

**UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y FILOSOFÍA**

**“ALBERTO CAZORLA TALLERI”**



**EFFECTO DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA EN COLONIAS  
REPRODUCTIVAS DE LA GOLONDRINA DE MAR NEGRA (*Oceanodroma  
markhami*) Y LA GOLONDRINA DE MAR PERUANA (*Oceanodroma tethys  
kelsalli*), EN PERÚ**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN BIOLOGÍA**

**AUTORES:**

PATRICIA SANGIORGI MONROY

RODRIGO ALEJANDRO MEDINA FRANCO

**ASESOR:**

Dr. Rer. Nat. ARMANDO VALDÉS VELAZQUEZ

LABORATORIO DE ECOSALUD Y ECOLOGIA URBANA

**LIMA-PERÚ**

**2022**

## **Resumen:**

Las golondrinas de mar (Orden Procellariiformes) son un grupo de aves marinas pelágicas caracterizadas por transcurrir gran parte de su vida en mar abierto. Estas aves establecen sus colonias en ambientes desérticos extremos, a las cuales retornan en las noches durante el periodo reproductivo. Este grupo se encuentra dentro de las aves marinas menos conocidas, y se posee escasa información sobre su estado poblacional.

En el Perú se ha reportado una colonia de la golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*) en Paracas mientras que existen al menos cinco colonias reproductivas de la golondrina de mar peruana (*Oceanodroma tethys kelsalli*), ubicadas en las islas Chao, Corcovado, Santa, Ferrol y Foca.

Las colonias de golondrinas de mar son afectadas por amenazas como la contaminación lumínica, que consiste en la alteración de los regímenes de luz natural por la presencia de iluminación antropogénica. Las luces artificiales desorientan y atraen a los volantones que abandonan el nido mediante vuelo nocturno. Esto puede resultar en la caída masiva de aves (fallout), lo que puede provocar su muerte por colisión con estructuras humanas, atropello por vehículos, depredación, inanición o deshidratación. La actual tendencia de aumento en la urbanización a nivel global resulta en un aumento de la contaminación lumínica, por lo que se espera que su impacto en las poblaciones de golondrinas de mar incremente también.

Se han realizado investigaciones sobre las colonias reproductivas de estas especies en Perú, enfocándose en su identificación y caracterización, pero aún no se ha cuantificado el efecto de la contaminación lumínica sobre ellas. Se propone evaluar en qué medida la contaminación lumínica afecta a las colonias de *O. markhami* y *O. tethys kelsalli* en la costa peruana. Esto facilitará enfocar esfuerzos de conservación,

considerando el potencial efecto de la contaminación lumínica en sus poblaciones reproductivas.

Palabras clave: Contaminación lumínica, Golondrinas de mar, Hydrobatidae, Oceanodroma, fallout

**Abstract:**

Storm-petrels (Order Procellariiformes) are a group of pelagic seabirds characterized by spending most of their lifespan at open sea. These birds establish their colonies in extreme desert environments, to which they return at night during their breeding season. This group is considered one of the least known seabirds and information about their distribution and the state of their breeding colonies is scarce.

In Perú there's record of a single colony of Markham's storm-petrel (*Oceanodroma markhami*) in Paracas and at least five breeding colonies of the Wedge-rumped storm-petrel (*Oceanodroma tethys kelsalli*) located at the islands of Chao, Corcovado, Santa, Ferrol and Foca.

The colonies of storm-petrels are threatened by direct intervention to their nesting sites, the presence of obstacles during their flight, introduced predators and light pollution. The latter can be defined as the alteration of natural light regimes by the presence of anthropogenic lighting. Artificial light disorients and attracts storm-petrel fledglings that leave their nest at night. This can result in light induced mass fatality events on fledglings (fallout) from collisions with man made structures, predation, starvation, dehydration or being run over by vehicles. The trend of growing urbanization results in an overall increase in light pollution which should result in an intensification of the impact on storm petrel populations.

Research on the breeding colonies of this species is available, although these focus on their identification and characterization. The effect of light pollution on the colonies has not been quantified. This project proposes to evaluate to what extent light pollution has an impact on *O. markhami* and *O. tethys kelsalli* colonies in the peruvian coast. This information will allow to focus conservation efforts, taking into account the effect light pollution may have on their breeding population.

Key words: Light pollution, storm-petrel, Hydrobatidae, Oceanodroma, fallout

## **Tabla de contenidos**

I. Estado del arte.....	6
1. Antecedentes generales del efecto de la contaminación lumínica en aves marinas.....	6
1.1 Definición y tipos de alteración en el régimen de luz natural.....	6
1.2 Efectos en aves del orden Procellariiformes.....	7
1.3 Fuentes y caracterización de la contaminación lumínica en la costa de Perú.....	9
2. Generalidades de las golondrinas de mar.....	9
2.1 Sistemática.....	9
2.2 Ecología poblacional.....	10
2.3 Reproducción y fenología.....	11
3. Golondrinas de mar en El Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt.....	12
3.1 Especies que nidifican en territorio peruano.....	12
3.2 Estado actual y ubicación de las colonias respecto a fuentes de luz artificial.....	13
3.3 Estado de conservación y amenazas principales a <i>Oceanodroma markhami</i> y <i>Oceanodroma tethys</i> .....	14
II. Problema de Investigación.....	15
III. Estrategia de Investigación.....	17
IV. Referencias.....	19

## **I. Estado del arte**

### **1. Antecedentes generales del efecto de la contaminación lumínica en aves marinas**

#### **1.1 Definición y tipos de alteración en el régimen de luz natural**

La contaminación lumínica se define como una “alteración de los niveles nocturnos de iluminación natural causada por fuentes antropogénicas de luz” [1]. Las principales fuentes de luz artificial, que se ubican en pueblos, ciudades y sus alrededores, crean el efecto negativo más visible de la contaminación lumínica, conocido como “sky glow”, o resplandor artificial. Este se observa como una luz difusa en la atmósfera que incrementa la luminosidad del cielo nocturno [1,2].

Las luces artificiales han perturbado los regímenes de luz natural, interrumpiendo los ciclos naturales de luz y oscuridad. Estas perturbaciones incluyen cambios en el tiempo de iluminación, por una mayor persistencia de luces encendidas en horarios naturales de oscuridad. Las luces artificiales también presentan distintas composiciones espectrales a la esperada de fuentes naturales, con una variedad de intensidades lumínicas en distintas longitudes de onda. Finalmente, se dan asimismo cambios en la distribución espacial de la iluminación, producto de la extensión de ciudades y zonas suburbanas hacia áreas naturalmente poco iluminadas [2].

A nivel global se ha observado un aumento en urbanización y crecimiento poblacional, lo que conlleva aumentos en la densidad y distribución de luces artificiales [2]. Las fuentes de luz artificial se concentran en ciudades y áreas circundantes, afectando a zonas ubicadas a cientos de kilómetros de distancia. En un estudio realizado por Falchi y colaboradores en el 2015, se estimó que aproximadamente el 83% de la población

mundial vive bajo cielos contaminados por luces artificiales [1]. Así como la luz natural puede ser usada por organismos en diversos procesos fisiológicos o como fuente de información, la luz artificial también podría alterar el uso de los recursos y el flujo de información en los ecosistemas [2]. Sin embargo, el efecto que tiene el aumento de la contaminación lumínica, causado por la expansión urbana, en la biodiversidad aún es poco conocido [3].

## **1.2 Efectos en aves del orden Procellariiformes**

La contaminación lumínica tiene grandes implicaciones ecológicas, impactando a un amplio rango de especies [2]. Se ha registrado que incluso bajos niveles de luz artificial en la noche pueden alterar la fisiología reproductiva de aves urbanas, adelantando la producción de hormonas de crecimiento [3]. La reparación y la recuperación de funciones fisiológicas en horas de oscuridad también se ha reportado afectada, así como adelantos o retrasos en el ritmo circadiano [2]. Otros efectos incluyen la modificación de comportamiento de depredadores nocturnos [4], la alteración de patrones de navegación de aves migrantes [2] y la desorientación de aves que realizan movimientos nocturnos [5]. Este último punto es relevante ya que una de las consecuencias ecológicas más importantes de la contaminación lumínica son los eventos de mortalidad en masa, que se dan producto de la desorientación y atracción de las aves hacia las fuentes de luz artificiales [6].

El efecto de desorientación y atracción por las luces artificiales de zonas urbanas costeras afecta a aves marinas del orden Procellariiformes, como las golondrinas de mar [7,8] y especies similares que anidan en madrigueras o cavidades subterráneas en el sustrato [6]. En particular, se ha encontrado que el efecto se produce sobre individuos

juveniles que recién se alejan de su nido, conocidos como volantones, mientras que en adultos esta desorientación ocurre en menor medida [6]. Los factores detrás de la atracción de los volantones hacia las fuentes de luz todavía no están bien definidos. Se han propuesto hipótesis como que su sistema visual inmaduro y su inexperiencia fuera de la colonia son los factores causantes de esta atracción [7]. La conexión entre el sistema visual inmaduro de los volantones y su vulnerabilidad hacia las fuentes de luz puede explicar la disparidad en la cantidad de individuos desorientados entre grupos etarios [7]. Las especies que anidan en madrigueras o cavidades pasan gran parte de su vida temprana en la oscuridad, y probablemente alcanzan la madurez visual en la etapa de volantones, al abandonar la colonia [7]. La mayoría de las desorientaciones y atracciones a fuentes de luz ocurren en el primer vuelo de los volantones hacia el océano [6], en el cual muchas veces deben sobrevolar grandes ciudades o caminos iluminados [9]. Los volantones también pueden ser atraídos por las luces de barcos o plataformas petroleras, por lo que el problema de la contaminación lumínica se extiende también al mar [4].

Una vez que las aves se desorientan y son atraídas hacia las fuentes de luz artificial, ocurre un fenómeno conocido como “fallout”, que consiste en la caída de las aves al suelo. La caída se da por agotamiento después de varias horas sobrevolando alrededor de las fuentes de luz artificial [5]. Este evento puede ser fatal para las aves, por colisión con estructuras humanas al caer, como edificios, cables, rejas, postes [10] o por el impacto con el suelo [6]. Los impactos mencionados pueden matar al ave o producir heridas como alas rotas o daño interno [10]. Otras fuentes de mortalidad posteriores a la caída son la depredación, el atropello por vehículos, la inanición y la deshidratación. La consecuencia principal de la fatalidad inducida por luz artificial es la reducida

supervivencia después de que los volantones salen de la colonia y a nivel poblacional un menor éxito reproductivo [6,11].

### **1.3 Fuentes y caracterización de la contaminación lumínica en la costa de Perú**

Según Silva y colaboradores, en las últimas décadas se ha dado un aumento del desarrollo urbano en la costa pacífica de Sudamérica, lo que ha producido un incremento en la contaminación lumínica [5]. La costa peruana está habitada por 17 millones de personas, lo que corresponde al 58,8% de la población del Perú [12]. Las principales fuentes de luces artificiales en Perú se concentran en las ciudades costeras como Chiclayo, Trujillo, Chimbote, Lima y Pisco [13], lo que coincide con las ciudades más pobladas del área costera. Estas poseen distinta distribución espacial e intensidad lumínica, por lo que se espera presenten impactos diferenciales en la diversidad.

## **2. Generalidades de las golondrinas de mar**

### **2.1 Sistemática**

El orden Procellariiformes es un grupo de aves marinas cercano a los Pelecaniiformes y Sphenisciformes [14], pero se distinguen de estos por características como una gran capacidad de vuelo, hábitos pelágicos y por vuelos largos de forrajeo y migración con una fuerte conexión a sus colonias natales [15]. Dentro de este orden se encuentran las golondrinas de mar, un grupo de aves pequeñas que se distribuyen en todos los mares y pertenecen a la familia Hydrobatidae. Esta familia pasó por una radiación filogenética en el Mioceno tardío gracias a la aparición de sistemas de afloramiento del Pacífico Este, lo que resultó en una gran diversidad de golondrinas de mar en esta zona del océano Pacífico [15, 16].

## **2.2 Ecología poblacional**

Las golondrinas de mar son aves marinas pelágicas que presentan dietas altamente especializadas [16, 17], y al igual que otros miembros del orden Procellariiformes, dependen completamente de los recursos del mar. En estudios recientes se ha confirmado que la morfología de las golondrinas de mar está fuertemente relacionada con su método de forrajeo y su dieta [16], principalmente compuesta de anchoveta, cefalópodos y crustáceos, en golondrinas de mar distribuidas en la costa Pacífico de Sudamérica [17]. La información ecológica de estas aves es escasa, lo que puede deberse a varios factores como su amplio hábitat de forrajeo, dificultad de identificación en campo, hábitos nocturnos y dificultad de análisis de heces [16].

Las golondrinas de mar tienen un estilo de vida pelágico y pasan la mayor parte del tiempo en altamar, solo retornando a las colonias para la reproducción [18]. Sus colonias generalmente se ubican en islas remotas y zonas terrestres aisladas en medio del desierto, con intensidades luminosas nocturnas bajas o nulas [16]. Las golondrinas de mar están fuertemente adaptadas a la navegación en la oscuridad, permitiéndoles actividades de vuelo de entrada y salida de estas colonias durante la noche o en períodos de baja intensidad lumínica [19, 20].

La adaptación de las golondrinas de mar para el vuelo nocturno se da gracias al uso de los astros como referencias para su navegación, lo que les da una alta capacidad de orientación en ambientes naturalmente oscuros [6,19]. Se cree que el principal mecanismo a través del cual las luces artificiales atraen a este grupo de aves es por la interferencia con sus capacidades de identificar astros como la luna y las estrellas [6,7]. Sin embargo, se han propuesto otras hipótesis que buscan explicar el mecanismo de

atracción lumínica, como la inexperiencia de forrajeo en volantes, ya que individuos jóvenes podrían confundir a las luces con presas bioluminiscentes [21].

### **2.3 Reproducción y fenología**

Las golondrinas de mar están adaptadas para reproducirse en ambientes desérticos extremos [9] o en terrenos rocosos de islas oceánicas [11]. En general, las especies presentes en la costa Pacífico de Sudamérica anidan en colonias ubicadas en áreas desérticas, mayormente en depósitos salinos [5]. Este sustrato duro genera cavidades naturales que utilizan como nidos [22]. Algunas especies, como *Oceanodroma tethys*, aprovechan las ranuras naturales de paredes rocosas y acantilados para colocar sus nidos, e incluso pueden anidar en cavidades de paredes de piedra fabricadas por el hombre [23]. Las particulares características de sus colonias ocasionan que estas sean inaccesibles o difíciles de identificar, por lo que existe escasa información sobre los sitios de reproducción y la historia natural de numerosas especies de golondrinas de mar [24].

Las etapas de vida de las golondrinas de mar, pertenecientes a la familia Hydrobatidae, pueden clasificarse como huevo, pichón, volantón y adulto [24]. Los adultos alcanzan la madurez sexual en el 4to o 5to año de vida, y en la temporada reproductiva regresan al mismo sitio de anidamiento [19]. Durante el período reproductivo realizan vuelos solo cerca de las colonias [18]: cada pareja suele poner un huevo por temporada [19] y siempre un miembro se queda en el nido mientras el otro forrajea [25]. Una vez que sale el pichón del huevo, es alimentado por los padres por regurgitación [6]. La última etapa de la temporada reproductiva es la independización de los volantes, cuando los individuos abandonan el nido [18]. Luego permanecen varios años en el mar, hasta alcanzar su edad reproductiva [6].

La etapa de volantones es una de las más críticas en la vida de las golondrinas, ya que representa el paso de una vida dependiente de los padres a una vida independiente en el mar [19], por lo que es particularmente susceptible a amenazas [6]. Una vez que el ave entra en la etapa de volantón, debe aprender a volar, capturar alimento en el mar y mantener su plumaje impermeable [26]. Por esta razón la supervivencia en las primeras semanas en el mar es menor que en otras etapas de vida [19]. Esta mortalidad es aún mayor si se consideran los efectos de la contaminación lumínica, ya que en muchos casos los juveniles deben volar sobre zonas iluminadas para llegar al mar, incluyendo ciudades, minas, caminos y complejos industriales [9].

El período reproductivo de las golondrinas de mar puede ser diferente entre especies o entre colonias de la misma especie. Por ejemplo, las colonias de la especie *Oceanodroma markhami* en Paracas se reproducen en verano y otoño [18], con la puesta de huevos entre abril y agosto, mientras que colonias de esta especie en Salar Grande y Salar de Navidad en Chile realizan la puesta de huevos entre noviembre y enero [24]. La temporada reproductiva suele ajustarse de forma que el nacimiento de los pichones coincide con los picos de abundancia de comida del área donde se encuentran [22]. Un ejemplo es la golondrina de mar peruana (*Oceanodroma tethys kelsalli*), cuyo período reproductivo coincide con el pico del reclutamiento de la anchoveta en Perú [25]. Las colonias de esta especie también pueden presentar al menos dos temporadas reproductivas durante el año, dependiendo de si se ubican en Chile o en Perú [23].

### **3. Golondrinas de mar en El Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt**

#### **3.1 Especies que nidifican en territorio peruano**

En el Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt existe una gran diversidad de golondrinas de mar [16]. Varias especies de este grupo, pertenecientes a la familia Hydrobatidae, se reproducen desde la costa norte del Perú (4°S) hasta la Isla Grande de Chiloé, en Chile (42°S) . Estas especies incluyen al paiño de Elliot (*Oceanites gracilis*), la golondrina mar de collar (*Oceanodroma hornbyi*), la golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*) y a la golondrina de mar peruana (*Oceanodroma tethys*) [25]. En Perú, se pueden encontrar colonias de *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883) y de *Oceanodroma tethys kelsalli* (Lowe 1925), y se presume la existencia de colonias de *O. hornbyi* en la sierra, aunque no se ha encontrado ninguna hasta el momento [18, 25].

### **3.2 Estado actual y ubicación de las colonias respecto a fuentes de luz artificial**

Existe poca información sobre los sitios de reproducción de *O. markhami*, y las colonias conocidas han sido identificadas recientemente [24]. Se conocen cinco colonias de *O. markhami* a nivel mundial, pero solo una de ellas se ubica en Perú, en la península de Paracas, en donde se estima alrededor de 2,300 parejas [24]. En Chile se estima una población total de 55,733 parejas reproductivas, por lo que el número de individuos de *O. markhami* que se reproducen en Perú es bajo en comparación a las poblaciones que anidan en territorio chileno [24].

En total se han registrado ocho sitios de anidación de *O. tethys kelsalli* en la costa peruana, aunque es probable que áreas inexploradas alberguen colonias adicionales [23]. Sus colonias se encuentran principalmente en los departamentos de Ancash, Piura, Lima e Ica. En las colonias de las islas Gallinazos y La Huaca (Lima), y en la isla San Gallan (Ica) no se han actualizado los registros de Murphy desde 1936 [23]. En la última década

(2004-2008) se han registrado nidos activos con huevos y pichones en el departamento de Ancash (islas Chao, Corcovado, Santa y Ferrol), y en Piura (isla Foca) [23]. De estas colonias activas, las más grandes se ubican en las islas Santa y Ferrol, con 407 y 176 nidos activos, respectivamente [23, 24]. A pesar de estos datos, en general se tiene poca información sobre las especies de golondrinas de mar que anidan en Perú [18].

Las colonias de ambas especies ubicadas en la costa peruana se encuentran cerca de fuentes de contaminación lumínica. En el caso de *O. markhami*, imágenes satelitales evidencian la cercanía de las Salinas de Otuma y de las ciudades de Paracas y Pisco [13]. Las dos colonias más grandes de *O. tethys kelsalli* (isla Santa y Ferrol) se encuentran ubicadas cerca de la ciudad de Chimbote [23] y de los pueblos de Coishco y Santa [13]. Es importante considerar la distribución espacial de las colonias reproductivas, y su proximidad a las fuentes de luz antropogénicas, ya que la distancia entre estas juega un rol determinante en la severidad de los impactos de la contaminación lumínica [6].

### **3.3 Estado de conservación y amenazas principales a *O. markhami* y *O. tethys***

Las golondrinas de mar son consideradas uno de los grupos en mayor peligro dentro de las aves marinas. A nivel global comprenden 13 especies clasificadas como Casi Amenazadas, Vulnerables, En Peligro o En Peligro Crítico [9, 27]. El conocimiento sobre el estado poblacional de las golondrinas de mar es bastante limitado, lo que a su vez dificulta la clasificación dentro de alguna categoría de amenaza. La ausencia de consenso sobre tamaños poblacionales y escasa información de la ubicación de sus colonias reproductivas causa que varias de estas especies estén clasificadas como “Datos Insuficientes” [20], lo que dificulta el planteamiento de estrategias de conservación [22].

La falta de información sobre el estado poblacional de *O. markhami* y *O. tethys kelsalli* dificulta determinar con precisión su estado de conservación. De acuerdo con la lista roja de la IUCN, *O. markhami* se encuentra Casi Amenazado mientras que el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú la considera como Vulnerable [27,28]. Esta diferencia puede deberse a que el 96% de la población reproductiva de *O. markhami* se encuentra en Chile, y el estado poblacional podría ser distinto entre colonias chilenas y peruanas [24]. De acuerdo con los registros de la IUCN, *O. tethys* se encuentra en “Preocupación menor” [27], pero esto podría no ser representativo de la subespecie *O. tethys kelsalli* que anida en el Perú, ya que esta clasificación toma en consideración también a la subespecie *O. tethys tethys* que anida en las Islas Galápagos y presenta una distribución bastante más amplia [29]. Es importante tener información de estas especies y subespecies para clasificarlas adecuadamente y poder así generar estrategias específicas y eficientes para su conservación [9].

## **II. Problema de investigación**

Diversos estudios han documentado los efectos de la contaminación lumínica en la ecología de una variedad de especies [2], particularmente en aves marinas [4, 6, 8, 11, 10]. Uno de los grupos más afectados es el de las golondrinas de mar, cuyos registros de fallout en la costa Pacífico Este se han realizado particularmente en Chile, con énfasis en *O. gracilis*, *O. hornbyi*, *O. markhami* y *O. tethys kelsalli*. Estudios que evaluaron la mortalidad de *O. markhami* en Salar Grande, Chile, estimaron una mortalidad por contaminación lumínica de más de 20,875 individuos por año [22]. En la región de Antofagasta, norte de Chile, se han reportado un máximo de 240 individuos de *O. hornbyi* caídos por año entre 2009 y 2018 [6], y existen registros ocasionales de ejemplares caídos de *O. tethys* en Chipana y Aduana del río Loa en el norte de Chile [5]. En general, la

magnitud del impacto de la contaminación lumínica varía dependiendo de la colonia, por lo que la distribución de las colonias respecto a las fuentes de luz tiene un rol en la cantidad de fallouts registrados [4]. En la ciudad de Iquique, norte de Chile, se observó un aumento de las caídas de *O. markhami* a partir de 2014, probablemente relacionado con el incremento de iluminación urbana y uso de luces LED [5].

Existe poca información sobre las dos especies que nidifican en Perú, *O. markhami* y *O. tethys kelsalli* [18]. Los estudios que se han realizado en el Perú se han concentrado en la identificación y caracterización de las colonias [24, 23], aunque algunos registros podrían estar desactualizados. Se tienen registros de la caída de volantones de *O. markhami* principalmente entre noviembre y diciembre, y aunque no se conoce esta información para *O. tethys kelsalli*, se sabe que su periodo de anidación se da entre abril y mayo [18, 25], con lo que se podría estimar el periodo de caída de volantones. La información sobre la localidad de las colonias es escasa, y no existe un consenso sobre el estado poblacional de estas especies [22]. Esta falta de información no permite establecer un vínculo causal entre la contaminación lumínica y la mortalidad de volantones. Sin embargo, en las últimas décadas se ha visto un aumento en el desarrollo urbano de la costa Pacífico Este, por lo que se espera observar un incremento en contaminación lumínica, y por lo tanto un incremento de sus efectos [5].

A pesar de que se han registrado eventos de fallout en Perú [18], hasta el momento la magnitud, la extensión geográfica y temporal del impacto de la contaminación lumínica se desconoce a nivel poblacional para las colonias de *O. markhami* y *O. tethys kelsalli*. Las colonias de *O. markhami* y *O. tethys kelsalli* se encuentran cerca de fuentes importantes de contaminación lumínica, como lo son las ciudades de Chimbote, Pisco y

Paracas [24, 23, 13]. Es por esto que se propone evaluar la pregunta ¿En qué medida la contaminación lumínica afecta a las colonias de *O. markhami* y *O. tethys kelsalli* en la costa peruana? Actualmente los programas de rescate en especies cercanas son la medida de mitigación más común para reducir el riesgo de mortalidad una vez que los individuos caen, pero esta acción ha demostrado no ser suficiente para subsanar la amenaza que representa la contaminación lumínica [6]. De acuerdo a lo descrito anteriormente, para la conservación de las golondrinas de mar sería necesario realizar políticas de reducción de contaminación lumínica, minimizando la intensidad y el uso de las luces artificiales [22, 24], especialmente en cercanía a las colonias y durante la época de los primeros vuelos de los volantones [20]. Cuantificar la mortalidad inducida por la contaminación lumínica en las poblaciones de estas especies es un paso crucial en el planteamiento de estrategias efectivas de mitigación [6].

### **III. Estrategia de investigación**

Con el objetivo de evaluar el efecto de la contaminación lumínica en las poblaciones de *O. markhami* y *O. tethys kelsalli* ubicadas en Perú, se plantea: explorar la asociación entre la contaminación lumínica y la mortalidad de volantones en cada colonia, en base a isolíneas de intensidad lumínica. Para el caso de *O. markhami*, se trabajará con la población de la colonia ubicada en la península de Paracas [24]. Para *O. tethys kelsalli* se seleccionó trabajar con las poblaciones de Isla Santa e Isla Ferrol, de acuerdo con criterios como un mayor tamaño poblacional y número de nidos activos [25].

Con el fin de determinar la intensidad lumínica a la que están expuestas las colonias, se generarán isolíneas de intensidad lumínica alrededor de cada fuente de luz artificial utilizando la plataforma Google Earth. Estas isolíneas representan franjas de

diferente intensidad lumínica, la cual varía dependiendo de la distancia a la fuente de luz artificial. La información que se utilizará para desarrollar las isolíneas será extraída de un mapa interactivo de libre acceso que hace uso de medidas realizadas por el satélite VIIRS en el 2021 [13].

Para caracterizar la asociación entre contaminación lumínica y la mortalidad de volantes, se determinará la ubicación de los nidos en cada colonia (o sección de colonia) de *O. markhami* y *O. tethys kelsalli* respecto a las franjas de intensidad lumínica delimitadas por las isolíneas. Una vez identificada la posición de los nidos respecto a las franjas, se anillará a los pichones presentes en ellos. Se le hará seguimiento a esta cohorte durante el abandono del nido, y se contabilizará el número de fallouts en la cercanía de las fuentes de contaminación lumínica identificadas. El marcaje y seguimiento se realizará durante tres temporadas reproductivas, en cada una de las cuales se reestablecerán las franjas de intensidad lumínica teniendo en cuenta los cambios anuales en la expansión lumínica-urbana debido al crecimiento demográfico. Esta estrategia presenta como limitación que probablemente no sea posible contabilizar la totalidad de los fallouts, es decir, los volantes que mueren al caer al mar, los que caen fuera de la zona de investigación y los que son depredados al caer.

#### IV. Referencias bibliográficas

1. Falchi F, Cinzano P, Duriscoe D, Kyba C, Elvidge C, Baugh K. The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*. 2016; 2(6).
2. Gaston K, Bennie J, Davies T, Hopkins J. The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological Reviews*. 2013; 88(4): 912-927.
3. Dominoni D, Quetting M, Partecke J. Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proc R Soc B*. 2013; 280(1756).
4. Rodriguez A, Garcia D, Rodriguez B, Cardona E, Parpal L, Pons P. Artificial lights and seabirds: is light pollution a threat for the threatened Balearic petrels? *Journal of Ornithology*. 2015; 156: 893-902.
5. Silva R, Medrano F, Tejeda I, Terán D, Peredo R, Barros R et al. Evaluación del impacto de la contaminación lumínica sobre las aves marinas en Chile: Diagnóstico y propuestas. *Ornitología Neotropical*. 2020; 31(1):13-24.
6. Rodriguez A, Holmes N, Ryan P, Wilson K, Faulquier L, Murillo Y et al. Seabird mortality induced by land-based artificial lights. *Conservation Biology*. 2017; 31(5): 986-1001.
7. Atchoi E, Mitkus M, Rodriguez A. Is seabird mortality light-induced explained by the visual system development? *Conservation Science and Practice*. 2020; 2(6).
8. Gjerdrum C, Ronconi R, Turner K, Hamer T. Bird strandings and bright lights at coastal and offshore industrial sites in Atlantic Canada. *Avian Conservation and Ecology*. 2021; 16(1).
9. Norambuena HV, Medrano F, Barros R, Silva R, Peredo R, Tejeda I. More than just the driest desert in the world: a long and uncertain battle to conserve the storm petrels of the Atacama Desert. *EMU*. 2021; 1-3

10. Rodríguez A, Moffett J, Revoltós A, Wasiak P, McIntosh R, Sutherland D et al. Light pollution and seabird fledglings: Targeting efforts in rescue programs. *The Journal of Wildlife Management*. 2017; 81(4): 734-741.
11. Troy J, Holmes N, Veech J, Green M. Using observed seabird fallout records to infer patterns of attraction to artificial light. *Endangered Species Research*. 2013; 22(3): 225-234.
12. INEI. Perú: Estado de la Población en el año del Bicentenario, 2021. [Internet]. 2021. Disponible en: [libro.pdf \(inei.gob.pe\)](#)
13. Jurij Stare. Light pollution map. [Internet]. 2021. [Citado 2 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=5.05&lat=-9.0059&lon=-76.8915&layers=B0FFFFFFFFFFFFFFFFFFFF>
14. Hackett SJ, Kimball RT, Reddy S, Bowie RC, Braun EL, Braun MJ, Chojnowski JL, Cox WA, Han KL, Harshman J, Huddleston CJ, Marks BD, Miglia KJ, Moore WS, Sheldon FH, Steadman DW, Witt CC, Yuri T. A phylogenomic study of birds reveals their evolutionary history. *Science*. 2008 Jun 27;320(5884):1763-8. doi: 10.1126/science.1157704. PMID: 18583609.
15. Silva MF, Smith AL, Friesen VL, Bried J, Hasegawa O, Coelho MM, Silva MC. Mechanisms of global diversification in the marine species Madeiran Storm-petrel *Oceanodroma castro* and Monteiro's Storm-petrel *O. monteiroi*: Insights from a multi-locus approach. *Mol Phylogenet Evol*. 2016 May;98:314-23. doi: 10.1016/j.ympev.2016.02.014. Epub 2016 Feb 24. PMID: 26921843.
16. Sausner J, Torres-Mura J, Robertson J, Hertel F. Ecomorphological differences in foraging and pattering behaviour among storm-petrel in eastern Pacific Ocean. *The Auk*. 2016; 133(3): 397-414.

17. Garcia-Godos I, Goya E, Jahncke J. The diet of Markham's storm petrel *Oceanodroma markhami* on the central coast of Perú. *Marine Ornithology*. 2002; 30: 77-83
18. Romero C. Distribución espacio-temporal de la golondrina de mar de Markham *Oceanodroma markhami* (Salvin, 1883) y la golondrina de mar acollarada *O. hornbyi* (Gray, 1854) en Perú. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*. 2021; 36(1): 68-84.
19. Brooke M. *Albatrosses and petrels across the world*. Oxford: Oxford University Press; 2004
20. Rodríguez A, Arcos J, Bretagnolle V, Díaz M, Holmes N, Louzao M, et al. Future directions in conservation research on petrels and shearwaters. *Front. Mar. Sci*. 2019; 6 (94): 1-27.
21. Imber MJ. Behaviour of petrels in relation to the moon and artificial lights. *Notornis*. 1975; 22: 302-306
22. Barros R, Medrano F, Norambuena H, Peredo R, Silva R et al. Breeding Phenology, Distribution and Conservation Status of Markham's Storm-Petrel *Oceanodroma markhami* in the Atacama Desert. *Ardea*. 2019; 107(1): 75-84.
23. García-Olaechea D, Chávez-Villavicencio C, Novoa-Cova J. A new breeding colony of the Wedge-rumped Storm-Petrel (*Hydrobates tethys kelsalli*, Lowe 1925) on Foca Island, extreme Northwestern Peru. *Rev. Peru biol*. 2020; 27(2): 225-228.
24. Medrano F, Silva R, Barros R, Terán D, Peredo R, Gallardo, B et al. Nuevos antecedentes sobre la historia natural y conservación de la golondrina de mar negra (*Oceanodroma markhami*) y la golondrina de mar de collar (*Oceanodroma hornbyi*) en Chile. *Rev. chil. ornitol*. 2019; 25(1): 21-30

25. Ayala L, Sanchez-Scaglioni R, Amoros S, Felipe L. A breeding colony of Wedge-rumped Storm-Petrel, *Oceanodroma tethys kelsalli* (Lowe 1925), on Santa Island-Perú. *Rev. Peru biol.* 2008; 15(1): 117-120.
26. Warham J. *The petrels: their ecology and breeding systems.* London: Academic Press; 1990
27. IUCN. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2.* 2021. Disponible en <https://www.iucnredlist.org>
28. SERFOR. *Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú. Primera edición.* Serfor (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre). Lima, Perú; 2018: 1-548.
29. Murphy RC. *Oceanic birds of South America, volume I.* New York: The Macmillian Company; 1936
30. Google. *Google Earth [Internet]. [Citado 2021 Nov 21].* Disponible en: <https://earth.google.com/web/@-9.89366778,-77.53134729,3218.5557256a,3173539.71600473d,35y,0.00001616h,8.5338108t>  
[.Or](#)