). Global Lighting Challenge: Changing the world through public-private partnerships. ECEEE Summer Study Proceedings, 7-427-17, 1671-1675. https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2017/7-appliances-products-lighting-and-ict/global-lighting-challenge-changing-the-world-through-public-private-partnerships/

Malinarich, V. & A. Vallverdú (2021). Estudio de las poblaciones de golondrina de mar en la región de Tarapacá. Informe técnico. Unidad de recursos naturales, Servicio Agrícola y Ganadero. 60 pp.

Martínez, M., Sanhueza, P., Corco, C., Rojas Astudillo, H., Angeloni, R. & Damkeet, G. (2019). Justificación Restricción Espectral y Zonal Proceso Revisión DS043/2012 MMA. Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile - OPCC. Disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2020/proyectos/e8e_Justificacion_restriccion_espectral_y_zonal_proceso_revision_DS0432012_MMA_OPCC.pdf

MMA (2020). Informe del estado del medio ambiente. Capítulo 11. Contaminación Lumínica. Disponible en: <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/11-contaminacion-luminica.pdf>

MMA (s/f). Contaminación lumínica. Disponible en: <http://bcn.cl/2cvdo>. Revisado noviembre 2021.

OPCC (2020). Contaminación lumínica. Disponible en: http://opcc.cl/contaminacion_luminica.html. Revisado noviembre 2021.

Raine, A.F., Anderson, T., Vynne, M., Driskill, S., Raine, H. & Adams, J. (2020). Post-release survival of fallout Newell's shearwater fledglings from a rescue and rehabilitation program on Kaula'i, Hawai'i. *Endangered Species Res* 43:39-50. <https://www.int-res.com/articles/esr2020/43/n043p039.pdf>

Sanders, D., Frago, E., Kehoe, R., Patterson, C., & Gaston, K. J. (2021). A meta-analysis of biological impacts of artificial light at night. *Nature Ecology & Evolution*, 5(1), 74-81. Disponible en: <http://www.softlights.org/wp-content/uploads/2020/11/Sanders-et-al.-2020.-A-meta-analysis-of-biological-impacts-of-artificial-light-at-night.pdf>

Silva, R., Medrano, F., Tejada, 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, C., Toro, F., & Toro-Barros, B. (2020). Evaluación del impacto de la contaminación lumínica sobre las aves marinas en Chile: diagnóstico y propuestas. *Ornitología Neotropical*, 31(1), 13-24. Disponible en: <https://journals.sfu.ca/ornneo/index.php/ornneo/article/view/575>

Sistema Nacional de Información Ambiental, SINIA. (s/f). Contaminación lumínica. Disponible en: <https://sinia.mma.gob.cl/index.php/contaminacion-luminica-2021/>. Revisado noviembre 2021.

Tejada, I. & Colodro, V. (2020). Antecedentes sobre contaminación lumínica y biodiversidad. Documento para el proceso de revisión de la norma de emisión para la regulación de la contaminación lumínica, D.S. N° 43, del 2012, Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: https://www.redobservadores.cl/wp-content/uploads/2020/12/ROC_Oikonos_Antecedentes-revisi%C3%B3n-norma-lum%C3%ADnica_2020.pdf

UNOOSA (2020). Dark and Quiet Skies for Science and Society. Report and Recommendations. Results of the online Workshop. United Nations Office for Outer Space Affairs. Disponible en: <https://www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf>

Glosario

Factor de utilización: relación entre el flujo luminoso recibido por la superficie de referencia y la suma de la tasa individual de flujos luminosos.

Fenología: ciclos biológicos anuales de los seres vivos, asociados a las estaciones y el clima.

Iluminancia: flujo luminoso recibido por unidad de superficie.

Índice de reproducción cromática (IRC): indicador de fidelidad que representa la proximidad de los colores de los objetos cuando se iluminan mediante una fuente de prueba, en comparación con el iluminante de referencia. El valor máximo es 100 e indica que la luz en cuestión está lo más próxima posible a la fuente de luz de referencia.

Intensidad luminosa: flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido, medido en candelas.

Radiancia espectral: es la radiancia de un cuerpo para todo el espectro electromagnético.

Rendimiento cromático: se relaciona con la percepción de los colores y la capacidad de una fuente de luz para rendir el color “verdadero” como se vería con luz solar natural. Existen índices de rendimiento cromático que permiten cuantificar esta propiedad.

Temperatura de color correlacionada (TCC): índice que se utiliza para indicar la apariencia de color de la luz blanca. Valores bajos de TCC (<2500 K) se asocian con emisiones espectrales en el extremo rojo, resultando en luz cálida. Valores altos de TCC (>4000 K) se asocian con emisiones en el extremo azul del espectro, resultando en luz fría.

Utilancia: relación entre el flujo luminoso recibido por la superficie de referencia y los flujos totales individuales.

Volantones: individuos jóvenes de aves, que ya presentan plumas para realizar sus primeros vuelos, pero que no se encuentran completamente desarrollados.



oikonos
Ecosystem Knowledge



ROC



☆ OPCC ☆
Oficina de Protección de la Calidad
del Cielo del Norte de Chile