



Universidad Católica de Santa María

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**Estudio de las medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi*
(Gray, 1864), golondrina de la tempestad del collar, en el contexto de las
caídas en la ciudad de Arequipa entre los años 2021 - 2025**

Tesis presentada por:

Huanque Taco, Mario Yael Poldy

ORCID: 0009-0003-5964-0598

para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor:

Mg. Sanz Ludeña, Carlo Edison

ORCID: 0000-0002-5833-6442

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 13 de Junio del 2026

Dictamen: 016890-C-EPMVZ-2026

Visto el borrador del expediente 016890, presentado por:

2011185111 - HUANQUE TACO MARIO Yael POLDY

Titulado:

ESTUDIO DE LAS MEDIDAS Y RELACIONES BIOMÉTRICAS DE HYDROBATES HORNBYI (GRAY, 1864), GOLONDRINA DE LA TEMPESTAD DEL COLLAR, EN EL CONTEXTO DE LAS CAÍDAS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA ENTRE LOS AÑOS 2021 - 2025

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

**29729675 - ZUÑIGA VALENCIA ELOISA GABRIELA
DICTAMINADOR**



**72547272 - CORNEJO ROQUE ROMELY FERNANDA
DICTAMINADOR**



**42960827 - MEDINA ESCALANTE CYNTHIA KARIN
DICTAMINADOR**



ESTUDIO DE LAS MEDIDAS Y RELACIONES BIOMÉTRICAS DE HYDROBATES HORNBYI (GRAY, 1864 GOLONDRINA DE LA TEMPESTAD DEL COLLAR, EN EL CONTEXTO DE LAS CAÍDAS EN LA CIUDAD AREQUIPA ENTRE LOS AÑOS 2021 - 2

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

3

repositorio.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

4

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

5

www.researchgate.net

Fuente de Internet

6

www.coursehero.com

Fuente de Internet

7

es.mongabay.com

Fuente de Internet

8

cichlidae.com

Fuente de Internet

9

1library.co

Fuente de Internet

10

renati.sunedu.gob.pe

Fuente de Internet

11

Submitted to Universidad de Alcalá

Trabajo del estudiante

12

Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC

Trabajo del estudiante

13

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

14

repositorio.utn.edu.ec

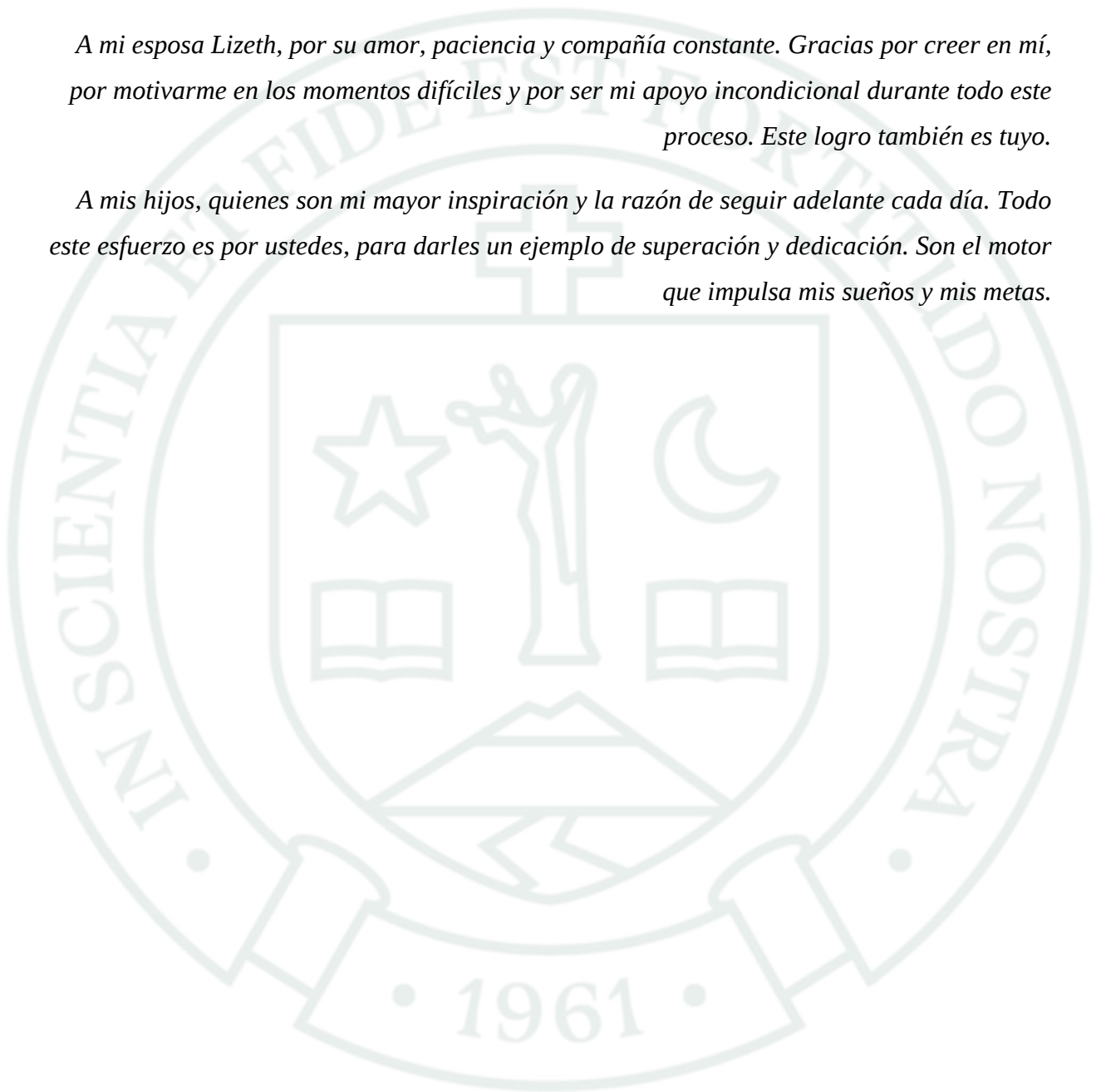
Fuente de Internet

DEDICATORIA

A mis padres, a quienes dedico este logro con todo mi corazón. Gracias por su amor, su esfuerzo y el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida. Por enseñarme a perseverar, por su comprensión y por ser el pilar fundamental en cada uno de mis pasos.

A mi esposa Lizeth, por su amor, paciencia y compañía constante. Gracias por creer en mí, por motivarme en los momentos difíciles y por ser mi apoyo incondicional durante todo este proceso. Este logro también es tuyo.

A mis hijos, quienes son mi mayor inspiración y la razón de seguir adelante cada día. Todo este esfuerzo es por ustedes, para darles un ejemplo de superación y dedicación. Son el motor que impulsa mis sueños y mis metas.



AGRADECIMIENTOS

Primero, doy gracias a Dios por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida. Su guía ha sido fundamental en cada paso de este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, sus enseñanzas y su apoyo constante. Gracias por inculcarme valores, motivarme a seguir adelante y ayudarme a superar cada obstáculo que se presentó.

A mi esposa Lizeth, por su amor, paciencia y comprensión durante todo este proceso. Gracias por estar a mi lado en los momentos difíciles, por impulsarme a no rendirme y por creer siempre en mí.

A mi hijo Estefano y a Alesia, quienes son mi mayor inspiración y motivo para seguir creciendo. Todo este esfuerzo es también por ustedes, por su futuro y por el ejemplo que quiero dejarles.



RESUMEN

Hydrobates hornbyi, conocida como “golondrina de la tempestad del collar”, es una especie de ave marina poco estudiada en relación con sus características biométricas en eventos de caída en zonas urbanas. El presente estudio tuvo como objetivo analizar las medidas y relaciones biométricas de esta especie en la ciudad de Arequipa durante el periodo 2021–2025. Se empleó un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y comparativo, basado en el análisis de registros documentales proporcionados por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo censal, considerando 238 registros válidos de individuos. Se analizaron variables biométricas como peso, longitud de ala (LA), longitud de cabeza (LC), longitud de culmen (LCu) y longitud de tarso (LT), así como las variables de edad y año del evento. Los resultados mostraron que el peso promedio fue de $38,57 \pm 5,83$ g, la longitud de ala de $193,92 \pm 27,98$ mm, la longitud de cabeza de $25,78 \pm 2,37$ mm, la longitud del culmen de $17,47 \pm 1,94$ mm y la longitud del tarso de $25,31 \pm 2,81$ mm. Las correlaciones entre variables fueron bajas, destacando la relación entre LT y LA ($r = 0,349$). En la comparación por edad, solo la longitud del tarso presentó diferencias significativas ($p = 0,026$), mientras que las demás variables no mostraron diferencias ($p > 0,05$). En contraste, se encontraron diferencias significativas entre años para todas las variables ($p < 0,05$). Se concluyó que *Hydrobates hornbyi* presenta una relativa estabilidad morfológica, baja asociación entre sus medidas corporales y una marcada variabilidad temporal, lo que resalta la importancia de considerar el factor año en el análisis de eventos de caída en esta especie.

Palabras clave: *Hydrobates hornbyi*, biometría, variabilidad interanual.

ABSTRACT

Hydrobates hornbyi, known as the “ringed storm-petrel,” is a seabird species that has been poorly studied regarding its biometric characteristics in fall events occurring in urban areas. The present study aimed to analyze the biometric measurements and relationships of this species in the city of Arequipa during the period 2021–2025. A quantitative, descriptive, and comparative approach was used, based on the analysis of documentary records provided by the National Forest and Wildlife Service (SERFOR). A non-probabilistic census sampling method was applied, considering 238 valid records of individuals. Biometric variables analyzed included body mass, wing length (WL), head length (HL), culmen length (CL), and tarsus length (TL), as well as age and year of the event. The results showed that the mean body mass was 38.57 ± 5.83 g, mean wing length was 193.92 ± 27.98 mm, mean head length was 25.78 ± 2.37 mm, mean culmen length was 17.47 ± 1.94 mm, and mean tarsus length was 25.31 ± 2.81 mm. Correlations between variables were low, with the highest value observed between tarsus length and wing length ($r = 0.349$). In the age-based comparison, only tarsus length showed significant differences ($p = 0.026$), while the remaining variables did not ($p > 0.05$). In contrast, significant differences were found among years for all variables analyzed ($p < 0.05$). It is concluded that *Hydrobates hornbyi* exhibits relative morphological stability, low association among its biometric variables, and marked temporal variability, highlighting the importance of considering the year factor in the analysis of fall events in this species.

Keywords: *Hydrobates hornbyi*, morphometrics, interannual variability.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I..... 2

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO 3

1.1. Enunciado del Problema..... 3

1.2. Descripción del problema..... 3

1.3. Justificación del trabajo..... 4

1.4. Objetivos..... 6

1.5. Hipótesis 6

CAPÍTULO II 7

2. MARCO TEORICO 8

2.1. Análisis bibliográfico 8

2.1.1. Origen taxonómico y descripción científica de *Hydrobates hornbyi*..... 8

2.1.2. Distribución geográfica del petrel de collar..... 8

2.1.3. Morfología general y características distintivas 9

2.1.4. Estado de conservación según la UICN..... 9

2.1.5. Hábitat natural y zonas marinas de alimentación 10

2.1.6. Ciclo de vida y reproducción de *H. hornbyi*..... 10

2.1.7. Comportamiento de vuelo y navegación 10

2.1.8. Identificación en campo y métodos de monitoreo 11

2.1.9. Estudios previos en Sudamérica y Perú..... 12

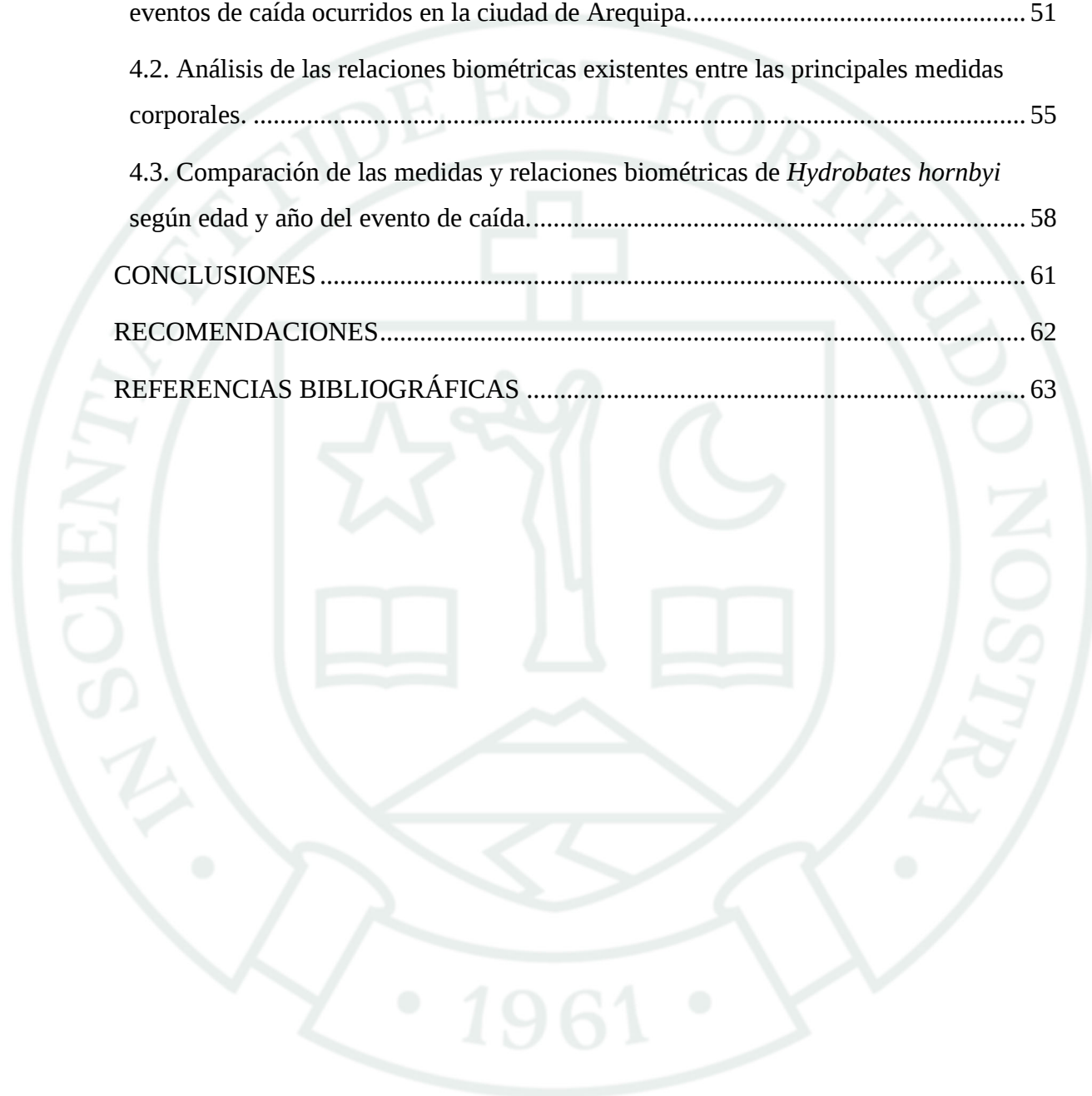
2.1.10. Registros de anidación y su incertidumbre científica 12

2.1.11. Fenómeno de caídas de aves marinas en áreas urbanas..... 13

2.1.12. Relación entre desorientación por luz artificial y colisiones	13
2.1.13. Estadísticas de rescates de petreles en Lima (2021–2025)	14
2.1.14. Proyectos de conservación urbana	14
2.1.14.1. Ringed Storm Petrel Project	15
2.1.15. Factores urbanos asociados a colapsos	15
2.1.15.1. Infraestructura.....	15
2.1.15.2. Clima	16
2.1.16. Impacto del ruido, contaminación y estructuras altas	16
2.1.17. Estacionalidad de las caídas y sus patrones migratorios.....	17
2.1.18. Importancia de las medidas biométricas en aves	18
2.1.19. Medidas Biométricas en Aves	18
2.1.19.1. Principales medidas tomadas	18
2.1.20. Técnicas estandarizadas de medición en aves migratorias	19
2.1.21. Diferencias sexuales y etarias en las medidas	20
2.1.22. Comparación con otras especies	21
2.1.23. Comparación con otras especies de <i>Hydrobates</i>	21
2.1.24. Fiabilidad de datos biométricos en condiciones de estrés o colapso	22
2.1.25. Herramientas de medición	22
2.1.25.1. Herramientas de medición: calibradores, balanzas digitales, etc.	23
2.1.26. Tipos de migración	23
2.1.26.1. Migración altamarina vs. desplazamientos costeros	24
2.1.27. Impacto del cambio climático.....	25
2.1.27.1. Alteraciones en rutas migratorias por el cambio climático	25
2.1.27.2. Efecto de El Niño y La Niña en la ruta de <i>Hydrobates hornbyi</i>	26
2.1.27.3. Cambios en la temperatura superficial del mar y corrientes marinas.....	26
2.1.28. Desplazamientos urbanos	27
2.1.29. Observaciones de desplazamiento hacia zonas urbanas	27

2.1.30. Factores ambientales y alimentación	28
2.1.30.1. Reducción del alimento marino como causa indirecta de caídas	28
2.1.32.2. Contaminación lumínica como amenaza crítica.....	29
2.1.31. Urbanización y hábitats	29
2.1.33.2 Urbanización descontrolada y pérdida de hábitats	30
2.1.33.3 Interacciones con residuos plásticos y materiales flotantes.....	31
2.1.33.4 Contaminación Acústica	31
2.1.33.4.1. Contaminación acústica y sus efectos en la orientación	32
2.1.33.5. Presencia de depredadores urbanos	33
2.1.32. Alteración del entorno costero	34
2.1.33. Responsabilidad social en la conservación	34
2.1.32. Protocolos de rescate y rehabilitación	35
2.1.33. Iniciativas en conservación	35
2.1.34. Educación ambiental.....	36
2.1.35. Evaluación de políticas públicas.....	37
2.1.36. Participación ciudadana	37
2.1.37. Propuestas de mitigación	38
2.1.38. Datos biométricos en conservación	39
2.1.39. Migración aviar.....	39
2.1.40. Cambios fenológicos.....	40
2.1.41. Colapso energético en aves.....	40
2.2. Antecedentes de investigación	41
CAPÍTULO III	44
3. MATERIALES Y METODOS	45
3.1. Materiales	45
3.2. Métodos	45
3.3. Variables de respuesta	48

3.4. Evaluación estadística	49
CAPÍTULO IV	50
4. RESULTADOS Y DISCUSION	51
4.1. Describir las medidas biométricas de <i>Hydrobates hornbyi</i> registradas en los eventos de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa.....	51
4.2. Análisis de las relaciones biométricas existentes entre las principales medidas corporales.	55
4.3. Comparación de las medidas y relaciones biométricas de <i>Hydrobates hornbyi</i> según edad y año del evento de caída.....	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

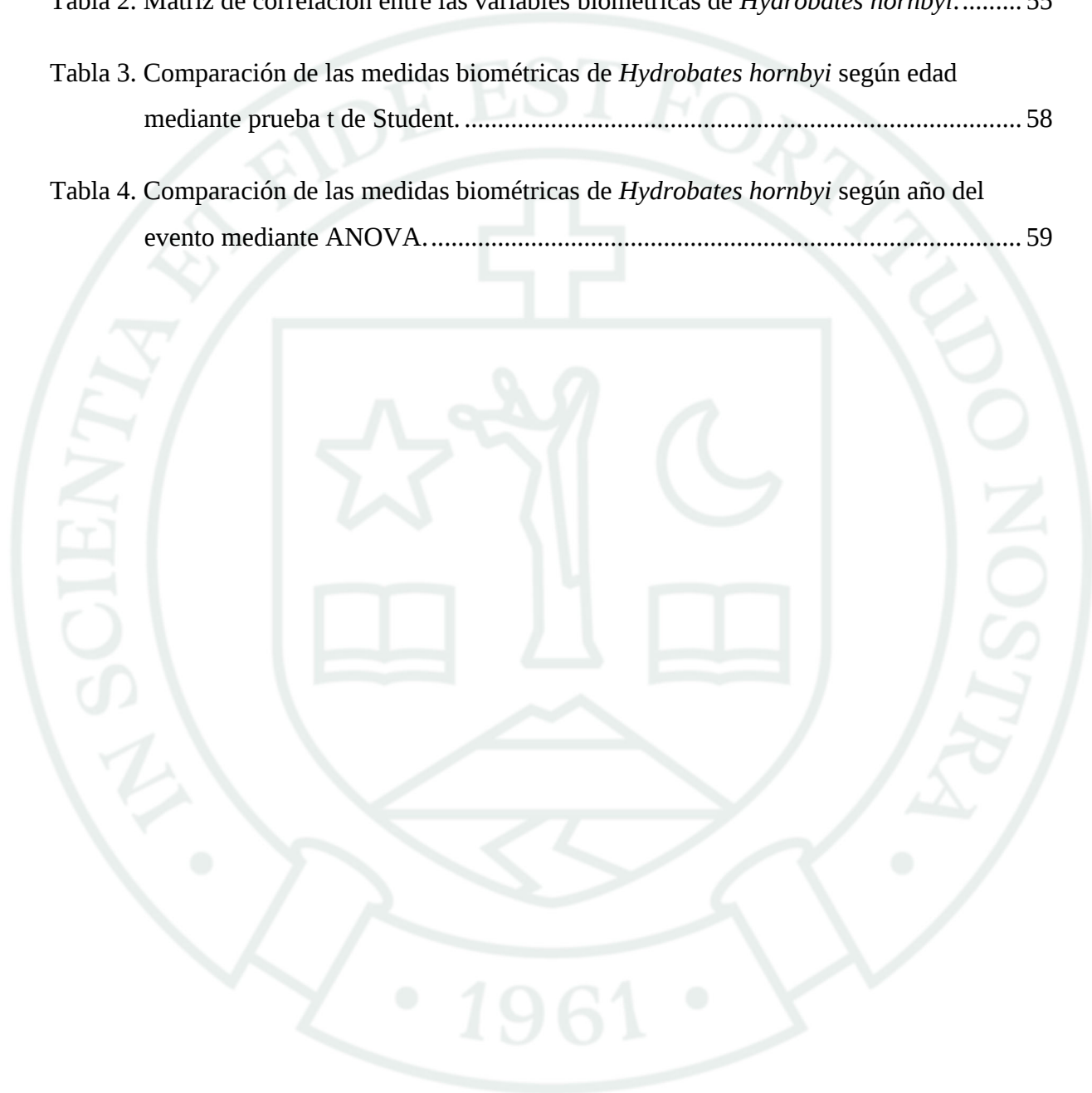


ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estadísticos descriptivos de la variable peso de <i>Hydrobates hornbyi</i> registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa (2021–2025)	52
Figura 2. Estadísticos descriptivos de la variable peso de <i>Hydrobates hornbyi</i> registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa (2021–2025)	53
Figura 3. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de ala de <i>Hydrobates hornbyi</i> registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa (2021–2025)	54
Figura 4. Relación entre la longitud del tarso (LT) y la longitud de ala (LA)	56
Figura 5. Relación entre la longitud de la cabeza (LC) y la longitud del culmen (LCu)	56
Figura 6. Relación entre la longitud de la cabeza (LC) y la longitud de ala (LA)	57
Figura 7. Depuración de los registros.....	71
Figura 8. Completando la matriz de datos.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del peso y medidas biométricas de <i>Hydrobates hornbyi</i> registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa (2021–2025)	51
Tabla 2. Matriz de correlación entre las variables biométricas de <i>Hydrobates hornbyi</i>	55
Tabla 3. Comparación de las medidas biométricas de <i>Hydrobates hornbyi</i> según edad mediante prueba t de Student.	58
Tabla 4. Comparación de las medidas biométricas de <i>Hydrobates hornbyi</i> según año del evento mediante ANOVA.....	59



INTRODUCCIÓN

Las aves marinas del orden Procellariiformes constituyen un grupo altamente especializado, caracterizado por adaptaciones morfológicas y fisiológicas asociadas al vuelo de larga distancia y a la explotación de ambientes oceánicos. Dentro de este grupo, *Hydrobates hornbyi* (Gray, 1864), conocida como la “golondrina de la tempestad del collar”, presenta una distribución poco documentada y hábitos pelágicos que han limitado el conocimiento sobre su biología y ecología. La mayor parte de la información disponible proviene de registros indirectos, particularmente de individuos hallados en zonas continentales tras eventos de desorientación y caída en áreas urbanas. En el litoral peruano, estos eventos han sido reportados con cierta frecuencia, principalmente en ciudades costeras y del sur del país, donde individuos de *H. hornbyi* son atraídos por fuentes de iluminación artificial, lo que incrementa el riesgo de colisión y caída. Estos registros representan una oportunidad para obtener información biométrica de la especie, considerando la dificultad de acceder a individuos en su ambiente natural. En este escenario, los datos recopilados durante eventos de caída adquieren relevancia para el estudio de las características morfométricas y la variabilidad de la especie. El análisis de estas medidas biométricas puede aportar información sobre patrones de crecimiento, variación intraespecífica y posibles influencias de factores como la edad o las condiciones en las que ocurren los eventos de caída. La evaluación conjunta de estas medidas y sus relaciones ofrece una aproximación integral al estudio de la morfología en aves marinas. A pesar de los avances en el conocimiento de *Hydrobates hornbyi*, aún existen vacíos en cuanto a la caracterización biométrica de individuos registrados en distintas localidades del país, así como en la comprensión de la variación temporal de estas medidas. Estudios previos realizados en la ciudad de Lima han reportado valores biométricos y variaciones asociadas al año de registro, lo que sugiere la presencia de patrones que podrían extenderse a otras regiones. Sin embargo, la información disponible para la ciudad de Arequipa es limitada, a pesar de contar con registros documentados de eventos de caída en los últimos años.

El presente estudio abordó el análisis de las medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* a partir de registros de individuos recuperados en la ciudad de Arequipa durante el periodo 2021–2025. A partir de esta información, se describieron las principales variables morfométricas, se evaluaron las relaciones entre ellas y se compararon según edad y año del evento, con el propósito de aportar información que contribuya al conocimiento de la variabilidad biométrica de la especie en el contexto de eventos de caída en zonas urbanas.



CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Enunciado del Problema

La especie *Hydrobates hornbyi*, comúnmente llamada la golondrina de collar, es un ave marina acostumbrada a realizar migraciones de largo alcance. Sin embargo, en los últimos años se ha observado un número creciente de avistamientos de estas aves en diversas áreas urbanas de Arequipa, Perú, entre 2021 y 2025. Este suceso ha generado preocupación entre los expertos en conservación y estudiosos del comportamiento migratorio de esta especie.

1.2. Descripción del problema

La Golondrina de la Tempestad del Collar (*Hydrobates hornbyi*) es una especie de ave marina que realiza largas migraciones, desplazándose entre las aguas del Pacífico Sur y la costa peruana. Sin embargo, entre 2021 y 2025, se registró un número inusualmente alto de avistamientos de esta especie en diversas zonas urbanas de Arequipa. Este peculiar fenómeno ha generado preocupación debido a las implicaciones que podría tener en la supervivencia de la especie y la salud de los ecosistemas donde habita (1,2)

Las apariciones de estas aves, que normalmente habitan en áreas costeras y marinas, sugieren que su comportamiento migratorio podría estar siendo afectado por factores ambientales y urbanos. Existen varias posibles causas que podrían estar influyendo en este fenómeno, tales como la contaminación lumínica, los cambios en el clima, la presencia de construcciones en zonas críticas para la migración o incluso la presencia de contaminantes químicos que afectan a las aves durante su vuelo nocturno (3,4). A pesar de la importancia de estas aves en el ecosistema marino, pocos estudios se han centrado en los impactos que estos cambios ambientales pueden tener sobre su comportamiento migratorio, especialmente en áreas urbanas (5).

Por otro lado, las mediciones y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* también juegan un rol esencial en la adaptación de la especie a su entorno. Las variaciones en su tamaño, peso y otras características físicas podrían estar relacionadas con su capacidad para sobrevivir en medio de las condiciones urbanas, las cuales representan un ambiente hostil para las aves migratorias (6). En este sentido, el análisis de las mediciones biométricas y su relación con los avistamientos podrá identificar si existen patrones que puedan explicar el fenómeno observado (7).

Este problema no solo afecta a la Golondrina de la Tempestad del Collar, sino que también tiene implicaciones ecológicas más amplias, ya que cualquier alteración en los patrones migratorios de las aves marinas puede afectar a las especies de las que dependen, así como a los ecosistemas marinos en general (8). Por lo tanto, es urgente comprender los factores que están influyendo en estos avistamientos y sus consecuencias para la especie y el medio ambiente (9).

El estudio de las apariciones de *Hydrobates hornbyi* en Arequipa, junto con el análisis de sus mediciones biométricas y las posibles causas subyacentes, contribuirá al conocimiento sobre la influencia del entorno urbano en las aves migratorias y proporcionará datos valiosos para el desarrollo de estrategias de conservación más efectivas y adecuadas para este tipo de especies (10).

1.3. Justificación del trabajo

1.3.1. Aspecto general

Este estudio tiene como objetivo principal comprender las medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi*, especie conocida como la “Golondrina de la Tempestad del Collar”, considerando los eventos de caída registrados en Arequipa entre 2021 y 2025. Esta investigación se justifica por la necesidad de generar conocimiento científico actualizado que contribuya a la comprensión del impacto de los factores ambientales urbanos sobre aves marinas pelágicas de distribución específica y comportamiento migratorio complejo. El análisis detallado de sus características morfométricas permitirá establecer parámetros comparativos que faciliten futuras acciones de conservación y rehabilitación de ejemplares encontrados en zonas urbanas. Además, se intenta identificar posibles alteraciones en sus patrones migratorios como indicador de perturbaciones ecológicas.

1.3.2. Aspecto tecnológico

Desde una perspectiva tecnológica, este proyecto aporta al refinamiento y aplicación de herramientas de medición biométrica precisas que permitirán establecer una línea base de datos morfológicos confiables de *Hydrobates hornbyi*. Se utilizarán técnicas de medición estandarizadas y registros digitales para la sistematización de la información, contribuyendo a la mejora de metodologías utilizadas en estudios de

fauna silvestre en contextos urbanos. Asimismo, los resultados podrán integrarse a plataformas de monitoreo y vigilancia ambiental, optimizando la gestión de datos biológicos en relación con eventos climáticos o antrópicos que afecten el comportamiento de esta especie.

1.3.3. Aspecto socioeconómico

En el ámbito social, esta investigación busca crear conciencia en la población sobre la presencia y vulnerabilidad de especies marinas que interactúan con el entorno urbano, especialmente en situaciones anómalas como caídas masivas. Al generar información científica accesible y promover la educación ambiental, se fomentará una cultura de respeto hacia la biodiversidad y de participación ciudadana en procesos de rescate, reporte y protección de fauna silvestre. Además, se fortalece el vínculo entre ciencia y sociedad, involucrando a comunidades locales, instituciones educativas y organizaciones ambientales en la conservación de aves marinas amenazadas por el cambio climático y la urbanización acelerada.

1.3.4. Importancia

La relevancia de este estudio radica en su capacidad para ofrecer un análisis profundo y actualizado de *Hydrobates hornbyi*, un ave marina cuyas conductas y condiciones de vida están siendo influenciadas por factores ambientales urbanos, especialmente en Arequipa. Más allá de ampliar el conocimiento sobre las medidas biométricas de la especie, la investigación aborda la importancia de entender los impactos ecológicos derivados de la urbanización, las tormentas y otros fenómenos que podrían estar afectando a las aves migratorias.

Desde una perspectiva científica, los hallazgos permitirán aportar datos precisos sobre las alteraciones en los patrones migratorios de *Hydrobates hornbyi*, lo que resulta crucial para la planificación de estrategias de conservación más efectivas. Identificar cómo las caídas pueden servir como indicadores de disturbios ecológicos también contribuye a comprender los efectos del cambio climático en las aves migratorias, un aspecto clave para la protección de especies en peligro.

A nivel social, este estudio desempeña un papel central al sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de las aves marinas y su vulnerabilidad frente a la urbanización. Mediante la difusión de los resultados, se busca generar una mayor conciencia sobre

la biodiversidad local, fomentar la participación ciudadana en la conservación y promover un compromiso activo con el bienestar ecológico. Esta colaboración entre ciencia y sociedad fortalece la capacidad de las comunidades para gestionar y proteger la fauna local, asegurando un entorno más sostenible para las futuras generaciones.

Además, la relevancia de este trabajo se extiende a la creación de una base de datos que pueda servir como referencia para futuras investigaciones sobre otras especies afectadas por la urbanización y el cambio climático, ampliando el conocimiento sobre las interacciones entre la fauna silvestre y los entornos urbanos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Estudiar las medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* (Gray, 1864), golondrina de la tempestad del collar, en el contexto de las caídas en la ciudad de Arequipa entre los años 2021 – 2025.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* registradas en los eventos de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa.
- Analizar las relaciones biométricas existentes entre las principales medidas corporales.
- Comparar las medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* según edad y año del evento de caída.

1.5. Hipótesis

Dado que en las aves las diferentes medidas corporales suelen estar relacionadas entre sí y mantienen proporciones relativamente constantes dentro de una misma especie, es probable que los individuos de *Hydrobates hornbyi* registrados en eventos de caída en la ciudad de Arequipa entre los años 2021–2025 presenten relaciones biométricas consistentes entre sus principales medidas corporales.



CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Análisis bibliográfico

2.1.1. Origen taxonómico y descripción científica de *Hydrobates hornbyi*

El petrel de collar, de nombre científico *Hydrobates hornbyi*, pertenece al Orden *Procellariiformes* y a la Familia *Hydrobatidae*, que agrupa a las aves marinas conocidas popularmente como "pequeños petreles" y "fulmares". El cuerpo mide aproximadamente veinte centímetros, con adultos que poseen una característica banda blanca a lo largo del cuello, que alcanza la parte delantera del pecho. El anverso es blanco, mientras que la parte dorsal varía entre gris claro y blanco. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), esta especie se encuentra listada como Prácticamente Amenazada. En cuanto a su hábitat, habita las plataformas rocosas cercanas a la costa y se alimenta en las aguas del Océano Pacífico (11).

2.1.2. Distribución geográfica del petrel de collar

El petrel de collar, *Hydrobates hornbyi*, es un ave marina cuya área de reproducción comprende la costa oeste de Sudamérica y algunas islas del Pacífico sur. Estudios recientes basados en la secuenciación del ADN mitocondrial, analizadores de isótopos y datos satelitales, junto con observaciones de grupos reproductivos, sugieren la presencia de una población reproductora adicional en Nueva Zelanda. Pese a ello, se ha categorizado como "en peligro" en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y figura en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas.

El petrel de collar descentra hacia Nueva Zelanda y Australia para alimentarse durante el invierno austral, lo que lo convierte en uno de los petreles oceánicos con la migración longitudinal más larga del hemisferio sur. Las altas concentraciones de esta especie en las colinas del cerro Champa señalan la existencia de una colonia reproductiva en áreas urbanas. Estas concentraciones hacen que la especie, catalogada como en peligro, se vea gravemente afectada por la contaminación lumínica emitida por el alumbrado público (11).

2.1.3. Morfología general y características distintivas

Los mirlos del género *Hydrobates* son ciegos durante su desarrollo y ave precocial que envejece lentamente; los polluelos permanecen en el nido durante un periodo prolongado e incapaces de volar. El nombre de grupo “petrel” proviene del comportamiento de vuelo, es decir, que batan las alas como Pedro el pescador en el pasaje de la tormenta (Peter’s passage of the storm). La particularidad de estos petreles es que, a diferencia de los demás Procellariiformes cuyos orificios nasales están situados a cada lado del pico (tubulares), en ellos se proyectan hacia adelante formando un tubo. Igual que los procellariiformes, permiten una rápida recuperación del alimento desde el estómago a modo de sacos, debido a que contrarrestan el canto o perfumando a otros individuos.

La apariencia del Petrel de Collar (*Hydrobates hornbyi*) se distingue por un plumaje principalmente negro y marrón en la fase oscura, sobre todo en la superficie ventral, negra o parda, y la región dorsal, marrón oscuro. También existe una forma pálida en la que el color de la superficie ventral es blanquecino y ligeramente manchado. Este patrón puede dar lugar a confusiones a la hora de identificar la especie. Estas aves se reproducen en depresiones arenosas y en colonias situadas además dentro de los límites urbanos (11).

2.1.4. Estado de conservación según la UICN

El petrel de collar (*Hydrobates hornbyi*) está clasificado como "En Peligro" en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Esta categorización se debe a la pequeña población reproductora y al impacto de la depredación colonial por la rata negra (*Rattus rattus*), una especie exótica introducida por humanos. En su biozona principal, la biodiversidad oligórnica, la vegetación tiene poca resistencia a la herbivoría, de modo que la capacidad del ecosistema para recuperar las condiciones originales después de una deforestación o sobrepastoreo ronda los 25 años. Este hábitat es especialmente propenso a la erosión, pues factores adicionales, como los incendios y la fuerte pendiente, contribuyen a este proceso.

La degradación ambiental del área natural ha favorecido la expansión de asentamientos poblacionales e infraestructuras públicas causantes de la contaminación ambiental,

acústica y lumínica. La cercana presencia de barrios y caminos sobre el área natural hace que muchos de estos ejemplares se desorienten por los efectos de la iluminación en la zona, y debido a otros peligros como la contaminación y pérdida del hábitat, así como los accidentes que esta especie puede sufrir por la presencia de maquinaria agrícola y vehículos automotores, no logran retornar a su territorio (12).

2.1.5. Hábitat natural y zonas marinas de alimentación

Durante la estación reproductiva, el petrel de collar cría principalmente en zonas urbanas de la costa central del Perú, aunque también anida en diversas islas del arco insular peruano. El hábitat de cría preferido de estas aves son las áreas costeras urbanizadas que ofrecen algunas características muy específicas: proximidad a playas arenosas, posibilidad de anidar y/o refugiarse en cavidades constituidas por estructuras humanas (muros, aceras, escaleras, etc.) y la presencia de luz artificial nocturna que conduce a las aves marinas hacia tierra firme, fenómeno conocido como aterrizaje masivo. Al tratarse de una especie fundamentalmente marina, la alimentación se realiza durante los desplazamientos a zonas marinas situadas frente a la costa peruana (12).

2.1.6. Ciclo de vida y reproducción de *H. hornbyi*

El ciclo de vida del Petrel de Collar (*Hydrobates hornbyi*) está íntimamente ligado a las condiciones ambientales a las que están sujetos. Las hembras y los machos establecen una única pareja estable y monógama para toda la vida. Se juntan individualmente a los 3 o 4 años y no comienzan a reproducirse hasta el siguiente ciclo. Esta especie es pelágica y llega a las costas para reproducirse, estableciendo un patrón de reproducción estacional en septiembre y octubre.

El periodo de incubación constituye la fase que representa un gasto energético mayor para los papas. Durante el ciclo de incubación de aproximadamente 50 días, se cuida un único huevo. Después de la eclosión, el pequeño no es alimentado durante 4 a 5 días, tras lo cual recibe una alimentación continua durante 45 días adicionales. A los 10 o 15 días se produce un cambio en la pigmentación interna (13).

2.1.7. Comportamiento de vuelo y navegación

El comportamiento de vuelo de las aves marinas evidencia entre otras pruebas la eficacia de la navegación en ausencia de señales visuales. Sin embargo, pocas conclusiones

empíricas pueden extraerse acerca de cómo se guía esta navegación. En concreto, no se pueden determinar de manera concluyente los mecanismos que permiten a las aves marinas retornar a colonias inaccesibles durante el día, ya que para ello deberían ser capaces de volar en ausencia de la luz solar, además de retornar en ausencia de estímulos visuales procedentes de la colonia o su entorno. El vuelo en ausencia de luz natural es posible pues existe una población de *Hydrobates hornbyi* que ocupa sitios de nidificación en zonas urbanas. Estos emplazamientos están situados por encima del nivel de la calle y en cambio mantienen un horario regular de nidificación debido, casi con seguridad, a la influencia de la luz artificial. Así, mediante el análisis de desviaciones angulares durante su aproximación a la costa y a estos emplazamientos, se puede determinar si las aves son capaces de procesar y reaccionar ante información visual durante el vuelo (13).

2.1.8. Identificación en campo y métodos de monitoreo

Petrel de Collar, *Hydrobates hornbyi*, es una especie migratoria y marina cuya crianza ocurre en playas arenosas en el desierto costero de Chile, Perú y el Ecuador. Esta pequeña ave marina aparece en grandes números en la ciudad de Antofagasta, especialmente en la bahía de la ciudad, donde se observa acumulada en la arena junto con cientos de aves muertas. Estas aves se estrellan contra las luces de la ciudad que se reflejan en el mar, confundiéndolas con la profundidad del océano. Su nombre deriva de la anilla o collar negro en la parte posterior del cuello. Los polluelos están en peligro en plataformas antárticas y en remolinos en la profundidad del océano en busca de alimento (14).

Estos animales deben ser monitoreados mediante la observación, pues mueren en masa en playas de arena por su atracción hacia las luces de la ciudad, que los confunden en su inicio de vuelo. Cuando salen a buscar comida, ven las luces de la urbe reflejadas en el mar, creándose un efecto de profundidad que desorienta a cientos de ejemplares de Petrel. Al intentar buscar su alimento, se chocan entre ellos, se caen al suelo y mueren. Las playas urbanas son la opción predilecta para su descanso y crianza. Por el bellissimo plumaje y su tamaño, se debe fomentar la conservación y evitar tocar o manipular el ave (14).

2.1.9. Estudios previos en Sudamérica y Perú

El estudio del petrel peruano (*Hydrobates hornbyi*) hasta el momento se ha centrado principalmente en Sudamérica. Los huevos, polluelos y petreles mueren de un modo inesperado y en grandes cantidades probablemente debido a la luz artificial. Por otro lado, la población de esta especie en el cerro San Pedro, ubicada en el distrito de Ventanilla, ha sido afectada de forma diferente por la urbanización: ciertos niveles de urbanización parecen fortalecer las poblaciones a través del control de plagas, aunque valores más altos son severamente perjudiciales.

Existen indicios de que la contaminación lumínica generada por la luz artificial es una de las posibles causas por las cuales ha desaparecido la colonia del Callao (Perú). Sin embargo, queda por establecer con certeza las causas que han provocado tal desaparición. La destrucción de la colonia del Callao puede interpretarse como un caso especial de impacto ambiental, en el sentido de la contaminación lumínica causada por las ciudades (14).

2.1.10. Registros de anidación y su incertidumbre científica

En Chile, su presencia cercana al continente está representada mediante el establecimiento de una población de hasta un millón de individuos en un islote del Área Metropolitana. Se trata del petrel de collar (*Hydrobates hornbyi*). Tras 50 años de mitigación y educación de la comunidad, el petrel ha comenzado a colonizar áreas en Santiago, como algo verificado en otros continentes, lo que provoca conflicto en una selección importante de individuos y dejó sin generar un marco de acción considerando la incertidumbre científica que afecta las zonas afectadas y por afectar. A raíz de un conflicto de interés socioambiental desarrollado en un edificio desde 2021 hasta la fecha, se cuantificó la generación de petreles en la urbe, en un rango entre 1.957 y 4.568 crías, considerándose la cantidad mínima y máxima de adultos reportados anidando bajo la cobertura del edificio, todo ello por medio del análisis de fotografía aérea, evidenciando la posibilidad de mayor impacto en la ciudad si los ciclos reproductivos no se cumplen (14).

El petrel de collar nidifica en la ciudad, donde yace la principal amenaza para su población actual. A pesar de que son organismos altamente adaptados, no se tiene claridad si la metamorfosis está siendo afectada, sobre todo por la exposición a la

contaminación atmosférica. A fin de aproximar esta información, se determinaron las tasas de desarrollo larval, el peso de la crisálida, el tamaño de la crisálida y el sexo de la especie *Macroglossum stellatarum* (Linnaeus 1758) bajo la contaminación que genera el tránsito vehicular. Se desarrolló el estudio durante 77 días y subsectores en la ciudad de Santiago de Chile, y se examinaron múltiples parámetros de contaminación atmosférica, definiendo que CPI monitoreado entre las fases del desarrollo afecta negativamente a la metamorfosis. Se encontraron largos tiempos de desarrollo, bajo peso de la crisálida y un sesgo desigual en la proporción sexual (15).

2.1.11. Fenómeno de caídas de aves marinas en áreas urbanas

En la actualidad, la población humana está creciendo de manera constante en todo el mundo y, por ende, el desarrollo urbano de las ciudades, que aumentan sin planificación adecuada y crean efectos negativos para el ecosistema que las rodea. Las áreas marinas no están exentas a esta influencia. Se ha demostrado, en diversas partes del mundo, que la contaminación y la luz artificial asociadas a estos desarrollos pueden afectar a las poblaciones de aves marinas, alterando sus desplazamientos y rutas hacia zonas de alimentación o hacia las colonias de reproducción, en donde se concentran los movimientos durante el día y la noche (15).

Estos movimientos pueden ocasionar que las aves sufran colisiones contra edificios y otras estructuras, y sean atraídas hacia sectores con mayor presencia de luz artificial, desplazándose de manera anómala. La contaminación se puede observar no solo en el agua o en el ambiente, sino que también en las aves que viven en estas áreas (15).

2.1.12. Relación entre desorientación por luz artificial y colisiones

Los datos también respaldan un patrón general en el cual la incidencia de petreles atraídos a la luz artificial artificial o que colisionan con instalaciones iluminadas es más frecuente en áreas alejadas de las colonias y en condiciones de visibilidad normales. Estos resultados sugieren que, después del atardecer, la luz artificial genera rutas distintas a las rutas migratorias principales del petrel de collar. El error de navegación asociado con la contaminación lumínica induce a las aves a desviarse de los movimientos típicos de oeste a este, generando vuelos de regreso a sus colonias o rutas de forrajeo (15).

Después de las observaciones en la Universidad Peruana Cayetano Heredia, la población estudiada se desvió hacia la derecha, probablemente hacia el puerto del Callao, tal vez buscando un lugar adecuado para regresar a tierra. Al migrar y tratar de regresar a tierra utilizando rutas geográficas tradicionales, las aves vuelven a desviarse de sus corredores migratorios principales, que suelen ser el Océano Pacífico. Por lo tanto, los resultados demuestran que la desorientación y colisión por luz artificial generan una incidencia extrañamente dominante a favor del aumento de peligros y amenazas para los Petreles de collar (15).

2.1.13. Estadísticas de rescates de petreles en Lima (2021–2025)

Un área de conservación de petreles se halla en San Bartolo (Lima, Perú): concentrando esfuerzos para restablecer esta especie en áreas cercanas. A esta área acuden ejemplares debilitados que caen en las ciudades debido a la contaminación lumínica. La mayoría de los petreles llegan durante la primavera y hay un campamento temporal para la atención y el seguimiento de las aves.

Las aves suelen caer durante las noches nubladas durante los primeros meses de la primavera, probablemente por la combinación entre la contaminación lumínica y la falta de posición por la ausencia de la luz de las estrellas.

2.1.14. Proyectos de conservación urbana

Aunque la preservación de las aves marinas es difícil por su propensión a las colonias remotas, existen medios para promover la conservación local. Los individuos de esta especie arriban a tierra abruptamente, lo que ha motivado tanto proyectos de conservación comunitaria en la Isla Mocha como su establecimiento en Puerto Montt. Aquí se han construido torres de reproducción que suplen la carencia de hábitats considerados naturales y contribuyen a restablecer la población en el borde urbano. Por último, también existen iniciativas pioneras de turismo de observación en el lugar. En las ciudades se producen migraciones en distancias muy reducidas y de acuerdo con las distintas estaciones climáticas del año. Muchas de ellas se relacionan con otros procesos diversos, como la ocupación del espacio urbano, las festividades asociadas a estos días, los factores sentimentales, de agregación social y espiritual, entre otros (16).

2.1.14.1. Ringed Storm Petrel Project

El Proyecto de Petrel de Collar, liderado por la ornitóloga Magdalena Rivadeneira, se desarrolla desde 2016 en el Parque Histórico de Guayaquil, Guayas. Su enfoque principal es el estudio y conservación del Petrel de Collar (*Hydrobates hornbyi*), una de las aves marinas más pequeñas del océano Pacífico Este y del mundo. Con tan sólo 18 centímetros de largo y 48 gramos, esta especie está clasificada como "En Peligro" en la Lista Roja de la UICN. La protección del petrel presenta varios retos, especialmente para los humanos, dado que anidan en los acantilados del Parque Histórico (16).

Habitar en la ciudad implica ciertos riesgos, tales como la contaminación lumínica y la desorientación durante el vuelo, condiciones que pueden ser letales para estas aves durante su ruta migratoria. Asimismo, la presencia de gatos urbanos y ecosistemas contaminados incrementan la mortalidad. Dado que las aves y otros animales están regresando al parque, la protección del ecosistema es esencial para garantizar un hábitat seguro (16).

2.1.15. Factores urbanos asociados a colapsos

2.1.15.1. Infraestructura

La infraestructura destinada a la conservación del Petrel de Collar comprende el Parque Ecológico Turf Services, situado a 17 km al norte del centro histórico de Lima, específicamente en la ruta hacia el balneario El Silencio, dentro del distrito de Santa Rosa. El Parque es propiedad de la empresa Turf Services S.A. y fue inaugurado en 2003. Su extensión total es de aproximadamente 40 ha, de las cuales alrededor de 20 han sido acondicionadas y cercadas para actividades de conservación. La infraestructura utilizada consiste en tres áreas para la cría y recuperación de pichones y la armadura de un cajón nido con un sistema especial diseñado para la cría natural de esta ave marina (17).

Se ha desarrollado un diseño original de árboles (cajones nidos) que funciona como un sitio adecuado para la cría de pichones fuera de su lugar de origen, la isla San Lorenzo. Este sistema contribuye a la consolidación de un proyecto a largo plazo para recuperar la colonia del Petrel de Collar. Los árboles son estructuras de madera colocadas dentro de los jardines del Parque Ecológico. Cada árbol consta

de una armadura de madera de tres niveles (cinco cajas nido por nivel) y un techo para proteger los pichones. El interior cuenta con cuatro tabiques que forman cajas independientes de 0,50 m de largo x 0,30 m de ancho x 0,20 m de alto, con un diámetro de entrada (frente) de 8 cm (17).

2.1.15.2. Clima

El clima en Lima es templado desértico, caracterizado por veranos cálidos y húmedos e inviernos frescos, nublados y húmedos con escasas precipitaciones, las cuales ocurrieron principalmente en marzo de 2017 generando su recurrencia sólo cada 10 años. En relación con el clima de Arequipa, el litoral marítimo presenta un clima húmedo, pero no lluvioso, en los inviernos, mientras que durante el verano y el otoño son secos y relativamente calurosos. La brisa del océano Pacífico refresca la ciudad durante estos períodos. En cuanto a la temperatura, los valores medios anuales varían entre 10°C y 31°C, con una temperatura media anual final de 18°C. Por lo tanto, la ciudad se debe clasificar como cálida y seca, conforme a los parámetros climáticos (17).

Estos aspectos resultan de particular interés, pues el petrel de collar ha elegido como hábitat la zona del río Rímac, situada entre las 7 y 12 °LS. Así, dentro de su distribución normal, la especie puede encontrarse, de manera natural o no, a lo largo del litoral (17).

2.1.16. Impacto del ruido, contaminación y estructuras altas

El ruido, la contaminación y la presencia de edificios altos afectan a las aves marinas tomando como base el ejemplo de la gaviota Reid. Para evitar el impacto del ruido, se recomienda realizar obras y actividades relacionadas con el tráfico en etapas en las que estas aves no se encuentren en el lugar. A su vez, se aconseja tener controlados los tiempos de emisión del sonido para que no excedan los umbrales de tolerancia de estos animales. Por otro lado, la contaminación modificará su zona geográfica, en especial aquella contaminación que afecte el sistema de orientación y localización de las aves marítimas, cajamitos u otras. En relación a la modificación de los territorios, las instalaciones humanas que posean estructuras altas deberían suprimirlas durante las épocas migratorias para evitar colisiones. Sin embargo, las aves marinas también pueden verse afectadas por distintas enfermedades (17).

Un número significativo de petreles de collar murió en la ciudad central, en las zonas cercanas a las playas de Matos, Micaela Bastidas y Yurinaki; estos murieron generalmente por enfermedad, además de impactos con edificaciones. Como se ha mencionado, la ciudad puede ocasionar impactos durante la migración por ruido, polución o infrasonido. En el caso de la muerte en grandes cantidades, es posible que esas muertes no ocurran siempre que el petrel aterrice en zonas verdes. El estado de salud de los petreles puede observarse en las patologías que presentan, las cuales deberían considerarse para la conservación de esta especie. Con el potencial desbalance del ecosistema, no solo el petrel de collar podría desaparecer, sino también las corrientes dentro del ecosistema, poniendo en peligro distintas zonas del planeta (17).

2.1.17. Estacionalidad de las caídas y sus patrones migratorios

El petrel de collar, *Hydrobates hornbyi*, uno de los ejemplares más singulares y misteriosos de la fauna marina, mantiene su hábitat principal en Perú y Chile, aunque es posible apreciarlo en otros lugares cuando realiza su migración. Del mismo modo que existe la migración de aves para el invierno, estas realizan desplazamientos nocturnos en determinadas épocas del año, lo que incrementa la probabilidad de que caigan en zonas pobladas. Generalmente vuelan de Colán (norte de Perú) hacia la Isla de Chañaral (Chile) para anidar, o al refugio para alimentarse. Estacionalmente, durante el amanecer, es común que las aves migratorias que emigran hacia el norte choquen contra edificios, árboles o incluso cables de alta tensión, ocasionándoles heridas severas e incluso la muerte.

El período mencionado anteriormente corresponde a los meses de septiembre y octubre. Estos incidentes tienen una frecuencia y sector definidos cuando distintos grupos de petreles migran y son atraídos por la iluminación nocturna de la zona urbana de Talara. Esto tiene lugar porque las aves se orientan mediante las estrellas y, con la contaminación lumínica, la luz se vuelve un estímulo electromagnético para ellas. Al ser aves activas durante la noche, son presa fácil de depredadores, ya que la contaminación lumínica les quita el camuflaje que impone la oscuridad durante sus desplazamientos (18).

2.1.18. Importancia de las medidas biométricas en aves

Las medidas biométricas son una herramienta fundamental para la identificación de especies, sexado, determinación de la madurez sexual, evaluación del estado corporal o de la condición de individuos. En estudios de marineros, permiten identificar cambios a lo largo de la vida de las aves, como la distribución del peso corporal y la longitud corporal o del ala durante la reproducción. Considerar distintas medidas biométricas, como la envergadura, el peso o la longitud del ala puede proporcionar información relevante para la detección de cambio estacional (18).

La variación de alguna de estas medidas, como la envergadura, puede estar relacionada con una mayor capacidad de vuelo y un mayor rango de vuelo durante el periodo no reproductor. En los pájaros caminantes, el vuelo no es especialmente importante para la búsqueda de alimento, por lo que no se esperan cambios en esta medida. En contraste, la longitud del ala puede ser un parámetro que varíe en relación con las necesidades del ciclo biológico de las aves. Los cambios en el área corporal y los recursos alimenticios también puede hacerse evidentes durante la reproducción (18).

2.1.19. Medidas Biométricas en Aves

Algunas características anatómicas en aves se toman siempre como referencia para relacionar los posibles cambios producidos por la migración o hibernación. Según Newton (2008) y Mehlum (2012), son la longitud del ala, la longitud de las plumas primarias (la números seis y siete de las primarias externas) y la longitud del pico de las aves. En estudios realizados por Newton (2008) en *Anthus pratensis* (alondra ribereña), se observaron cambios en la longitud del ala, mientras que en *Pica pica* (urraca) no hubo cambios en la longitud de las plumas primarias. Sachot y McNeil (2000) afirman que el bill length (longitud del pico) en *Larus argentatus* (gaviota) guarda relación con el período de migración, ya que esta dimensión se afecta por los cambios en el alimento. Asimismo, Wiklander et al. (2000) indican que la longitud del pico en *Spizella socialis* (aves norteamericanas) cambia si las aves hibernan en la nieve (19).

2.1.19.1. Principales medidas tomadas

La determinación del impacto del cambio climático en la migración de las aves marinas se basó en comparar diferentes medidas de la migración de cinco especies

norteamericanas durante el periodo 2001-2021 con las condiciones climáticas de esas dos décadas. Para cerciorarse de que los errores entre las medidas eran mínimos, se analizaron las medidas disponibles más usuales, tales como envergadura, longitud del ala y peso. Por otro lado, para verificar que los factores climáticos recogidos eran los más relevantes para cada especie, se examinaron asociaciones con el viento, la temperatura y el clima regional. Los períodos de ocupación en zonas de reproducción y norte de los recursos alimenticios se compararon con respecto a los resultados para determinar la máxima extensión de la condición climática producida por el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO).

En consecuencia, las medidas para estimar la distancia tomada por un animal en migración se obtuvieron a partir de la relación existente entre las especies y el tamaño tibial, que es fuertemente dependiente del tamaño corporal y puede explicar la distancia estacional. Estos patrones de evolución se consideran entendidos y han evidenciado que la migración de, por ejemplo, los hiperápodos y pelecaniformes con un tibial más grande pueden migrar más lejos que otros grupos. De esta manera, se estudió el impacto del cambio climático en la migración de las aves marinas (19).

2.1.20. Técnicas estandarizadas de medición en aves migratorias

La influencia de factores ambientales en una amplia variedad de movimientos migratorios se prueba en un creciente número de estudios. Con las nuevas técnicas de seguimiento, que son cada vez menos invasivas, crecen exponencialmente la cantidad de datos para analizar. Aun así, se han realizado menos estudios sobre aves marinas que sobre aves terrestres, ya que históricamente han resultado difíciles y costosas de estudiar por sus hábitos en alta mar, con nidos en lugares aislados, y desplazamientos que pueden cubrir hasta 40.000 km. Las aves marinas no sólo se desplazan para buscar alimento ni para migrar, sino para descansar y para encontrar pareja o emplazamientos reproductores, y las razones de sus movimientos no son del todo conocidas aún. Latinoamérica es una de las áreas del mundo para cuya fauna se posee un menor número de datos estandarizados (19).

El banco de datos de The European-African Migration Network (EURING) compila un gran volumen de información sobre aves migratorias de todo el mundo; estos datos proceden del anillamiento o banding, una técnica para marcar individuos vivos para ser posteriormente identificados y localizados y obtener datos sobre su comportamiento. La utilidad de estos datos podría incrementarse mucho con una mejora en los métodos de análisis. En antipodas o casi-antipodas, las elevadas concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de la actividad humana poseen un efecto similar sobre las condiciones ambientales que se pueden producir en las migraciones entre alta y baja latitud, por ejemplo (19).

2.1.21. Diferencias sexuales y etarias en las medidas

Las diferencias sexuales y etarias son comunes en una gran variedad de especies animales y están frecuentemente englobadas bajo las nociones de dimorfismo sexual y de dimorfismo ontogénico, respectivamente. El dimorfismo sexual puede entenderse como las diferencias morfológicas y merísticas entre sexos de una especie. La especialización sexual puede reflejar distintos aspectos del sistema biológico, como el papel de cada sexo en la reproducción (especialización reproductora), la eficiencia económica (especialización alimentaria) y la selección sexual para la defensa del territorio (especialización territorial). El dimorfismo sexual se vuelve más grave cuando alguno de los sexos posee una función reproductora más especializada y la eficiencia ecológica y funcional son tan importantes. En los grupos animales que se reproducen una sola vez o donde ambos sexos tienen que ubicar alimento para la cría como fuente de su supervivencia, las diferencias ecológicas tienden a ser menores.

Las diferencias morfológicas y merísticas entre un macho y una hembra no impiden el proceso de reproducción, por lo que en muchas especies los individuos alcanzan un determinado tamaño o talla para poder reproducirse. El dimorfismo ontogénico se refiere, por lo general, a las diferencias que pueden observarse en las especies de un solo sexo durante su proceso de crecimiento. Además de una serie de transformaciones morfológicas y merísticas, el crecimiento puede mostrar tendencias de especialización que requieran el desarrollo desproporcionado de algún órgano o estructura para mejorar alguna función. Las diferencias sexuales y etarias en las medidas biológicas se exploraron mediante un análisis multivariado de la varianza (19)

2.1.22. Comparación con otras especies

Las medidas biométricas del *Hydrobates hornbyi* se comparan con las de otras especies del género *Hydrobates spp.* La envergadura es 48,44 cm con diferencias sexuales estadísticamente significativas a favor de los machos. Las relaciones dimórficas también se evidencian en la longitud del ala, que exhibe mayor proporcionalidad en hembras luego de los 34 mm. El peso varía entre 38,02 y 50,02 g, con diferencias significativas entre sexos y entre individuos adultos y juveniles. Aunque las especies marinas presentan un dimorfismo sexual moderado, existen algunas características diferenciadoras que permiten evaluar las relaciones entre medidas y el estrés a que están sometidas.

Según Estrada et al. (2023), para determinar las relaciones entre las medidas de envergadura, largo de ala y peso, se aplica un análisis estadístico que confirma las diferencias sexuales y de edad. La calidad de estas medidas es crucial para asegurar resultados válidos y falsables. Los instrumentos empleados son un calibrador digital Milwaukee de 0 a 150 mm con precisión de $\pm 0,01$ mm y una balanza digital Avery HC500 con capacidad de 500 g y precisión de $\pm 0,1$ g (20).

2.1.23. Comparación con otras especies de *Hydrobates*

Las aves marinas son un grupo adaptado a la vida en ambientes naturales extremos, que basa parte de sus actividades en desplazamientos migratorios intensos durante distintas etapas del año. En las aves marinas, la medición de ciertas variables está relacionada con su comportamiento, rendimiento reproductivo y migración. Sin embargo, estas medidas, obtenidas de especies capturadas durante su migración, pueden estar influenciadas por el estrés, la fatiga y los cambios de temperatura corporal, por lo que resulta difícil determinar si estas variables reflejan el comportamiento natural de las aves. Para evaluar la relación entre el estrés, las condiciones climáticas durante la migración y los parámetros biométricos, se examinaron durante cuatro años las aves marinas Horton (*Hydrobates hornbyi*). Se incluyeron medidas biométricas estandarizadas de envergadura, longitud de ala y peso corporal, además de la precipitación y temperatura. Los análisis consideraron los efectos del sexo y la edad. Para más detalles de estos métodos, véase la sección correspondiente.

En un contexto aún más amplio, la migración altamarina de las aves marinas puede verse alterada por factores relacionados con el cambio climático, como El Niño–Oscilación Sur (ENSO) y las variaciones de temperatura y corrientes marinas. Por otro lado, también se analizan los desplazamientos ocurridos en aves marinas hacia zonas urbanas. Las aves marinas son un grupo de especies altamente dependientes del ecosistema marino y se ven especialmente afectadas por la reducción del alimento marino o la contaminación lumínica. Durante su migración de cría y alimentación, las poblaciones de muchas especies se desplazan a zonas agrícolas rodeadas de áreas urbanizadas. Una urbanización descontrolada puede afectar a las aves marinas debido a la contaminación lumínica, la pérdida de hábitats, la contaminación por plásticos y ruido, dificultando y alterando su migración. En las aves marinas, la polución acústica constituye un problema no solo para las zonas urbanas, sino también para los desplazamientos entre hábitats, ya que puede afectar a la capacidad de orientación durante la migración y desencadenar efectos asociados a la respuesta ante el estrés (20).

2.1.24. Fiabilidad de datos biométricos en condiciones de estrés o colapso

La caracterización de las aves marinas en condiciones de colapso es altamente compleja. En estos estados, cualquier parámetro biométrico debe ser manejado con extrema precaución (20).

Factores externos como temperaturas extremas o cambios elevados en la temperatura ambiente pueden alterar la morfología de los individuos en breve tiempo (20).

2.1.25. Herramientas de medición

La tasa y dirección del movimiento tienen características específicas que las aves han desarrollado a lo largo de la evolución para obtener la mejor eficiencia en el desplazamiento. Desde hace más de un siglo, se investiga cómo las aves marinas miden variables ambientales para optimizar su dirección de vuelo y su velocidad con relación a la Tierra. Actualmente, se utilizan técnicas como la gravimetría, magnetometría, y detectores químicos de concentración para determinar la cantidad de alimento, la distancia al nido, la temperatura, la humedad, y la órbita solar o estelar. Esta información es esencial para el desarrollo de sistemas de posicionamiento que intervienen en la determinación de la mejor ruta de vuelo (21).

Existe evidencia ineludible de que la velocidad respecto al aire puede medirse si el parabrisas del avión se calienta eléctricamente hasta una temperatura T , dependiendo ésta del material utilizado y del movimiento relativo de la corriente de aire contra el parabrisas. Esta velocidad puede calcularse indirectamente, midiendo la temperatura del parabrisas y aplicando la ley de enfriamiento de Newton. La dirección puede determinarse midiendo el ángulo en que se produce el enfriamiento máximo con relación a un punto establecido de referencia, además de la temperatura y la velocidad (21).

2.1.25.1. Herramientas de medición: calibradores, balanzas digitales, etc.

Las herramientas de medición son dispositivos eficaces que permiten a las personas en el deporte, el seguimiento y la observación tomar medidas precisas y definitivas; algunas de las más comunes son los calibradores, las balanzas digitales y las básculas métricas. Los calibradores son instrumentos que permiten medir distancias internas y externas y profundidad, la mayoría cuentan con una pantalla a través de la que se puede visualizar el número resultante. Estos aparatos suelen estar fabricados a base de acero y plásticos, aunque algunos pueden estar elaborados solo con acero. Por lo general, estos recursos se emplean para medir el pico y las patas de las aves, con una precisión de $\pm 0,01$ cm. La gran ventaja que ofrecen es que están equipados con una pantalla que facilita su lectura, lo que evita atascos y variaciones en las medidas individuales incluso entre diferentes usuarios. Las balanzas digitales presentan una pantalla LED que permite visualizar el peso de hasta 5 kg, con una precisión de $\pm 0,005$ kg; son herramientas fundamentales en ecología para la toma de datos al momento y evitar la pérdida o manejo inapropiado de las muestras. Las básculas métricas operan con una pantalla OLED que despliega el peso de las aves en gramos con una precisión de ± 1 g. La elección de estas herramientas depende del interés particular, pero todas son adecuadas para obtener resultados competitivos y de alta calidad (21).

2.1.26. Tipos de migración

La migración es el movimiento periódico o estacional de alejamientos y arribos a unas áreas biológicas u otras y el regreso para la reproducción. El desarrollo de las diferentes especies animales y sus formas de vida se han llevado a suceder numerosas migraciones.

En la actualidad esto sigue observándose en algunas especies de aves las cuales también son sensibles a distintos factores y condiciones del medio ambiente, destacando las relacionadas con la alimentación y la reproducción.

Bajo esta premisa, se definieron varios tipos de migración dentro del grupo de anátidas que habitan en la Bahía de La Paz, tomando como principal punto de referencia la especie *Anas-americana*. Estas clasificaciones resultaron similares a las hechas previamente para migración, temporada y comportamiento de anátidas. En ellas se consideraron factores y condiciones que podrían incidir en la migración, alimentación, reproducción y trabajo de campo, así como cambios observados en las poblaciones y su relación con el área (21).

2.1.26.1. Migración altamarina vs. desplazamientos costeros

Las aves marinas establecen rutas migratorias que abarcan grandes distancias, transectos que discurren sobre el océano. A lo largo de su ruta pueden realizar desplazamientos verticales, desplazamientos circadianos verticales, desplazamientos circadianos latitudinales y migraciones altamarinas. Los desplazamientos verticales se abordan en el capítulo dedicado a la alimentación, por cuanto se refieren a subidas o bajadas en la columna de agua para el desarrollo del buceo. Los desplazamientos circadianos verticales suponen modificaciones diarias a las grandes migraciones. Mediante ellos, las aves se trasladan a una zona para alimentarse durante la noche o viceversa. Los desplazamientos circadianos latitudinales pueden comportar migraciones transoceánicas, a pesar de su corta distancia, dentro de poblaciones costeras. En este trabajo se incluyen en el apartado de desplazamientos costeros, al igual que los de latitud mayor a 5°, dado que éstos rara vez superan las 24 horas (21).

Distinto es el caso de las migraciones altamarinas, que cubren una mayor latitud o longitud, alcanzan siempre aguas profundas, permanecen en altamar durante varios días (respetando la duración del ciclo regulador del sueño) y demuestran en su ejecución un gran efecto termorregulador. Se describen entonces las migraciones altamarinas cuyo parámetro horario de aguas poco profundas se calcula en función del ciclo de sueño (21).

2.1.27. Impacto del cambio climático

El impacto del cambio climático en la migración de aves marinas puede ser considerable debido a su dependencia de las condiciones atmosféricas y oceanográficas. La migración es un fenómeno altamente exigente, por lo que las aves marinas están especialmente adaptadas para volar. La mayoría de las poblaciones realizan desplazamientos, principalmente latitudinales, sincronizados en el año, normalmente en función del periodo reproductor, y suelen llevar a cabo tanto viajes regulares y previsibles, como irregulares y poco frecuentes, normalmente relacionados con la búsqueda de alimento. Los principales estímulos de este movimiento son el fotoperiodo, la temperatura, el viento, la presión atmosférica, la disponibilidad de alimento y la concentración de competencia y depredación (21).

El aumento del nivel del mar asociado al calentamiento global puede afectar su reproducción, ya que la reducción de la zona intermareal estará en línea con el incremento descrito de la temperatura del agua, lo que influirá en los ciclos anual, hidrológico y biológico de los seres vivos. Por otra parte, se ha demostrado que la migración es un proceso que tiene lugar dentro de un contexto alto de eficiencia. Por lo tanto, cuando las condiciones se desvían de aquellas que permiten una migración óptima tocando la mayor cantidad de puntos del rango migratorio, los individuos responderán de distintas maneras, que generalmente suelen ser energía y recursos adicionales que tienden a disminuir su eficacia y, en última instancia, viabilidad (21).

2.1.27.1. Alteraciones en rutas migratorias por el cambio climático

El cambio climático lleva décadas modificando el recorrido de las migraciones de diferentes especies y pone en riesgo la supervivencia de muchas de ellas. La puesta de sol en la bahía de Bökfjord acompaña los últimos compases de la migración otoñal de aves marinas en el océano Ártico. Millones de frailecillos, araos y alcatraces salen de la península del Ártico ruso y se dirigen hacia las zonas de invernada, con escalas en la bahía de Bökfjord durante la parada. Esta es la principal ruta migratoria de las aves marinas que vincula el océano Ártico con los mares del Norte (21).

En los últimos años, la alteración climática ha modificado el recorrido de esta migración, desplazando hacia el oeste el principal paso migratorio. Las regiones

de invernada, además, se están viendo afectadas por los cambios derivados de ese desplazamiento, dada la dependencia de estas aves frente a la explotación de la pesca marítima. Estas alteraciones afectan la presencia de aves marinas en regiones del Atlántico Norte, como Islandia, y el Atlántico Sur, como las islas Malvinas (21).

2.1.27.2. Efecto de El Niño y La Niña en la ruta de *Hydrobates hornbyi*

Se sabe que *Hydrobates hornbyi* sigue una ruta migratoria circumpolar en el Hemisferio Sur. No obstante, al presentarse condiciones anómalas, por efecto de El Niño o La Niña, la especie presenta una ruta errática.

Cuando se presenta El Niño, las aves tienden a desviarse, recorriendo una zona de profundidades mayor a la habitual; en cambio, cuando se presenta La Niña, su viaje se concentra en una zona de menores profundidades. En ambos casos, el área de mayor concentración se aleja del área principal de distribución. Se presume que ambos fenómenos alteran las condiciones oceánicas –como la temperatura ambiental, la disponibilidad de nutrientes, el horario y la magnitud del movimiento del viento, la producción primaria o la temperatura superficial del mar– y las aves responden a esas variables (22).

2.1.27.3. Cambios en la temperatura superficial del mar y corrientes marinas

Las variaciones en la temperatura superficial del mar pueden incidir en el desplazamiento de las aves marinas y afectar las rutas migratorias, generando una alteración en la intensidad y curso de las rutas de las corrientes marinas.

La condición climática cambia periódicamente debido a diversos factores, entre los que puede mencionarse la actividad solar, cambios en la órbita de la Tierra y en la configuración de los continentes, oscilaciones estacionales en la posición del eje terrestre, y oscilaciones planetarias (El Niño, La Niña, dipolo del Océano Índico, entre otras). El hombre también está generando cambios remarcables en el clima mediante la quema de grandes cantidades de combustibles fósiles y el aumento de la producción industrial (22).

2.1.28. Desplazamientos urbanos

Una de las actividades humanas que afecta al normal funcionamiento de los ecosistemas, y sobre todo se ve fácilmente es el desplazamiento de las viviendas y las fábricas. Esto inmoviliza a grandes poblaciones y permite acumular servicios y producir grandes cantidades, concentrando al hombre en zonas urbanas.

Este proceso ha afectado a todos los continentes, incluido el Antártico. Estas ciudades, existen donde hay transporte rápido agua, tierra, aire, que funciona las veinticuatro horas del día los 365 días del año y estos servicios permiten acceder a cualquier punto del planeta (a la vez que producir el mayor impacto ambiental).

El desarrollo económico y social de las sociedades está implicado en esta concentración de la población en las ciudades. Para alcanzar las altas tasas de crecimiento económico es necesario aumentar la eficiencia porque cuando un país está muy atrasado lo que crece es el empleo (22).

2.1.29. Observaciones de desplazamiento hacia zonas urbanas

Dentro de las causas del cambio climático para una especie animal, podemos mencionar la funcionalidades y capacidades humanas para modificar la superficie terrestre y los cambios a nivel atmosférico que provocan la actividad humana; el cambio climático y la extrema variabilidad en el clima están asociados con patrones de migración y número de aves marinas, observándose una desviación clara en dirección a la ciudad, principalmente en zonas urbanas. La desaparición de las tierras debido al cambio climático provoca una reducción del número de aves (22).

La migración de las aves marinas disminuye, en el caso estudiado, debido a un desplazamiento por falta de recursos hacia la ciudad, donde la presencia de humanos y perros afecta a las colonias, en especial a los polluelos. La desaparición de tierras o la inundación de zonas distantes incide en el descenso del número de aves. En urbanizaciones cercanas a la costa o cerca de parques de aves marinas se observa una reducción en el número de desplazamientos a estas áreas y una concentración hacia la ciudad, donde disponen de más recursos, lo que supone un cambio significativo en los patrones resistenciales (22).

2.1.30. Factores ambientales y alimentación

La migración de las aves es consecuencia de su relación con las condiciones ambientales. Además, la desaparición de zonas de reproducción reproductiva, la caza de estas aves y la contaminación ejercen una fuerte presión sobre las poblaciones de aves marinas. Por otra parte, el término migratorio se emplea también para designar el traslado estacional que algunas poblaciones humanas realizan, como, por ejemplo, los veraneantes. Este desplazamiento se realiza para aprovechar una determinada época del año y se repite ciclo tras ciclo. Esta migración se lleva a cabo en sentido latitudinal. Por último, es posible que no sea sólo la presión sobre las áreas de alimentación la que impulse a una población a desplazarse, sino también los cambios en la concentración hasta de las aves migratorias, que constituyen una presa potencial para los propios depredadores, convirtiéndose a la vez en una presión para la población de aves marinas.

La alimentación es un factor que determina una multitud de aspectos en las aves marinas. El estudio conjunto de estas variables permite determinar las etapas del desplazamiento y las relaciones de las distintas fases con las condiciones del medio. La alimentación afecta a las poblaciones, aunque también puede ejercer influencia sobre la propia migración, pues puede ser el factor que determina la orientación y la dirección. Todas estas condiciones pueden relacionarse y condicionarse entre sí. En las aves marinas, el estrés está asociado al modo de vida, y varía especialmente a lo largo del período reproductivo. Las condiciones ambientales tienen un efecto especial y definido durante la época del anidamiento y se manifiestan a través de las propiedades del hábitat (23).

2.1.30.1. Reducción del alimento marino como causa indirecta de caídas

Algunas partidas de aves marinas de la familia *Stercorariidae* migran a zonas del Atlántico Norte situadas al este y al sudeste de Groenlandia y a lo largo de la costa del mar de Barents hacia la isla de Kolguev, Península de Kola y mar Blanco, donde es probable que su abastecimiento se aumente con la presencia de cardúmenes de capelán. En parte, la mortalidad de estas poblaciones tan alejadas de su área de reproducción parece estar relacionada con las anomalías del océano Norte relacionadas con la reducción del alimento marino, ya que se ha observado que la población de arao común en la isla de Rowley crece con los ciclos de

disponibilidad del capelán. Por otro lado, en el área del Atlántico Norte se ha observado que las anomalías climáticas relacionadas con la reducción del alimento están indirectamente asociadas con un mayor riesgo de enfermedad para la salud del arenque del Atlántico (23).

Estas conclusiones se han obtenido a partir de la información recogida en cadáveres de alcatraz, arao común y skua pomarino. Aunque las muestras son limitadas, cubren períodos y áreas amplias y proporcionan datos importantes para la comprensión del impacto de las anomalías oceánicas en la salud de las aves marinas (23).

2.1.32.2. Contaminación lumínica como amenaza crítica

La contaminación lumínica se ha identificado como una de las grandes amenazas para la biodiversidad, particularmente en el caso de las aves migratorias. Durante sus largas migraciones, necesitan aislarse del resto de estímulos visuales para orientarse, y por ello vuelan principalmente durante la noche. Los altos niveles de contaminación lumínica propios de las aglomeraciones urbanas, el alumbrado en zonas industriales o en alta mar, interfieren drásticamente sobre la distribución espacial y temporal del recorrido migratorio y pueden causar la muerte directa de miles de individuos al año. Aun cuando indirectamente tienen un fuerte impacto también sobre otros organismos tanto terrestres como marinos, se analizarán aquí únicamente los efectos sobre aves marinas (24).

Los individuos de distintas especies pueden perder la orientación y chocar, especialmente en sitios muy iluminados en mitad de la ruta migratoria, o bien pueden desviarse del trayecto habitual y quedar atrapados dentro de la ciudad iluminada durante toda la noche. Para mitigar estos efectos, se han ensayado distintas medidas, como rerutar las líneas aéreas o apagar el alumbrado de las zonas industriales durante las temporadas migratorias o en determinados momentos de la noche, con resultados diversos (24).

2.1.31. Urbanización y hábitats

La urbanización perturba de forma importante los hábitats naturales buscando la realización de diferentes actividades tales como la agricultura, la ganadería, la pesca, el

comercio, la industria, los servicios y por último para el área de vivienda, causando un crecimiento desordenado en la costa y la montaña con las instalaciones turísticas de verano que actúan como un agente de destrucción y transformación en los ecosistemas frágiles involucrados (24).

La reorganización del territorio y la introducción de elementos nuevos hacen que las ciudades contribuyan al desequilibrio en los ecosistemas de su entorno. Una de las principales formas de desequilibrio es la contaminación, que puede deteriorar o matar las poblaciones de ciertas especies debido a una reacción de los componentes del organismo con los agentes contaminantes o a la desaparición de especies por debilitamiento (24).

2.33.1. Contaminación lumínica

Una de las formas de contaminación es la luminosa, que puede alterar actividades sinápticas de numerosas aves nocturnas. Durante la migración, los individuos utilizan puntos de referencia para tomar contacto con el entorno. No pudiendo identificar el límite entre cielo y tierra debido a la contaminación lumínica, muchas aves entran en situaciones comprometidas y arriesgadas, moviéndose en círculo alrededor de fuentes luminosas y bombillas durante varias horas. Numerosas aves marinas relacionadas con la orilla ingresan a centros urbanos en busca de alimentarse, que tienen un desarrollo urbano muy elevado (24).

2.1.33.2 Urbanización descontrolada y pérdida de hábitats

Dentro de los factores ambientales que inciden en la migración de aves marinas, la urbanización descontrolada afecta profundamente un gran número de colonias de cría, repercutiendo directamente sobre los emplazamientos reproductores. La intrusión humana durante el periodo reproductor, la presencia de perros y gatos callejeros y el desarrollo urbanístico próximo a las colonias generan un considerable nivel de agresividad entre ejemplares al asustarse y la formación de distancias de seguridad con cama. Este factor disminuye progresivamente una gran superficie disponible, por lo que las colonias se hacen más compactas, y las parcelas reproductivas, más pequeñas, con menos espacio donde colocar el nido, lo que puede resultar en menos aves reproductoras, nidos o polluelos, finalizando

con la disminución temporal o definitiva de la productividad de las colonias más sensibles.

Asimismo, la pérdida de hábitats reproductores por el desarrollo constructivo del litoral concierne a otras especies precarias con estrategias reproductoras similares a las de las aves marinas, con los mismos requisitos de coberturas y distancia respecto a los niveles máximos que alcanza la zona propicia. La desaparición de estas colonias ocasiona la eliminación o gran disminución del número de individuos que las conforman. Entre las causas directas de reducción de parejas reproductoras y nidos en colonias que las poblaciones formaban en años anteriores destacan los cambios bruscos e imprevisibles en el volumen normal del agua del mar o grandes lluvias durante el periodo reproductor, que pueden inundar nidos (24).

2.1.33.3 Interacciones con residuos plásticos y materiales flotantes

Más allá de la capacidad de navegación, la presencia de zonas de concentración de basura y materiales flotantes, tales como basurales de otros tipos y balsas de vegetación, aspecto mencionado en la introducción, pueden afectar también la migración de las aves. Las concentraciones de plásticos en los océanos están aumentando rápidamente, como se observa a partir de estudios realizados en el norte del Océano Pacífico. Al mismo tiempo, existiendo una transición demográfica que lleva a una población humana principalmente urbana, la dependencia de los residuos desechados ha hecho que algunas especies aprovechen estas «nuevas» formas de disponer de alimento. Debido a la gran abundancia de estas estructuras (moluscos y crustáceos), puede aprovecharse una gran área para el forrajeo, que supone menores costos energéticos. La presencia de estos materiales flotantes podría afectar de la misma manera a las categorías migratorias diferentes de la señalada para las especies de vuelo dinámico (24).

2.1.33.4 Contaminación Acústica

El ruido introduce un factor externo en el entorno de las aves, limitando su capacidad de detectar los sonidos naturales y, en consecuencia, puede interferir con la comunicación, la detección de presas y la navegación, especialmente para especies que utilizan la ecolocalización. La contaminación acústica puede afectar

negativamente la fisiología y la salud de las aves, además de interferir con sus actividades naturales. La reducción del área de hábitat adecuada puede obligar a las aves a desplazarse a zonas menos adecuadas, reduciendo la tasa de éxito en la nidificación. En las zonas de concentración de tráfico aéreo, las aves marinas evitan las ubicaciones con velocidades de ruido superiores a cierto nivel, con valor límite en 40 dBA (decibelios con ponderación A). Además, el ruido puede alterar los patrones de tráfico de aves en los espacios de escalas migratorias, incrementando el estrés fisiológico y perturbando la búsqueda de alimento, con efectos adversos para la reproducción, la supervivencia y el mantenimiento del territorio.

El aumento del ruido también puede afectar negativamente la reproducción y el éxito reproductivo, lo que conlleva a tasas más bajas de natalidad y mortalidad temprana de las aves. Un impacto secundario es que la reducción del atracadero provoca cambios de ruta o cancelaciones de vuelos, lo que implica un aumento del gasto energético para las aves relacionadas con la migración y puede causar cambios en las rutas migratorias. Por otro lado, las relaciones entre aves y humanos son en ocasiones perjudiciales, como pueden ser los casos de la ceguera producida en los pescadores por parte de las aves y los ataques a vuelos por intrusismo en zonas de descanso, o la fragmentación causada por los vuelos en las grandes colonias (24).

2.1.33.4.1. Contaminación acústica y sus efectos en la orientación

La contaminación acústica inducida por actividades humanas en tierra, en el mar y en el aire provoca una considerable confusión en las aves marinas en el momento de realizar sus desplazamientos migratorios. Las fuentes acústicas distribuidas por las costas, en el mar y en el aire emiten sonidos de diferente naturaleza, aunque todos ellos pueden inducir ruidos intensos en la región del oído sensible de las aves. Estas perturbaciones son capaces de interferir de un modo u otro sobre el sentido de la orientación y pueden inducir a las aves a desplazarse siguiendo trayectorias erróneas. En condiciones que sean especialmente desfavorables puede incluso suceder que la orientación de las aves se vea tan comprometida que no les sea posible localizar zonas

adecuadas para detenerse en sus desplazamientos migratorios y se agoten sus fuerzas hasta morir.

Los desplazamientos migratorios de miles de aves anuales, desde latitudes templadas y frías en busca de regiones más cálidas donde pasar un invierno muy riguroso, hacen que las costas y las aguas del litoral pongas rumbo a las rutas que deben seguir. Las industrias, los núcleos urbanos y los radares solas ha cambiado mucho esta situación, pasando a tratarse de áreas caracterizadas por cruda contaminación acústica y ambiental. El ruido producido por las actividades humanas se incorpora en la corriente de aire que impregna con su olor vapores muy cargados de sustancias nocivas para la salud, no solamente de las personas sino también para la fauna de las regiones costeras. Las actividades en el mar, dentro de las cuales los viajes en ferry son las protagonistas, también contribuyen a cambiar la zona rumbo (25).

2.1.33.5. Presencia de depredadores urbanos

La consolidación de las ciudades como hábitats para diferentes especies conllevan la depredación y parasitación de las aves protectoras presentes en estos ambientes. Los parásitos corneales, especialmente el parásito de aves *Pseudolynchia canariensis*, afectan con mayor sensibilidad a especies con actividad diurna, como *Pyrrhula murina* y *Chloris chloris*. Con la expansión y consolidación de las ciudades, estas tienden a funcionar como hábitats para diferentes especies. Las modificaciones que caracterizan el paisaje urbano producen incrementos locales en algunas poblaciones de aves debido a la disposición espacial y temporal de los parásitos, favorecida por la presencia de ciertos hábitats. Así, se comportan como escenarios en los que se confirma que “las ciudades guían la distribución y la biodiversidad” en la diversidad de especies sobrevivientes (26).

En los ecosistemas urbanos, apenas 4 o 5 especies pueden dominar el 50% de la diversidad. A su consecuencia, las aves están expuestas a nuevos depredadores en el medio urbano. Estos nuevos enemigos que componen la cadena trófica de las ciudades actúan depredando anzuelos de aves en distintos ambientes, incluyendo áreas costeras. En tales localidades, las aves reproductoras enfrentan condiciones del entorno que no son propicias a la depredación; sin embargo, situaciones como

la anidación grupal aseguran la protección mediante un mayor número de individuos que hacen frente a los eventuales depredadores naturales (26).

2.1.32. Alteración del entorno costero

La interacción entre la superficie marina y la atmósfera es la fábrica de la vida en el planeta Tierra. Las aguas de la superficie marina son la vía para la captación del CO₂ ultraplano y la síntesis de alimentos (primaria producción) que luego gana profundidad alimentando todo el ecosistema marino. Inalterada, la veda marina numantina de las Mejores Bahías del Mundo (Mejillones y Antofagasta) mantendría este equilibrio. Sin embargo, el impacto de la alteración humana obligó a introducir en su festejada lista del patrimonio marítimo al Terminal Puerto Exterior de Mejillones (26).

La bien organizada igualdad entre el sistema natural y el sistema humano es la condición crítica de la existencia en equilibrio y persistencia del sistema socioecológico. La transformación a gran escala por parte del sistema humano del sistema natural, como corresponde en el contexto de la actividad estratégica del hombre para sostener la vida, puede reducir significativamente la capacidad de mantener las funciones que protegen los recursos ecológicos de la sociedad. En última instancia, estas actividades implican la alteración del sistema natural (26).

2.1.33. Responsabilidad social en la conservación

A través de la actividad artística se puede estimular la participación ciudadana, ejercer la responsabilidad social y elevar la conciencia colectiva para satisfacer las necesidades comunes. En este caso, la responsabilidad social se enfoca en actividades que generan un impacto positivo en la sociedad, especialmente en la conservación ambiental. El propósito último de la responsabilidad social es contribuir al logro de los objetivos de desarrollo sostenible. Los valores sociales que se fomentan y refuerzan mediante la realización y participación en este tipo de actividad comprenden la participación, identidad, responsabilidad de beneficio y beneficio de supervivencia, los cuales se aplican a la protección del medio ambiente para mantener la diversidad biológica (26).

La división del capital natural en agotable y no agotable proporciona un vínculo entre la conservación de la biodiversidad y la responsabilidad social. Ciertos hábitats frágiles de ignición o inundación climática se consideran irremplazables. Por ejemplo, las

praderas ubicadas a lo largo del río Mississippi, que durante los periodos húmedos del otoño y el invierno proporcionan espacio para aves acuáticas migratorias, podrían estar completamente inundadas por mucha agua. Así, el concepto de responsabilidad social favorece la conservación y defensa de estos activos naturales cuya destrucción conduce a la pérdida de su existencia permanente. Al recuperar la relación entre las ideologías de producción y consumo, el ciudadano puede discernir qué actividades humanas trascienden en el tiempo y contribuyen a los objetivos de desarrollo sostenible (27).

2.1.32. Protocolos de rescate y rehabilitación

Protocolo de rescate En caso de encontrarse un ave enferma o herida, hay que tener en cuenta que no se trata animal doméstico y no utilizarlo para jugar, pues esto le generaría un estrés evitando así su recuperación. Lo ideal sería contactar con Centros de Rehabilitación de fauna silvestre o especialistas en la materia para trasladarlos proximalmente a dichos centros para ser vigilados durante su período de salud (27).

Protocolo de regreso a la naturaleza La liberación debe realizarse en el hábitat natural para el que fue diseñado el ave, es decir por ejemplo en el caso de los gorriones en las ciudades, mientras que especies como la gaviota deben ser devueltas a la costa u otros lugares cercanos al mar. Estas especies dependen directamente de los hábitats cercanos a estos ambientes, por lo que su permanencia fuera de dichos ecosistemas pondría en peligro sus vidas (27).

2.1.33. Iniciativas en conservación

Casi la totalidad de las especies costeras se encuentra regulada por la Ley de Recursos Naturales Renovables y su Reglamento de Caza. La Gobernación de la Provincia de Colón e instituciones no gubernamentales han desarrollado cooperativas para la comercialización de pájaros vivos de diversos sectores de Colón cercanos a la Bahía de Limon, tales como Coclé del Norte, Petit Burik, Big Creek Garden y la Isla de Barro Colorado, en el Área de la Bahía de Limón. Estas cooperativas funcionan conjuntamente con el Proyecto de Conservación de Aves Caribes del Gobierno y la Universidad Nacional Autónoma de México, así como con el Instituto Smithsonian para la Investigación Tropical, lo cual ha permitido contar con un respaldo e impulso para la supervivencia y funcionalidad de la cooperativa (16).

En áreas urbanas, como la Ciudad de Panamá y Colón, la captura de especies para establecer aves ornamentales también se encuentra regulada por la Ley de Recursos Naturales Renovables y su Reglamento de Caza. Sin embargo, las especies provenientes de áreas boscosas; como el Trogón lechoso, Conuro guaro, Blanco de ojos rojos y Carpintero pechinegro, no están protegidas, razón por la cual generalmente son sujetos de las capturas. La fauna existente en la Ciudad de Panamá está protegida principalmente por la Ley No. 18 de 1998 y por la Ordenanza No. 1 de la Ley 12 de 2003, que declararon al Parque Natural Metropolitano como área protegida (16).

2.1.34. Educación ambiental

El desarrollo cultural es esencial para sensibilizar a individuos y colectivos ante los problemas ambientales, para que descubran los beneficios que puede proporcionar la naturaleza y asuman responsabilidades. Crianza con el ejemplo es un concepto que unifica las acciones del programa de educación ambiental, orientadas a mostrar hechos y comportamientos positivos para la comunidad, de forma que cada acción quede a la vista de los vecinos y vaya cambiando paulatinamente la cultura ambiental, mientras que el programa de divulgación ambiental busca informar y lograr la participación ciudadana en temas ambientales. Además, se ofrece formación para que las actividades del proyecto sean desarrolladas por personal capacitado (16).

El cambio cultural no es espontáneo; interesa lograr un cambio integral e interno en las personas, que hasta un cambio de vida pueda suponer en su forma de alimentarse, decidir a dónde ir de vacaciones o participar. Por eso, la educación ambiental no debe ofrecer verdades absolutas, sino plantear visiones distintas para la toma de conciencia, considerando la complejidad del entorno y las dificultades en la conservación para lograr la participación. En la comunidad cultural Yucateca la damisela yucateca, el Pájaro Bobo genera interés por las aves, el entorno natural y la protección del medio ambiente (16).

La presencia de sujetos con alto grado de incertidumbre puede realizarse durante cualquier proceso y suele desaparecer una vez que el individuo adquiere la información necesaria. La reducción de la incertidumbre es una de las metas fundamentales de los procesos formativos. En este sentido, el proyecto puede lograr un cambio en el comportamiento de los participantes". Al transmitir la información, es necesario

distinguir entre los aspectos científicos y técnicos, que pueden aparentar objetividad, y los aspectos normativos o valorativos, en los que los valores y juicios de la sociedad condicionan la instrucción. Por eso, la conformación del mensaje no debe ser convencional ni una simple aceptación de conductas, sin dejar al alumno o receptor margen para hacer un juicio personal (16).

2.1.35. Evaluación de políticas públicas

Un objetivo destacado del debate político ha sido la relación de las personas con la naturaleza en entornos urbanos y residenciales, para gestionar adecuadamente los impactos que la población tiene sobre ella, siguiendo las demandas sociales. Estas investigaciones también son relevantes para planificar la calidad ambiental de la biodiversidad, previendo las futuras consecuencias para la sociedad (16).

En el contexto de las especies pioneras y urbanitas, las especies de entorno urbano reciben menos atención, estudios focalizaron el análisis en cinco especies consideradas plaga urbana y que, por esa condición, son poco importantes desde el punto de vista de la conservación: como representantes en entornos residenciales y de parque, la gaviota reidora (*Chroicocephalus ridibundus*); las de entornos suburbanos y periurbanos, el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*); en entorno urbano, la paloma doméstica (*Columba livia*); y como representantes en ámbitos más rurales, el gorrión común (*Passer domesticus*) y la urraca común (*Pica pica*). Analizando estas especies en función de tres dimensiones –utilidad (positiva–negativa), afecto (antipatía–simpatía) y notoriedad (desconocimiento–conciencia)– y explorando cómo las distintas aproximaciones metodológicas (encuestas, entrevistas, contenido en redes sociales y análisis de prensa) pueden ofrecer perspectivas divergentes para el debate sobre la gestión de aves consideradas plaga en entornos urbanos, se concluye que, para orientar las políticas públicas, es imprescindible la combinación de diversas aproximaciones y metodologías (16).

2.1.36. Participación ciudadana

A la hora de conservar especies de estas características, cobra especial relevancia la participación ciudadana, que es especialmente importante tanto para determinar la situación de las especies, conociendo su presencia, abundancia y tendencias, como para determinar presiones que pueden afectar a las poblaciones y a su hábitat e incluso para

gestionarlas. La colaboración ciudadana se ha revelado como una herramienta fiable para conocer la distribución de especies silvestres en una determinada área. En este sentido, las especies ligadas al medio urbano se prestan especialmente a una colaboración de aficionados: tienen vuelos y cantos característicos, lo que facilita una posible identificación en el entorno urbano, además de ser lo suficientemente abundantes como para que su avistamiento no sea ocasional. Para acceder a estas actividades de participación lo único que se necesita es tener un conocimiento mínimo de la especie, un interés por la naturaleza y la posibilidad de disfrutar de algunos momentos de ocio que se deseen dedicar a estas actividades. Por ello, es preciso cumplir una serie de pasos que aseguren el buen desarrollo de estos proyectos y que no se supongan un sobreesfuerzo para ninguna de las partes implicadas (28).

Es importante que tanto el grado de conocimiento como la complejidad del trabajo se ajusten a diferentes colectivos para facilitar la formación y participación de todo tipo de públicos. Así, el grupo objetivo de las actividades se ha planteado en primer lugar en función del nivel de complicación del proyecto, teniendo en cuenta distintas variables, tales como: grado de conocimiento sobre el grupo de aves, ubicación o tipo de colectivo (edad, formación, interés, profesionales de la conservación, etc.) (28).

2.1.37. Propuestas de mitigación

La conservación de aves debe ser integral, ejecutándose en los hábitats urbanos y en los del medio natural contiguo. Para que las aves urbanas puedan desplazarse entre el biopatrimonio de zonas verdes, monte, bosque, río, playa, etc., las comunidades construidas deben estar comunicadas entre sí y con estas zonas naturales. Para evitar el aislamiento de las poblaciones de aves, que las hacen vulnerables a la extinción, es necesario crear jardines naturales en parques, cementerios, etc. En el caso especial de costa, hay que mantener yacimientos arqueológicos y monumentos de interés turístico, así como las dunas como ecosistemas de amortiguación ante la posible subida del nivel del mar y donde las comunidades vegetales naviculares contribuyen a fijar y captar los nutrientes de la arena.

Las infraestructuras y el planeamiento deben contribuir a crear ecologías urbanas en un entorno costero de turismo de masas. Para ello debe desarrollarse un Plan Integral Canal de Agua/Parque Norte, con la estrategia siguiente: Conservación y creación de

territorios naturales, también en el ámbito de suelo urbano, potenciados como nexo entre las poblaciones naturales internas y externas; Imagen paisajística y rango de la ciudad aumentadas; Conservación y protección del Morro de Gos; Conservación de las playas, los ecosistemas litorales y las especies en peligro de extinción; La localización, imágenes, accesos y funcionalidad de las infraestructuras reguladas; Congelación de la superficie edificatoria hotelera y su localización centrada en la zona litoral (28).

2.1.38. Datos biométricos en conservación

Las medidas biométricas constituyen bases fundamentales para evaluar la salud y el estado de conservación de las poblaciones aviares. La cuantificación de rasgos corporales y alares, naturalizados mediante índices básicos compuestos, permite determinar la condición corporal individual y la dinámica de la población durante el ciclo anual. La cobertura específica de sombras en los hábitats también provee información indirecta sobre la condición y tasa de supervivencia de las aves, aspectos cruciales para su manejo y conservación a largo plazo (18).

El estudio de una población reproductora de la especie *Charadrius vociferus*, bajo algún grado de alteración antropogénica, se focalizó en dichas medidas. Para ello, se tomaron varias métricas de la estructura corporal y del ala de cada individuo, empleando luego índices básicos compuestos que relacionan esas dimensiones con características fisiológicas y el estado reproductivo. La superficie específica de cobertura se estimó mediante un método simple de transectos con muestreo, aplicando modelos estadísticos para analizar la relación entre los índices con la condición corporal y la dinámica poblacional dentro del ciclo anual (18).

2.1.39. Migración aviar

La migración es un desplazamiento periódico y regular que realizan las aves en busca de mejores condiciones climáticas y la adecuada disponibilidad de alimento. Los viajes no suelen ocupar más de dos meses. Cerca de dos tercios de las especies de aves realizan Migraciones Mayor y Menor o Local. Las especies de Migración Mayor prefieren los lugares de refugio y anidación situados en América del Norte. La migración puede ser unilátera (solo idas, solo vueltas) o bilátera (ida y vuelta). Entre las que realizan la Migración Mayor, unas toman la ruta del Atlántico, especialmente las aves acuáticas como cisnes, gansos y patos. Otras prefieren la ruta Atlántico del Medio. La Migración

Menor, por obvias razones, no suelen circular por las Latitudes Extremas. Las migraciones de África y Norteamérica son demoradas por las conexiones de las masas de tierra por Estrechos como el de Bering y el de Dover (18).

En el proceso migratorio pueden sufrir depredación por enemigos naturales, enfermedades y accidentes fisiológicos. A continuación, las estrategias o respuestas al proceso migratorio. Estrategias vincula: migración de las aves; características ambientales determinadas; estrategias para elegir las rutas; rutas por lesión o enfermedad; drogas durante la migración. Las aves migradores pueden cambiar sus rutas si algunos lugares están afectados por alteraciones. Incluso, puede suponer un cambio completo de ruta si sufre de una lesión o enfermedad. En el sistema nervioso existen sustancias vinculadas con el proceso migratorio como el GABA. Las aves están dotadas para afrontar los riesgos que encuentran en el proceso en que emigran (18).

2.1.40. Cambios fenológicos

Considerada una de las principales amenazas en la actualidad, el cambio climático actúa como modificador ambiental alterando los sistemas constituidos en su dinámica. Una de estas alteraciones son los cambios fenológicos, entendidos como el cambio en la frecuencia de determinados eventos en el ciclo biológico de algunas especies, como la migración, la eclosión o la reproducción. En aves, los cambios fenológicos en las migraciones están relacionados con el tamaño de las colonias de nidificación, la supervivencia e incluso las rutas migratorias que utilizan. El cambio fenológico afecta a una escala tan amplia como global, repercutiendo en los ecosistemas y especies que los habitan (18).

Las migraciones consisten en desplazamientos periódicos de las aves entre las zonas de reproducción y las zonas de invernada. La mayoría de las aves responden a los cambios causados por insectos, reptiles, etc., tornándose difícil la supervivencia tanto de las especies migratorias como las residentes si su alimentación está condicionada por ellos (18).

2.1.41. Colapso energético en aves

El colapso energético ocurre en un ave cuando ingiere mucho menos alimento del que requiere para mantener un cuerpo sano en condiciones normales. El cuerpo pierde entonces gran cantidad de reserva de energía que le sirve para mantener la temperatura

corporal, especialmente cuando el ave está en condiciones frías, y apenas si puede promover la digestión y la absorción de nutrientes, así como la ingestión de más alimento (18).

Las funciones vitales van siendo afectadas en orden inverso al que se detalló para la pérdida de masa corporal en Episodios de desnorte. Por ejemplo, el tiroxígeno, que tiene que ver con la regulación de la temperatura corporal, aparece disminuido muy pronto y pueden verse aves con aspecto que denota frío; después vienen los procesos metabólicos, el digestivo y el circulatorio; y en último lugar, cuando ya la muerte está muy cercana, aparecen afectados el sistema nervioso, la respiración y la contracción de los músculos. Las aves aunque físicamente se ven muertas están muertas metabólicamente desde mucho antes, y ya poseen el aspecto de un cadáver húmedo o helado, según las condiciones del ambiente (18).

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. Análisis de tesis

Gallegos, A (29) **“Medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* (Gray 1864), “golondrina de la tempestad del collar” (procellariiformes: hydrobatidae), caídas en la ciudad de Lima entre los años 2013 – 2016”**. Este estudio tiene como propósito describir los datos biométricos de individuos caídos en la ciudad de Lima entre 2013 y 2016, con el fin de identificar posibles diferencias o relaciones que amplíen el conocimiento sobre la especie. Se analizaron 513 registros de *Hydrobates hornbyi*. Los promedios de las cuatro medidas biométricas fueron: 16.29 ± 0.9 cm en longitud de ala; 25.76 ± 2.36 mm en tarso; 19.37 ± 2.28 mm en culmen; y 42.87 ± 2.08 mm en longitud total de la cabeza. El peso promedio fue de 39.09 ± 5.5 gramos. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en estas variables en relación con el lugar, la temporada de caída o el sexo. Sin embargo, las medidas de ala, culmen, tarso y cabeza sí presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) según el año de caída, mientras que el peso promedio mostró variación en función de la presencia de plumón. La comparación entre machos y hembras no evidenció diferencias significativas; no obstante, al incluir individuos de sexo indeterminado, sí se observaron diferencias. Esto sugiere que las variables biométricas podrían reflejar dimorfismo sexual en la

especie, lo cual debería confirmarse mediante la determinación del sexo a través de análisis moleculares.

2.2.2. Análisis de trabajos de investigación

Brena, et al (30) **“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”** Las golondrinas de mar del norte de Chile figuran entre las aves marinas más enigmáticas, debido a que sus sitios de reproducción han sido identificados recién en tiempos recientes. Hasta ahora, se tenían registradas cinco colonias de la golondrina de mar negra (GMN) y solo una de la golondrina de mar de collar (GMC). En este trabajo se reporta una colonia inédita de GMN en el Salar de Navidad, junto con un nuevo sector de nidificación en las pampas cercanas al río Loa, lo que extiende el área conocida de la colonia Salar Grande. Para la GMC, se documentan dos nuevas localidades, cada una con un nido. Asimismo, se aportan datos adicionales sobre aspectos de su biología, ciclos estacionales y factores de riesgo que afectan a ambas especies. Las estimaciones más recientes indican que más del 96% de la población reproductiva de GMN (55.733 parejas) se concentraría en Chile, lo que, sumado a las amenazas que enfrenta, evidencia la necesidad urgente de implementar medidas de conservación. En el caso de la GMC, su única colonia conocida alberga 7.919 parejas, cifra aún insuficiente para determinar con precisión el tamaño total de su población. Como prioridades para su conservación, se propone: (i) localizar nuevas colonias y cuantificar sus poblaciones; (ii) resguardar tanto los sitios de nidificación como las rutas de desplazamiento hacia el mar; y (iii) mitigar los efectos de la contaminación lumínica.

Romero, C (31) **“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. 2019”** Las golondrinas de mar constituyen uno de los grupos de aves menos investigados en el Perú. La aparición ocasional de ejemplares en ciudades costeras ha brindado cierta información sobre su biología, pero aún persisten vacíos importantes respecto a su distribución tanto marina como terrestre. En este estudio se analizan patrones de distribución en el mar de las dos especies más frecuentes: la golondrina de mar de Markham (*Oceanodroma markhami*) y la golondrina de mar acollarada (*O. hornbyi*), a partir de registros

obtenidos durante cruceros de evaluación de recursos pelágicos realizados en verano, otoño y primavera. Estos datos fueron comparados con las condiciones oceanográficas propias de cada estación. Los resultados indican que ambas especies pueden encontrarse a lo largo de todo el litoral peruano. No obstante, la golondrina de Markham presenta desplazamientos estacionales, concentrándose en otoño y primavera frente al sur de Piura y norte de Lambayeque, así como entre el sur de Pisco e Ilo. Por su parte, la golondrina acollarada muestra un patrón de retracción entre Ica y Tacna. Ambas especies fueron registradas en aguas costeras frías, aguas superficiales subtropicales y zonas de mezcla entre estas. Finalmente, se identificaron diferencias en sus patrones espacio-temporales, con desplazamientos que coinciden con sus periodos reproductivos, lo que podría aportar indicios sobre la localización de sus colonias.

Piro, A (32) **“Morfología comparada de la ranfoteca compuesta de las aves marinas de nariz tubular (orden Procellariiformes)”** Las ranfotecas compuestas son típicas de los Procellariiformes y, aunque también aparecen en otros grupos de aves, en este orden están más relacionadas con el desarrollo del olfato y las glándulas nasales que con la alimentación. Están formadas por varias placas en ambas mandíbulas y presentan surcos específicos. Su estructura varía entre familias: en Procellariidae destacan la división del ramicorne y la variabilidad de los tubos nasales; en Diomedidae, los tubos son más cortos y presentan pliegues y surcos particulares; mientras que Oceanitidae e Hydrobatidae muestran menor variación. Evolutivamente, los picos de Oceanitidae e Hydrobatidae son más basales, y los de Diomedidae derivan de formas de Procellariidae.

Brecha en la investigación

La revisión de la literatura revela una brecha notable: existen pocos estudios que establezcan una relación directa entre las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* y las caídas en contextos urbanos específicos como Arequipa. Aunque hay trabajos sobre caídas de aves marinas y sobre variaciones biométricas de especies afines, no se ha explorado en profundidad esta especie particular dentro de un entorno urbano concreto, lo que imprime a esta tesis un carácter original y necesario.



CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del trabajo

3.1.1.1. Espacial

El presente estudio se llevó a cabo en la ciudad de Arequipa, utilizando los informes otorgados por SERFOR (ver anexo 01).

3.1.1.2. Temporal

La investigación tuvo una duración aproximada de 6 meses desde la redacción del proyecto de investigación, hasta la recopilación y análisis de datos y redacción del borrador, desde el mes de noviembre del presente hasta abril del 2026.

3.1.2. Materiales de campo

- Informes de los reportes de golondrinas de la tempestad otorgadas por SERFOR
- Libreta de campo

3.1.3. Materiales de escritorio

- Archivador
- Material de apunte: lápiz, lapicero
- Resaltadores
- Matriz de datos para recopilación y organización de la información

3.1.4. Equipos

- Laptop y/o computadora
- Impresora
- Cámara fotográfica o de celular

3.2. Métodos

3.2.1. Muestreo

3.2.1.1. Universo:

El universo de estudio estuvo compuesto por todos los registros de ejemplares de *Hydrobates hornbyi* documentados en incidentes de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa entre los años 2021 y 2025.

3.2.1.2. Tamaño de muestra:

El tamaño de muestra estuvo conformado por el 100 % de los registros disponibles correspondientes al periodo de estudio, aplicándose los siguientes criterios de exclusión:

- Registros con información incompleta.
- Registros ilegibles.

3.2.1.3. Procedimiento de muestreo

El estudio empleó un muestreo no probabilístico de tipo censal, considerando la totalidad de los registros disponibles de *Hydrobates hornbyi* para el periodo 2021–2025.

3.2.2. Métodos de evaluación

3.2.2.1. Metodología de la experimentación

La evaluación de las medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* se realizó mediante el análisis sistemático de los registros documentales correspondientes a los eventos de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa durante el periodo 2021–2025. La información obtenida fue organizada, depurada y analizada para describir las medidas biométricas y evaluar las relaciones existentes entre ellas.

El desarrollo del estudio se llevó a cabo siguiendo las etapas descritas a continuación:

- a) Se recopilaron los informes oficiales de los registros de *Hydrobates hornbyi* proporcionados por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) correspondientes al periodo 2021–2025.
- b) Se revisaron los registros recopilados con la finalidad de verificar la legibilidad y completitud de la información biométrica consignada en cada ficha.
- c) Se excluyeron los registros que presenten información incompleta o ilegible, de acuerdo con los criterios de exclusión establecidos para el estudio.
- d) Se sistematizaron los registros válidos en una matriz de datos digital, en la cual se consignaron las medidas biométricas (longitud alar, longitud de la

cabeza, longitud del tarso, longitud del culmen y peso corporal), así como las variables de clasificación (edad y año del evento).

- e) Se analizaron las relaciones biométricas entre las medidas corporales registradas, considerando las asociaciones existentes entre la longitud de la cabeza, la longitud del culmen, la longitud del tarso, la longitud del ala y el peso corporal.
- f) Se compararon las medidas y relaciones biométricas según edad y año del evento de caída, cuando dicha información se encuentre disponible en los registros.
- g) Se interpretaron los resultados obtenidos en función de los objetivos planteados y de la información reportada en la literatura científica relacionada con estudios biométricos en aves.

3.2.2.2. Recopilación de la información

a. En el campo

Recopilación de las fichas de eventos de caída de golondrinas de la tempestad por parte de SERFOR.

b. En la biblioteca

La información secundaria fue recopilada en bibliotecas especializadas y fuentes digitales, donde se buscaron estudios previos relacionados con *Hydrobates hornbyi* y especies similares, proporcionando un contexto teórico y comparativo para la interpretación de los resultados obtenidos.

c. En otros ambientes generadores de la información científica

Se utilizaron plataformas en línea como bases de datos científicas, repositorios de biodiversidad y registros de avistamientos de aves en diferentes plataformas como eBird y GBIF para complementar la información de campo y proporcionar una visión más amplia del comportamiento de la especie en otras regiones.

3.3. Variables de respuesta

3.3.1. Variables independientes

- Edad
- Periodo de registro
- Medidas biométricas

3.3.2. Variables dependientes

- Relaciones biométricas

3.3.3. Operacionalización de variables

Variable		Dimensión	Indicador	Técnica / Instrumento	Escala de medición
Variables independientes	Medidas biométricas de <i>Hydrobates hornbyi</i>	Morfología corporal	Longitud de la cabeza (mm)	Análisis documental / ficha SERFOR	Cuantitativa continua
			Longitud del culmen (mm)	Análisis documental / ficha SERFOR	Cuantitativa continua
			Longitud del tarso (mm)	Análisis documental / ficha SERFOR	Cuantitativa continua
			Longitud del ala (mm)	Análisis documental / ficha SERFOR	Cuantitativa continua
			Peso corporal (g)	Análisis documental / ficha SERFOR	Cuantitativa continua
	Edad	Clase etaria	Juvenil / Adulto	Análisis documental	Cualitativa ordinal
	Año del evento de caída	Periodo temporal	Año (2021–2025)	Análisis documental	Cualitativa ordinal
Variables dependientes	Relaciones biométricas de <i>Hydrobates hornbyi</i>	Relación entre medidas corporales	Relación ala–peso	Cálculo matemático	Cuantitativa continua
			Relación culmen–cabeza	Cálculo matemático	Cuantitativa continua
			Relación ala–tarso	Cálculo matemático	Cuantitativa continua

3.4. Evaluación estadística

3.4.1. Diseño Experimental

3.4.1.1. Unidades experimentales

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por cada ejemplar de *Hydrobates hornbyi* registrado en los informes oficiales de eventos de caída durante el periodo de estudio, siempre que cuenten con información biométrica completa y legible

3.4.1.2. Análisis estadístico

3.4.1.2.1. Análisis de varianza

Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la existencia de diferencias significativas en las medidas biométricas (longitud de la cabeza, longitud del culmen, longitud del tarso, longitud del ala y peso corporal) entre los grupos definidos por sexo, edad y año del evento de caída, siempre que los datos cumplan con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas

3.4.1.2.2. Análisis de significancia

El nivel de significancia estadística se establecerá en un valor de $p < 0,05$.

3.4.1.2.3. Pruebas no paramétricas

En aquellos casos en los que las variables no cumplan con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se emplearán pruebas estadísticas no paramétricas, tales como la prueba de Mann–Whitney o la prueba de Kruskal–Wallis, según corresponda al número de grupos comparados.

3.4.1.2.4. Análisis de frecuencias

Se realizará un análisis de frecuencias para describir la distribución de los registros según edad y año del evento de caída, permitiendo caracterizar la composición de los ejemplares analizados durante el periodo de estudio.



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Describir las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* registradas en los eventos de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del peso y medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa (2021–2025)

	Peso (gr)	LC (mm)	LCu (mm)	LT (mm)	LA (mm)
Mínimo	23	20	11,5	15	145
Máximo	58	35	26	32	270
Media	38,57	25,78	17,47	25,31	193,92
D.S.	5,83	2,37	1,94	2,81	27,98
C.V.	0,15	0,09	0,11	0,11	0,14
Mediana	39	25,7	17,4	25	209
n	238	238	238	238	238

Nota: LC: longitud de cabeza; LCu: longitud del culmen; LT: longitud del tarso; LA: longitud de ala.

Se registraron un total de 238 individuos de *Hydrobates hornbyi* durante los eventos de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa entre los años 2021 y 2025.

El peso al ingreso presentó un valor promedio de $38,57 \pm 5,83$ g, con un rango que varió entre 23 y 58 g, y una mediana de 39 g.

En relación con las medidas biométricas, la longitud de ala mostró el mayor valor promedio ($193,92 \pm 27,98$ mm), con un rango de 145 a 270 mm y una mediana de 209 mm.

La longitud de la cabeza registró un promedio de $25,78 \pm 2,37$ mm (rango: 20–35 mm), mientras que la longitud del culmen presentó un promedio de $17,47 \pm 1,94$ mm (rango: 11,5–26 mm).

Por su parte, la longitud del tarso mostró un valor promedio de $25,31 \pm 2,81$ mm, con valores que oscilaron entre 15 y 32 mm.

Los coeficientes de variación fueron relativamente bajos para todas las variables (entre 0,09 y 0,15), lo que indica una variabilidad moderada en las medidas evaluadas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten caracterizar las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* a partir de individuos registrados durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa entre los años 2021 y 2025. En general, las variables evaluadas mostraron una variabilidad moderada, con coeficientes de variación bajos, lo que sugiere una relativa homogeneidad morfométrica en la población analizada.

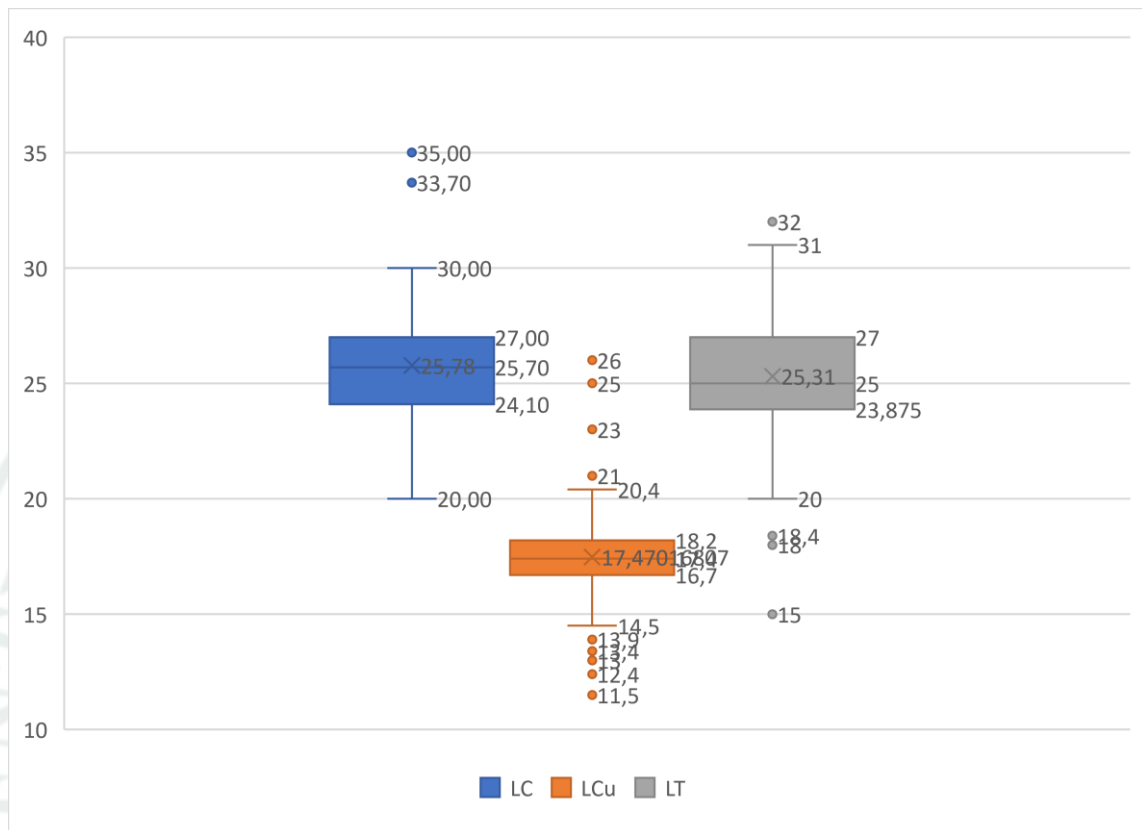
Figura 1. Estadísticos descriptivos de la variable peso de *Hydrobates hornbyi* registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa (2021–2025)



Los estadísticos descriptivos para la variable de peso se observan en la figura 1.

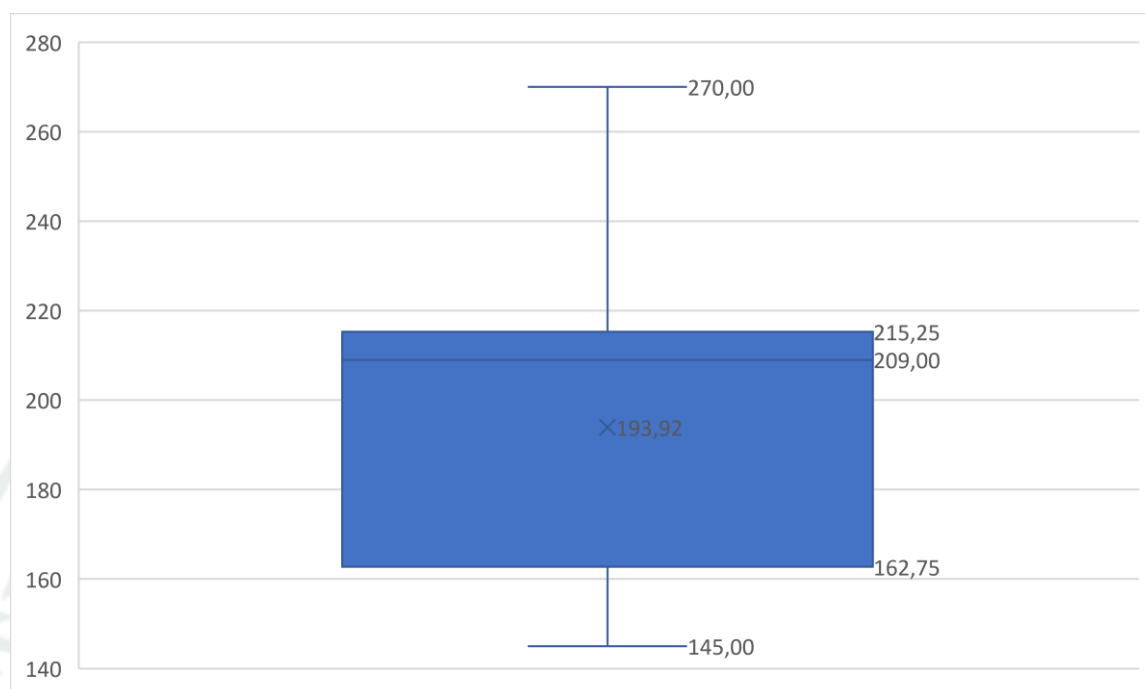
El peso promedio registrado ($38,57 \pm 5,83$ g) fue similar al reportado por Gallegos, A. (29), quien obtuvo un valor de $39,09 \pm 5,5$ g en individuos evaluados en la ciudad de Lima entre 2013 y 2016. Esta similitud sugiere que el peso corporal de la especie se mantiene relativamente constante entre diferentes localidades de la costa peruana, lo que podría indicar una estabilidad en las condiciones fisiológicas generales de los individuos que experimentan eventos de caída.

Figura 2. Estadísticos descriptivos de la variable peso de *Hydrobates hornbyi* registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa (2021–2025)



En cuanto a las medidas morfométricas, la longitud del tarso registrada en este estudio ($25,31 \pm 2,81$ mm) es prácticamente coincidente con la reportada por Gallegos (29) ($25,76 \pm 2,36$ mm), lo que refuerza la consistencia de esta variable como un rasgo estructural relativamente conservado dentro de la especie. De manera similar, las medidas de culmen ($17,47 \pm 1,94$ mm) y cabeza ($25,78 \pm 2,37$ mm) se encuentran dentro de rangos comparables, aunque ligeramente menores en comparación con los valores reportados en Lima ($19,37 \pm 2,28$ mm y $42,87 \pm 2,08$ mm, respectivamente), lo cual podría estar asociado a diferencias en la metodología de medición o en la composición etaria de las muestras.

Figura 3. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de ala de *Hydrobates hornbyi* registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa (2021–2025)



Por otro lado, la longitud de ala ($193,92 \pm 27,98$ mm) mostró una mayor amplitud de rango en comparación con otras variables, lo que sugiere una mayor variabilidad en esta estructura. Esta variación podría estar relacionada con la presencia de individuos en diferentes etapas de desarrollo, dado que el crecimiento alar es uno de los componentes más sensibles a la edad en aves marinas (33). Asimismo, factores como el desgaste del plumaje, la condición corporal o el momento del ciclo de muda podrían influir en la variabilidad observada.

La baja variabilidad relativa en la mayoría de las medidas biométricas coincide con lo esperado para especies de Procellariiformes, las cuales suelen presentar morfologías altamente especializadas y conservadas debido a sus adaptaciones al vuelo oceánico (34). En este contexto, las similitudes encontradas entre los valores obtenidos en Arequipa y los reportados en Lima sugieren que las poblaciones afectadas por eventos de caída pertenecen a un mismo patrón morfológico general, sin evidenciar diferencias marcadas a nivel regional.

Las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* presentan una variabilidad moderada y consistente con estudios previos, lo que respalda la idea de una relativa estabilidad morfológica en la especie.

4.2. Análisis de las relaciones biométricas existentes entre las principales medidas corporales.

Tabla 2. Matriz de correlación entre las variables biométricas de *Hydrobates hornbyi*.

Relación	r	Interpretación
LC – LCu	0.274	débil
LC – LT	0.189	muy débil
LC – LA	0.089	casi nula
LCu – LT	0.110	muy débil
LCu – LA	-0.084	nula
LT – LA	0.349	moderada

Se evaluaron las correlaciones entre las principales medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r).

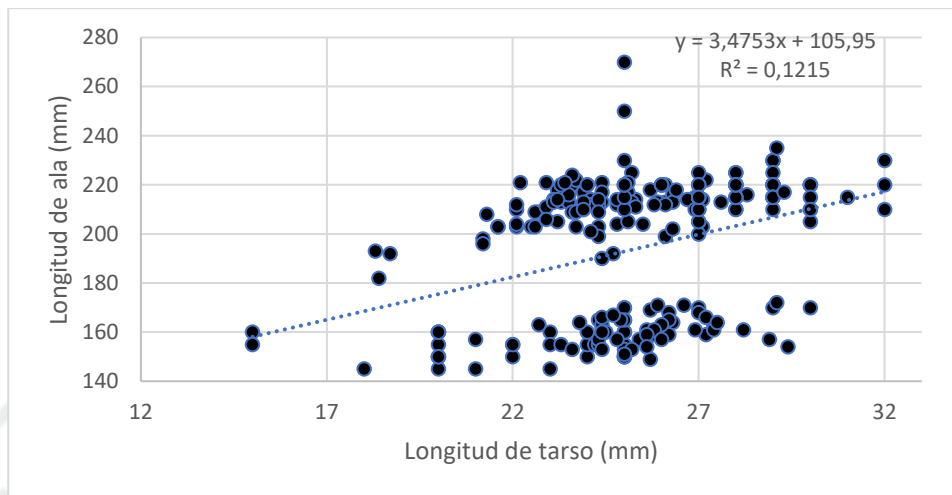
En general, las variables presentaron valores bajos de correlación, indicando una débil asociación entre las medidas corporales analizadas.

La relación más alta se observó entre la longitud del tarso (LT) y la longitud de ala (LA), con un coeficiente de correlación moderado ($r = 0,349$).

Por otro lado, la longitud de la cabeza (LC) y la longitud del culmen (LCu) mostraron una correlación débil ($r = 0,274$), mientras que el resto de las combinaciones presentaron valores bajos o cercanos a cero ($r < 0,20$), incluyendo una correlación ligeramente negativa entre la longitud del culmen y la longitud de ala ($r = -0,084$).

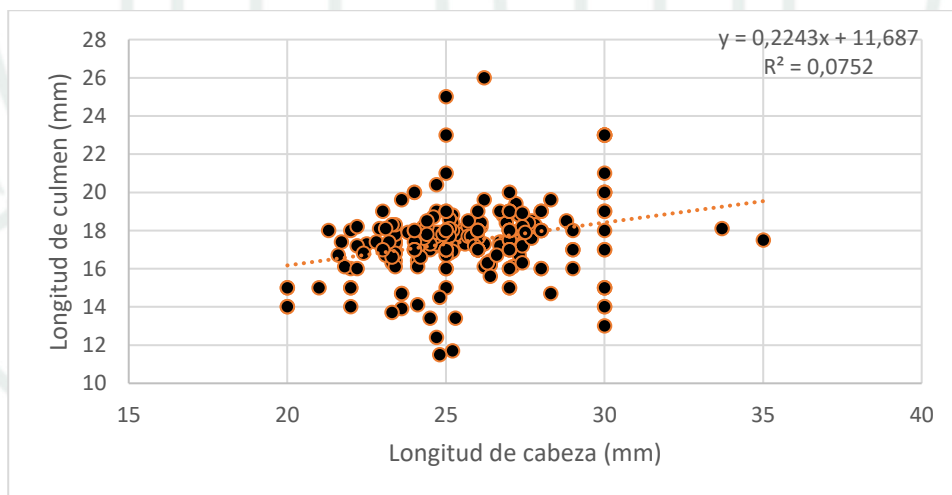
Los resultados indican que las variables biométricas presentan baja covariación, lo que sugiere que las distintas estructuras corporales no varían de forma proporcional entre sí en los individuos analizados.

Figura 4. Relación entre la longitud del tarso (LT) y la longitud de ala (LA)



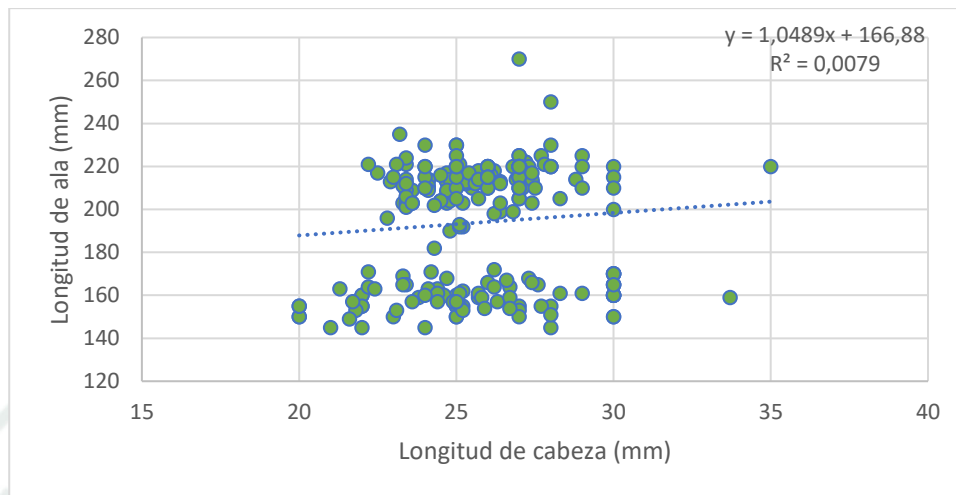
La correlación más alta se observó entre la longitud del tarso y la longitud de ala ($r = 0,349$), lo que indica una relación positiva moderada como se observa en la figura 4. Este resultado podría estar asociado a la integración funcional entre estructuras relacionadas con la locomoción, ya que tanto el ala como el tarso cumplen roles importantes en el desplazamiento y la estabilidad del individuo. Sin embargo, el valor obtenido sigue siendo relativamente bajo, lo que indica que dicha relación no es fuertemente determinante.

Figura 5. Relación entre la longitud de la cabeza (LC) y la longitud del culmen (LCu)



Por otro lado, la relación entre la longitud de la cabeza y la longitud del culmen ($r = 0,274$) mostró una correlación positiva débil, ver figura 5. Aunque ambas variables están anatómicamente vinculadas, la baja asociación encontrada sugiere que el tamaño del pico no depende estrictamente del tamaño de la cabeza, lo cual podría estar influenciado por factores funcionales como la alimentación o la especialización trófica.

Figura 6. Relación entre la longitud de la cabeza (LC) y la longitud de ala (LA)



En la Figura 6 se observa la relación entre la longitud de la cabeza (LC) y la longitud del ala (LA). Los datos presentan una amplia dispersión, sin evidenciar una tendencia lineal definida. Aunque la línea de regresión muestra una pendiente ligeramente positiva ($y = 1,0489x + 166,88$), el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,0079$) indica que la relación entre ambas variables es prácticamente nula.

El análisis de las relaciones biométricas entre las principales medidas corporales de *Hydrobates hornbyi* evidenció, en general, coeficientes de correlación bajos, lo que indica una débil asociación entre las variables evaluadas. Este patrón sugiere que las dimensiones corporales analizadas no varían de manera proporcional entre sí, reflejando una relativa independencia en el crecimiento o mantenimiento de estas estructuras.

Las demás combinaciones de variables presentaron correlaciones débiles o cercanas a cero, incluyendo la relación entre la longitud del culmen y la longitud de ala ($r = -0,084$), que incluso mostró una ligera tendencia negativa. Este resultado refuerza la idea de que las diferentes estructuras corporales pueden responder a presiones selectivas distintas, en lugar de seguir un patrón de crecimiento uniforme.

La baja correlación entre variables biométricas ha sido reportada en otras especies de Procellariiformes, en las cuales las adaptaciones al vuelo oceánico favorecen una morfología altamente especializada pero no necesariamente proporcional entre todas sus partes (33,34).

Los resultados sugieren que las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* presentan una baja covariación, lo que indica que las proporciones corporales de la especie no están fuertemente integradas, sino que responden a múltiples factores ecológicos y funcionales.

4.3. Comparación de las medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* según edad y año del evento de caída.

Tabla 3. Comparación de las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* según edad mediante prueba t de Student.

Variable	Juvenil (Media $\pm$ DS)	Adulto (Media $\pm$ DS)	p-valor
Peso	38,225 $\pm$ 5,46	38,866 $\pm$ 6,15	0,399
LC	25,739 $\pm$ 2,78	25,811 $\pm$ 1,97	0,817
LCu	17,395 $\pm$ 1,98	17,535 $\pm$ 1,90	0,579
LT	24,389 $\pm$ 2,85	25,689 $\pm$ 2,72	0,026
LA	190,576 $\pm$ 27,92	196,835 $\pm$ 27,821	0,085

Se compararon las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* según la edad mediante la prueba t de Student para muestras independientes (Tabla 3).

Se observaron diferencias significativas únicamente en la longitud del tarso (LT) ($p = 0,026$), siendo mayor en uno de los grupos evaluados.

En contraste, no se encontraron diferencias significativas en el peso ($p = 0,399$), la longitud de la cabeza (LC) ($p = 0,817$), la longitud del culmen (LCu) ($p = 0,579$) ni en la longitud de ala (LA) ($p = 0,085$).

La comparación de las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* según la edad evidenció diferencias significativas únicamente en la longitud del tarso, mientras que el resto de variables no mostró variaciones estadísticamente significativas entre juveniles y adultos. Este resultado sugiere que, en términos generales, la mayoría de las dimensiones corporales evaluadas alcanzan valores similares en ambas etapas de vida, lo que podría indicar un desarrollo temprano de estas estructuras.

La diferencia observada en la longitud del tarso podría estar relacionada con procesos de crecimiento aún no completamente finalizados en individuos juveniles, ya que esta estructura ósea puede continuar desarrollándose incluso después de que otras dimensiones corporales han alcanzado valores cercanos a los del adulto. En aves marinas, el desarrollo estructural puede no ser completamente uniforme, lo que explica la presencia de diferencias en ciertas partes del cuerpo y no en otras (33).

La ausencia de diferencias significativas en variables como la longitud de ala, culmen y cabeza podría indicar que estas estructuras alcanzan rápidamente su tamaño funcional, lo cual es fundamental para la supervivencia, especialmente en especies pelágicas que dependen del vuelo eficiente desde etapas tempranas de vida. Este patrón ha sido descrito en Procellariiformes, donde el desarrollo de las alas y estructuras asociadas al vuelo es prioritario para asegurar la capacidad de desplazamiento y alimentación (34).

Asimismo, los resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Gallegos, A (29), quien no encontró diferencias significativas en las variables biométricas en relación con el sexo ni otros factores, lo que refuerza la idea de una relativa uniformidad morfológica en la especie.

Estos hallazgos sugieren que *Hydrobates hornbyi* presenta un patrón de crecimiento en el cual la mayoría de las estructuras corporales alcanzan rápidamente su tamaño funcional, mientras que otras, como el tarso, podrían presentar variaciones asociadas a la edad o al desarrollo individual.

Tabla 4. Comparación de las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* según año del evento mediante ANOVA.

Variable	F	p-valor
Peso	4,518	0,002
LC	25,049	0,000
LCu	7,176	0,000
LT	39,663	0,000
LA	509,805	0,000

Se evaluaron diferencias en las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* entre los años del estudio mediante un análisis de varianza (ANOVA) (Tabla 4).

Se encontraron diferencias significativas en todas las variables analizadas, incluyendo el peso ($F = 4,518$; $p = 0,002$), la longitud de la cabeza (LC) ($F = 25,049$; $p < 0,001$), la longitud del culmen (LCu) ($F = 7,176$; $p < 0,001$), la longitud del tarso (LT) ($F = 39,663$; $p < 0,001$) y la longitud de ala (LA) ($F = 509,805$; $p < 0,001$).

A diferencia de lo observado en la comparación por edad, el análisis de las medidas biométricas según el año del evento evidenció diferencias significativas en todas las variables evaluadas, lo que indica una variación temporal importante en las características morfométricas de los individuos registrados.

Este patrón sugiere que los eventos de caída no involucran poblaciones homogéneas a lo largo del tiempo, sino que podrían estar influenciados por factores ambientales, ecológicos o biológicos que varían entre años. Entre estos factores podrían incluirse cambios en la disponibilidad de alimento, condiciones oceanográficas o variaciones en las rutas de desplazamiento de la especie, los cuales pueden afectar la condición corporal y el desarrollo de los individuos.

Resultados similares han sido reportados por Gallegos, A (29), quien encontró diferencias significativas en las medidas biométricas según el año de caída en la ciudad de Lima, lo que respalda la idea de una variabilidad temporal en la morfometría de la especie. Esta coincidencia entre estudios realizados en distintas localidades sugiere que este patrón no es aislado, sino que podría ser característico de *Hydrobates hornbyi* en el contexto de eventos de caída.

La variabilidad interanual observada también podría estar relacionada con la composición etaria de los individuos registrados en cada año, ya que la presencia variable de juveniles y adultos puede influir en los valores promedio de las medidas biométricas. Asimismo, factores como el estado fisiológico, el desgaste del plumaje o el nivel de estrés asociado a los eventos de caída podrían contribuir a las diferencias observadas.

En aves marinas, se ha documentado que las condiciones ambientales pueden generar variaciones en parámetros morfométricos y de condición corporal entre años, especialmente en especies altamente dependientes de recursos marinos (33). En este sentido, los resultados obtenidos en el presente estudio podrían reflejar la influencia de factores externos sobre la población afectada por eventos de caída en la ciudad de Arequipa.

Los hallazgos evidencian que la variabilidad temporal es un componente importante en la biometría de *Hydrobates hornbyi*, lo que resalta la necesidad de considerar el año de registro como un factor relevante en estudios morfométricos de la especie.

CONCLUSIONES

Primera:

Las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* registradas en eventos de caída en la ciudad de Arequipa entre 2021 y 2025 presentan una variabilidad moderada y valores promedio consistentes con estudios previos, lo que evidencia una relativa estabilidad morfológica en la especie.

Segunda:

Las relaciones biométricas entre las principales medidas corporales muestran coeficientes de correlación bajos, indicando una débil asociación entre las variables y sugiriendo que las estructuras corporales responden de manera relativamente independiente a factores funcionales y ecológicos.

Tercera:

Las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* no presentan diferencias significativas entre edades en la mayoría de variables, excepto en la longitud del tarso; sin embargo, sí muestran diferencias significativas entre años, lo que evidencia una variabilidad temporal importante en las características morfométricas de los individuos registrados.

RECOMENDACIONES

- 1) Estandarizar los protocolos de medición biométrica en futuros estudios de *Hydrobates hornbyi*, asegurando el uso de metodologías consistentes para reducir posibles variaciones asociadas a la toma de datos y facilitar comparaciones entre investigaciones.
- 2) Incorporar la determinación del sexo mediante técnicas moleculares, con el fin de evaluar la posible presencia de dimorfismo sexual en la especie, considerando que las variables biométricas podrían reflejar diferencias no detectadas mediante métodos tradicionales.
- 3) Realizar monitoreos continuos de eventos de caída a lo largo del tiempo, con el objetivo de analizar con mayor precisión la variabilidad interanual observada y su posible relación con factores ambientales y oceanográficos.
- 4) Evaluar la condición corporal de los individuos mediante índices que integren peso y medidas estructurales, lo que permitiría una mejor comprensión del estado fisiológico de las aves afectadas por eventos de caída.
- 5) Analizar la influencia de la edad en combinación con otros factores, como el año y las condiciones del evento, para entender de manera más integral los patrones de variación biométrica observados en la especie.
- 6) Fortalecer los programas de rescate y registro de aves caídas en zonas urbanas, promoviendo la recopilación sistemática de datos biométricos y ecológicos que contribuyan al conocimiento y conservación de *Hydrobates hornbyi*.

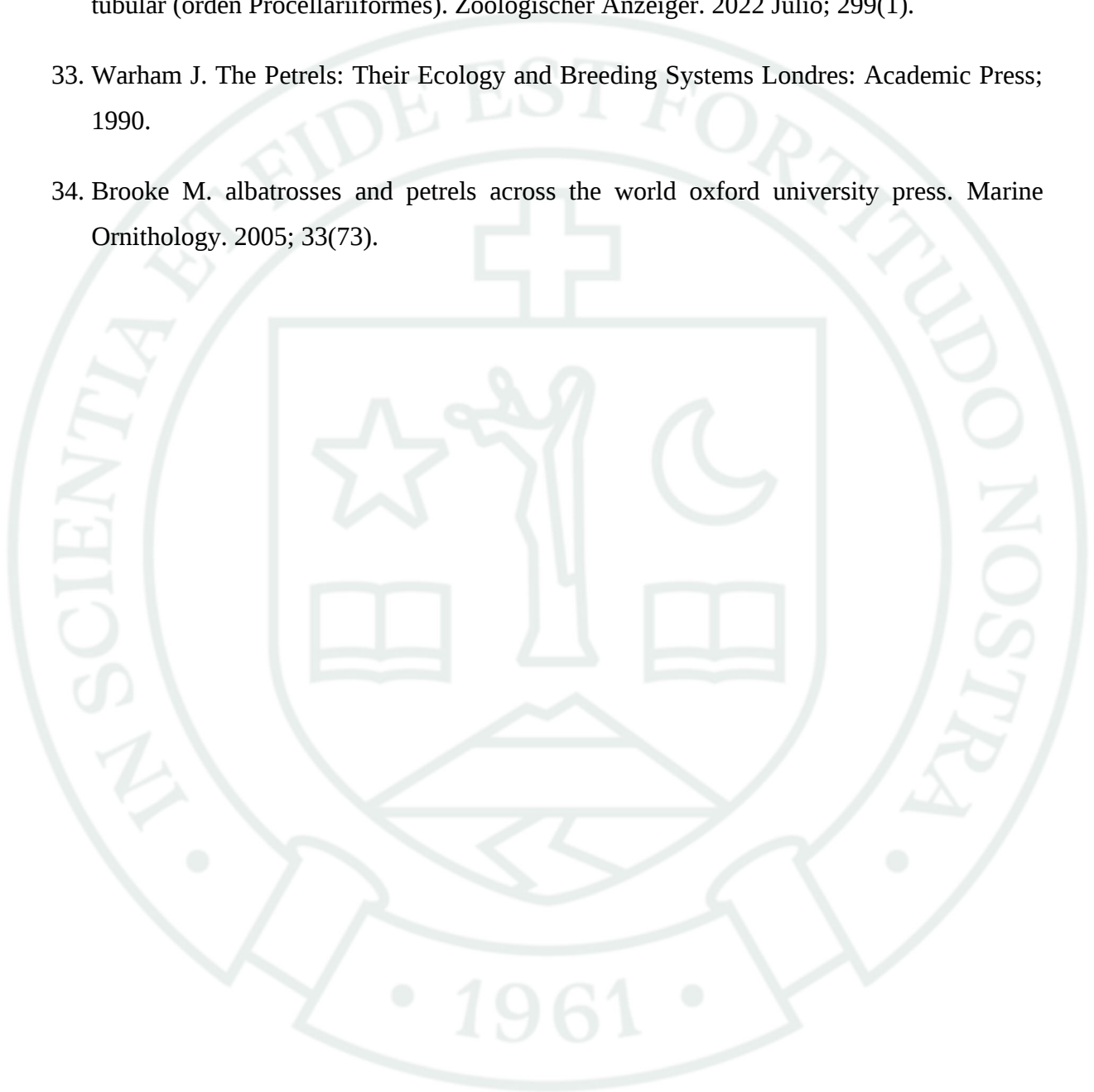
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pérez R. Biodiversidad y servicios ecosistémicos en la costa central del Perú. Boletín. Proyecto EO4cultivar, UK Space Agency International Partnership Programme; 2020.
2. Gómez L, Ramírez V, Quispe M. Migraciones atípicas de aves marinas en áreas urbanas del litoral peruano. Revista de Ornitología del Pacífico. 2022 15; 2.
3. Martínez E. Efectos del cambio climático en rutas migratorias de aves pelágicas en Perú.. Revista de Ecología y Medio Ambiente. 2020; 6(2).
4. Rodríguez D. Políticas de conservación frente a amenazas emergentes para aves marinas.. Revista Latinoamericana de Biodiversidad. 2023; 12(2).
5. López J, Fernández A. Contaminación lumínica y sus efectos en aves migratorias: un estudio urbano.. Revista Ecológica Peruana. 2019; 14(1).
6. Sánchez M. Adaptaciones morfológicas de aves marinas en entornos hostiles. Revista de Zoología Tropical. 2022; 15(1).
7. Ramírez C, Vega L, Medina P. Estudio morfométrico de aves marinas en entornos urbanos.. Revista Internacional de Biología Marina. 2021; 19(4).
8. González M, Pérez D. Dinámicas migratorias de aves marinas frente al cambio climático. Revista Científica de Biodiversidad Marina. 2020; 8(3).
9. Vega L. Educación ambiental y conservación de aves marinas: oportunidades en entornos urbanos. Revista Ambiental y Sociedad. 2023; 16(2).
10. Martínez E, Quinteros R, Vargas T. Biometría comparada en aves pelágicas: un enfoque regional. Revista Peruana de Zoología. 2022; 18(1).
11. Faus Soler J, Garcia-del-Pino F, Carles Senar J. Valoració dels mètodes d'estimació de l'abundància de la Cotorreta de pit gris (*Myiopsitta monachus*) en medis urbans. Revista de la Sociedad Gaditana de Historia Natural: RSGHN. 2008; 8(1).
12. Franco-Goyena J. Colonias reproductoras de avión zapador (*Riparia riparia*): Oportunidades y retos para la gestión y restauración de espacios mineros. ; 2017.

13. Piñones-Cañete C, Zuleta-Ramos C. Conociendo las aves y los humedales del desierto costero de Chile: Experiencias con una academia escolar en Los Vilos. Bio-grafía estudios sobre la biología y su enseñanza. 2015 Julio; 8(15).
14. Tirado-Bernat M. Evolución de las poblaciones de especies acuáticas cinegéticas en el humedal del Prat de Cabanes-Torreblanca (E de la península ibérica) durante el periodo invernal. NEMUS. 2018 Enero; 8(1).
15. Carrascal J, Chacón J, Ochoa V. Ingreso de psitácidos al centro de atención de fauna (CAV-CVS), durante los años 2007–2009. Revista MVZ Córdoba. 2013 Abril; 18(1).
16. Ramírez C, Marateo J, De-Beláustegui H. Catalogue of the bird of Barrio Centro (Luján, Buenos Aires, Argentina) during the non-breeding season. Revista del Museo de La Plata. 2018; 1(1).
17. Piemonte C. Patrones de comportamiento de volantes y flujo de adultos de Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la colonia de Punta Tombo, Chubut, Argentina. Tesis. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; 2019.
18. Acosta T, Dadon J. Urban environments as refuge of bare-faced ibis (*Phimosus infuscatus*) under water stress period. ; 2013.
19. Carrasco-Aragón L, Meza-Torres M. Impacto de la extracción del guano sobre las poblaciones de aves guaneras en algunas islas y puntas guaneras de la costa peruana. Tesis de grado. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias; 2017.
20. Chamorro D, Román-Muñoz A, Nieto I, Real R. ¿Qué factores afectan a las migradoras de larga distancia para que acorten sus desplazamientos? El caso de la invernada del Carricero Común en la Península Ibérica. XXIII Congreso Español de Ornitología, el futuro de las aves comunes. 2017.
21. Parejo-Nieto M, Gómez-Navedo J, Sánchez-Gutiérrez J, Gómez-Pantoja J, Villegas-Sánchez M, Corbacho-Amado C, et al. Geographical origin of dabbling ducks wintering in Iberia: Sex differe. International Journal of Avian Science. 2015 Julio; 157(3).

22. López-Calderón C. Conectando mundos distintos: Ecología de migración en dos especies de hirundínidos. Tesis doctoral. Sevilla: Universidad de Sevilla, Departamento de zoología; 2019.
23. de la Cruz Muñoz A. Habitat and population modelling for the conservation of seabirds. Tesis doctoral. Cádiz: Universidad de Cádiz; 2021.
24. Bertrand S, Silva J, Goya-Sueyoshi E. Fishers and seabirds competing for the same fish: Foraging strategies, interactions and consequences. Boletín Instituto del Mar del Perú. 2010; 25(1).
25. Jiménez García C. Energia eòlica marina i aus: integració de les eines d'avaluació a l'espai i el temps. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, Biología Animal; 2012.
26. Osorio J, Molina L. A vuelo de pájaro: Las ciudades como refugio para las aves. NODO Revista de innovación y creación. 2009; 4(7).
27. Morán-Cardona G. Importancia de las áreas verdes para la conservación de avifauna en ecosistemas urbanos del área metropolitana de los municipios de San Salvador y Antiguo Cuscatlán, El Salvador. Tesis de grado. El Salvador: Universidad de El Salvador; 2019.
28. Guerrero Cabezas T. Diversidad de avifauna y diseño de una ruta de aviturismo en el bosque protector cascada de Peguche, Otavalo-Ecuador. Tesis de maestría. Otavalo: Universidad Técnica del Norte; 2017.
29. Gallegos A. “Medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* (Gray 1864), “golondrina de la tempestad del collar” (procellariiformes: hydrobatidae), caídas en la ciudad de Lima entre los años 2013 – 2016. Tesis de grado. Lima: Universidad Ricardo Palma; 2021.
30. 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. Revista Chilena de Ornitología. 2019; 25(1).

31. 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. 2019. Boletín Instituto del Mar del Perú. 2021 Setiembre; 36(1).
32. Piro A. Morfología comparada de la ranfoteca compuesta de las aves marinas de nariz tubular (orden Procellariiformes). *Zoologischer Anzeiger*. 2022 Julio; 299(1).
33. Warham J. *The Petrels: Their Ecology and Breeding Systems* Londres: Academic Press; 1990.
34. Brooke M. *albatrosses and petrels across the world* oxford university press. *Marine Ornithology*. 2005; 33(73).





ANEXOS

Anexo 01. Reporte de Golondrinas de la Tempestad - SERFOR



PERU
Ministerio
de Desarrollo Urbano
y Riego

SERFOR
Servicio
Nacional
de Forestal
y de la
Sierra

Reporte de Golondrinas de la Tempestad de collar en zonas urbanas

Datos del Hallazgo	
Dirección: _____	Fecha de hallazgo: _____
Distrito: _____	Hora de hallazgo: _____
Provincia: _____	Fecha de entrega: _____
Referencia: _____	Fuentes de luz cercana: _____

Datos del Reportante	
Nombres y apellidos: _____	
Teléfono: _____	
¿Cómo te enteraste de qué hacer con el espécimen?	
☐ Redes sociales	☐ Personas cercanas ☐ Otros medios de comunicación
Otros: _____	

Datos del Mantenimiento	
Alimento brindado: _____	
Líquidos brindados: _____	
¿Dónde la mantuvo?: _____	

Historias de Hallazgo	

Urb. Cooperativa Universitaria D-12 – Arequipa
Telf: 054-234575
www.serfor.gob.pe



Evaluación física de golondrinas de la tempestad de Collar

Peso al ingreso: _____ Condición corporal: _____ Contenido estomacal: SI ☐ NO ☐ Ectoparásitos: SI ☐ NO ☐ ☐ + = 1 - 5 ☐ ++ = 6 - 10 ☐ +++ = 11 - más Observaciones: _____	Presencia de plumón: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Belly</th> <th>Head</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> Plumaje: _____ Anillo temporal: SI ☐ NO ☐ Box temporal: SI ☐ NO ☐	Belly	Head	0	0	1	1	2	2
Belly	Head								
0	0								
1	1								
2	2								

Datos biométricos del ave			
Cabeza: _____ cm	Culmen: _____ cm	Tarso: _____ cm	Ala: _____ cm
Registro fotográfico: SI ☐ NO ☐		responsable: _____	

Datos de rehabilitación			
Hidratación CIN 0.9% - PO	Fecha y hora:	Fecha y hora:	
	Cantidad:	Cantidad:	
Alimentación	Fecha y hora:	Fecha y hora:	
	Cantidad:	Cantidad:	
	Fecha y hora:	Fecha y hora:	
	Cantidad:	Cantidad:	
Medicación	Fecha y hora:	Fecha y hora:	
	Medicamento: Dosis:	Medicamento: Dosis:	
Prueba de nado: SI ☐ NO ☐		Prueba de permeabilidad: SI ☐ NO ☐	
Muestras colectadas y pruebas realizadas			
Ab AH1N5:			
Histología:			
Coproparasitológico:			
Datos de liberación			
Fecha y hora:		Fecha:	
Responsable:		Registro fotográfico: SI ☐ NO ☐	
Peso liberación:			
Observaciones (Condiciones climáticas): _____			
Coordenadas de liberación: _____			



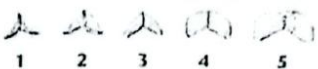
PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

SERFOR

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

ANEXO N°1
EVALUACIÓN FÍSICA DE GOLONDRINAS DE LA TEMPESTAD DEL COLLAR

Peso al ingreso: _____ Condición corporal: _____ 		Presencia de plumón: _____ Sí _____ No _____ Cabeza: _____ Abdomen: _____ Plumaje: _____ Anillo temporal: _____ Box: _____ Observaciones: _____		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Head</th> <th>Belly</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Head	Belly	0	0	1	1	2	2
Head	Belly											
0	0											
1	1											
2	2											
Ectoparásitos: Sí _____ No _____ a) ++ = 1 - 5 b) ++ = 6 - 10 c) +++ = 10 a más												
Datos en rehabilitación												
Hidratación CIN a 0.9% -vía oral	Fecha y hora:	Fecha y hora:	Cantidad:									
	Cantidad:	Cantidad:	Cantidad:									
Alimentación	Fecha y hora:	Fecha y hora:	Cantidad y tipo:									
	Cantidad y tipo:	Cantidad y tipo:	Cantidad y tipo:									
	Fecha y hora:	Fecha y hora:	Cantidad y tipo:									
Medicamento y dosis suministrado	Fecha y hora:	Fecha y hora:	Cantidad y tipo:									
	Cantidad y tipo:	Cantidad y tipo:	Cantidad y tipo:									
Muestras colectadas y pruebas realizadas												
Sangre entera	☐	Hematocrito (valor)	_____									
Suero	☐	Proteínas (valor)	_____									
Heces	☐	Bacteriología (especificar)	_____									
Ectoparásitos	☐	Histología (especificar)	_____									
Órganos (indicar):	_____											
Contenido estomacal:	_____											
Datos biométricos del ave												
Peso a la liberación	_____	N° de anillo	_____									
Cabeza	_____	Culmen	Tarso:	Ala								
Registro fotográfico	Sí _____ No _____	Responsable:	_____									
Liberación												
Fecha:	_____	Zona de liberación	Responsable									
Observaciones (condiciones climáticas, etc) _____												

Nombres y Apellidos _____

Urb. Cooperativa Universitaria D- 12 - Cercado Arequipa
Arequipa
T. 054-234575
www.serfor.gob.pe
www.minagri.gob.pe

EL PERÚ PRIMERO

Escaneado con CamScanner

Anexo 02. Evidencia fotográfica

Figura 7. Depuración de los registros

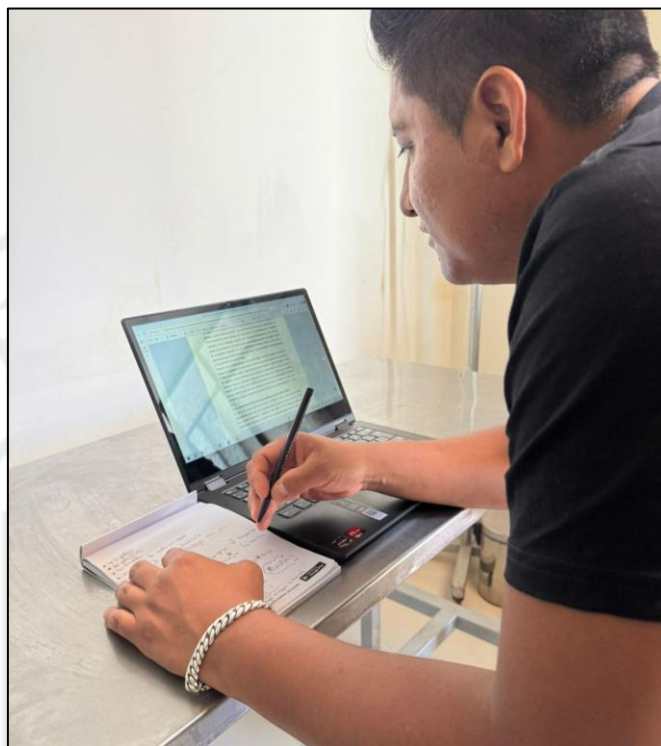
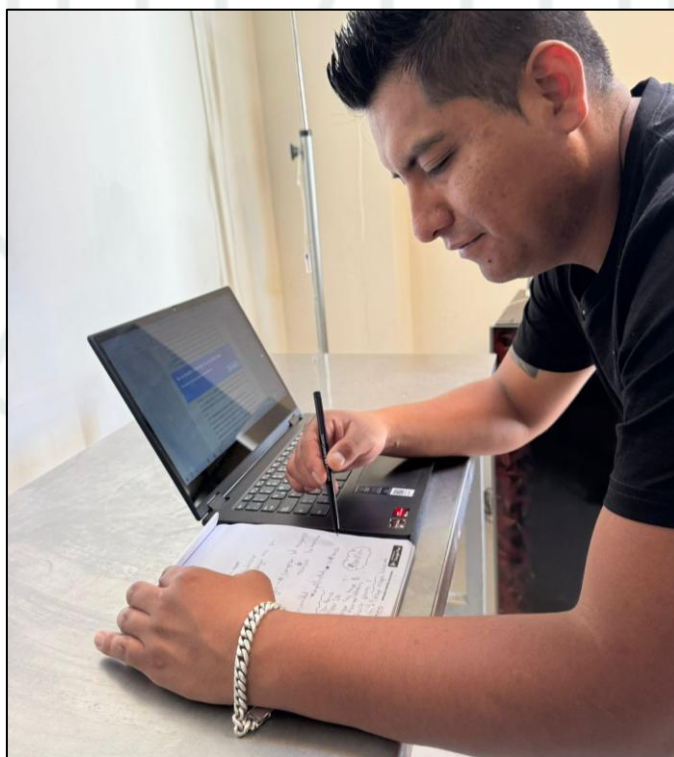


Figura 8. Completando la matriz de datos



Anexo 03. Matriz de datos sistematizada

N°	Peso (gr)	Año	Edad	LC (mm)	LCu (mm)	LT (mm)	LA (mm)
1	33	1	1	28	19	18	145
2	47	1	1	25	15	23	160
3	33	1	2	22	14	22	155
4	42	1	1	20	14	20	150
5	28	1	1	22	15	21	145
6	43	1	2	22	15	20	160
7	44	1	1	28	16	20	155
8	35	1	1	21	15	23	145
9	30	1	1	22	18	20	160
10	24	1	1	20	15	25	150
11	33	1	2	23	19	24	150
12	40	1	2	27	18	25	155
13	43	1	2	30	20	25	160
14	33	1	1	22	16	23	155
15	34	1	1	24	20	20	145
16	40	1	1	25	16	22	150
17	30	1	1	20	14	24	155
18	34	1	1	20	15	22	155
19	37	2	2	30	13	25	165
20	43	2	1	30	23	29	170
21	36	2	1	30	15	25	165
22	36	2	2	30	23	15	160
23	36	2	1	25	21	25	155
24	31	2	2	30	17	25	150
25	40	2	2	30	15	25	160
26	39	2	1	25	25	15	155
27	36	2	1	27	20	25	153
28	42	2	1	30	20	20	150
29	41	2	2	30	15	25	170
30	45	2	2	27	15	20	150
31	35	2	2	30	23	30	170
32	40	2	1	30	20	25	165
33	36	2	1	30	23	27	170
34	41	2	1	30	19	25	170
35	41	2	2	25	23	25	150
36	39	2	1	30	14	25	160
37	40	2	1	30	21	24	160
38	41	2	1	30	14	20	160

39	43	2	2	30	20	25	165
40	43	3	1	35	17,5	23,6	220
41	44	3	1	27,7	18,5	25,2	225
42	43	3	2	25,5	18	22,1	210
43	45	3	1	25,2	17,9	26,9	215
44	41	3	2	25,1	17,5	25,3	214
45	40	3	1	26,8	17,3	26,1	220
46	41	3	2	25,7	18	25,7	218
47	58	3	2	22,5	17,3	23,9	217
48	33	3	2	24,7	20,4	26,1	213
49	35	3	2	25,1	17,7	22,2	221
50	42	3	1	27,8	18,3	24,4	221
51	35	3	2	25,1	18,2	24,4	213
52	35	3	2	24,7	17,2	25,1	217
53	37	3	2	27,2	19,4	27,2	222
54	37	3	1	22,2	17,2	25,1	221
55	37	3	2	26,2	17,3	23,2	218
56	35	3	2	24,5	17	24,8	204
57	36	3	2	24,7	17,3	25,2	213
58	28	3	1	27,2	17,1	23,7	222
59	23	3	2	25,5	17,4	23,3	213
60	34	3	2	24,7	17,7	22,1	203
61	40	3	2	25,2	18,8	24,3	203
62	35	3	1	26,4	16,2	26,1	199
63	35	3	2	24,8	17,9	22,1	204
64	32	3	2	26,2	16,1	21,2	198
65	41	3	1	28,3	14,7	25,1	205
66	38	3	1	23,6	14,7	21,6	203
67	41	3	2	25,7	18,2	23,2	205
68	35	3	1	23,3	16,3	22,5	203
69	26	3	2	26,8	18,8	24,3	199
70	42	3	1	25,3	17,7	24,8	212
71	35	3	1	26,1	18,2	23,5	213
72	32	3	2	24,7	17,9	21,3	208
73	33	3	2	28,8	18,5	24,1	214
74	36	3	1	25,3	17,2	24,3	212
75	36	3	2	24,8	14,5	24,8	214
76	43	3	2	24,5	13,4	23,5	216
77	41	3	2	25,3	13,4	26,3	216
78	37	3	2	24,7	12,4	22,7	209

79	26	3	2	25,3	17,3	26,3	213
80	32	3	2	25,4	17,8	24,4	217
81	30	3	1	26,1	18,4	28,3	216
82	34	3	2	23,4	17,4	22,6	203
83	28	3	2	23,4	16,9	24,1	201
84	35	3	1	24,5	17,3	25,5	204
85	47	3	1	27,4	17,3	26,9	213
86	39	3	1	26,9	18,4	26,7	214
87	29	3	1	23,4	17,3	22,6	209
88	33	3	1	23,4	16,9	24,1	212
89	37	3	1	24,1	17,1	23,9	210
90	48	3	1	23,6	13,9	23,6	209
91	32	3	1	24,1	16,4	23,9	213
92	48	3	1	23,4	16,4	23,1	214
93	38	3	1	24,1	17,1	24,3	214
94	39	3	1	24,1	16,4	25,3	211
95	41	3	1	26,4	16,4	25,9	213
96	40	3	1	26,4	16,2	23,7	203
97	41	3	1	27,3	16,7	23,3	220
98	42	3	1	23,4	16,1	24,3	209
99	31	3	2	23,3	13,7	22,9	211
100	41	3	2	24,1	14,1	23,7	209
101	27	3	1	23,4	16,8	22,9	206
102	36	3	2	25,6	17,3	26,1	212
103	31	3	1	27,4	17,2	27,6	213
104	33	3	1	26,4	15,6	25,8	212
105	35	3	1	27,1	16,1	26,9	210
106	37	3	1	27,4	16,3	27,1	203
107	31	3	1	27,4	18	27,1	214
108	40	3	1	22,9	18,1	23,1	213
109	41	3	1	23,4	17,4	22,9	221
110	41	3	1	25,7	18,2	23,2	214
111	39	3	1	23,6	14,7	21,6	203
112	26	3	1	23,4	17,8	22,1	212
113	41	3	1	27,1	17,8	26,4	218
114	39	3	2	23,4	16,8	23,6	224
115	36	3	2	23,1	16,7	23,4	221
116	28	4	2	25,2	11,7	24,7	192
117	34	4	1	24,8	11,5	24,4	190
118	40	4	2	22,8	17,4	21,2	196

119	42	4	2	24,3	18,2	26,3	202
120	42	4	1	27,6	18,4	24,3	165
121	35	4	2	21,3	18	22,7	163
122	48	4	2	23,8	17,9	27,2	159
123	42	4	1	24,4	18,2	27,4	163
124	42	4	2	25,2	18,4	24,4	162
125	43	4	2	24,7	19	26,2	168
126	41	4	2	23,3	16,6	25,7	169
127	41	4	1	26,3	16,3	25,4	157
128	51	4	1	24,1	16,1	24,4	163
129	47	4	2	26,7	17,4	26,3	164
130	46	4	2	27,3	18,8	27	168
131	48	4	2	26,7	17,2	25,8	159
132	44	4	2	26	17,6	24,4	166
133	37	4	1	25,2	18	24,2	155
134	43	4	1	25,1	18,6	24,3	155
135	40	4	1	23,4	18,3	26,2	165
136	36	4	2	23,6	19,6	28,9	157
137	35	4	1	28,3	19,6	25,6	161
138	42	4	2	23,3	18,3	24,9	165
139	40	4	2	24,6	18,7	24,5	160
140	40	4	1	33,7	18,1	26	159
141	26	4	2	27,7	17,6	23,3	155
142	37	4	1	21,8	16,1	25,2	153
143	38	4	2	28	19	25	151
144	42	4	1	26,2	19,6	23,8	164
145	40	4	1	27,4	18,2	27,2	166
146	28	4	2	26,2	26	29,1	172
147	39	4	2	29	16	28,2	161
148	49	4	2	26,7	19	29,4	154
149	44	4	2	21,7	17,4	21	157
150	35	4	2	24,4	18,5	27,4	161
151	38	4	1	22,2	16	27,5	164
152	41	4	1	24,3	17,6	18,4	182
153	34	4	1	25,1	18,1	18,7	192
154	48	4	2	25,1	17,7	18,3	193
155	35	4	1	22,2	18,2	25,9	171
156	30	4	1	25,1	16,8	26,9	161
157	46	4	2	21,6	16,7	25,7	149
158	44	4	2	23,1	18,1	23,6	153

159	42	4	2	25,7	18,5	26,2	159
160	45	4	1	22,4	16,8	26	163
161	44	4	2	24,9	17,8	24,3	157
162	30	4	1	24,2	16,6	26,6	171
163	43	4	2	25,7	17,7	25,8	161
164	36	4	1	24,4	17,8	24,8	157
165	33	4	1	25,2	16,9	24,4	153
166	38	4	1	25	16,7	26	157
167	42	4	2	25,8	17,7	25,6	159
168	45	4	2	26,6	16,7	24,7	167
169	33	4	2	25,9	17,2	25,6	154
170	28	4	2	24	17,4	24,4	160
171	45	5	2	26	17	27	210
172	31	5	2	27	18	28	210
173	40	5	2	26	17	27	215
174	43	5	1	27	17,5	28	210
175	42	5	1	27	17,5	26	220
176	45	5	2	25	17	25	210
177	42	5	1	27,5	17,9	23,9	210
178	41	5	2	28	18	29	230
179	46	5	1	24	20	32	220
180	39	5	1	24	18	32	210
181	37	5	2	28	18	25	250
182	40	5	2	24	17	29	215
183	38	5	2	24	17	29	230
184	40	5	2	26	18	28	215
185	44	5	2	25	18	25	230
186	40	5	1	25	19	28	220
187	41	5	2	26	17	29	220
188	34	5	2	24	18	29	210
189	40	5	2	27	20	27	205
190	53	5	2	27	17	30	205
191	40	5	2	26	17	31	215
192	35	5	2	27	17	25	270
193	42	5	1	30	17	29	220
194	51	5	2	25	17	32	230
195	46	5	1	30	18	27	200
196	47	5	1	27	18	24	220
197	47	5	2	27	18	27	220
198	43	5	1	30	23	25	215

199	35	5	1	27	18	29	225
200	46	5	2	27	17	28	215
201	37	5	2	24	17	30	220
202	44	5	2	30	19	27	210
203	35	5	2	27	19	24	220
204	41	5	2	25	17	27	205
205	39	5	2	28	18	26	220
206	44	5	2	27	18	28	225
207	34	5	1	25	16	27	215
208	53	5	1	29	17	27	225
209	45	5	2	27	16	29	220
210	43	5	2	27	18	29	220
211	36	5	2	27	16	25	220
212	35	5	2	28	16	28	220
213	38	5	1	26	17	27	220
214	37	5	1	26	17	29	220
215	49	5	2	25	17	28	225
216	44	5	2	26	17	26	220
217	36	5	2	27	19	29	215
218	36	5	1	25	19	30	220
219	42	5	1	26	17	30	210
220	35	5	2	27	19	29	215
221	38	5	1	29	18	27	210
222	42	5	2	26	17	28	215
223	39	5	2	26	18	30	220
224	31	5	2	28	18	30	220
225	36	5	2	25	18	28	220
226	31	5	2	26	19	30	215
227	42	5	2	27	16	29	215
228	49	5	2	27	17	28	220
229	39	5	2	27	15	28	220
230	30	5	2	26	18	27	215
231	30	5	2	27	19	27	220
232	27	5	1	26	18	27	215
233	46	5	1	27	18	30	210
234	43	5	2	29	17	25	220
235	48	5	2	27	18	25	220
236	38	5	1	23,2	17,4	29,1	235
237	30	5	2	23	17	29	215
238	36	5	2	27,4	18,9	29,3	217

Anexo 04. Resultados de pruebas estadísticas

➔ Prueba T

[ConjuntoDatos0]

Estadísticas de grupo

	Edad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Peso	juvenil	111	38,2252	5,46341	,51856
	adulto	127	38,8661	6,14554	,54533
LC	juvenil	111	25,7396	2,76554	,26249
	adulto	127	25,8110	1,96777	,17461
LCu	juvenil	111	17,3955	1,98317	,18823
	adulto	127	17,5354	1,90132	,16871
LTarso	juvenil	111	24,8793	2,84676	,27020
	adulto	127	25,6898	2,72754	,24203
LA	juvenil	111	190,5766	27,92085	2,65013
	adulto	127	196,8346	27,82193	2,46880

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar		Inferior	Superior
Peso	Se asumen varianzas iguales	2,030	,156	-,845	236	,399	-,64092	,75850		-2,13521	,85337
	No se asumen varianzas iguales			-,852	235,927	,395	-,64092	,75252		-2,12344	,84161
LC	Se asumen varianzas iguales	11,650	,001	-,231	236	,817	-,07138	,30836		-,67888	,53611
	No se asumen varianzas iguales			-,226	195,473	,821	-,07138	,31526		-,69314	,55037
LCu	Se asumen varianzas iguales	,814	,368	-,555	236	,579	-,13994	,25206		-,63651	,35664
	No se asumen varianzas iguales			-,554	228,811	,580	-,13994	,25278		-,63801	,35813
LTarso	Se asumen varianzas iguales	,000	,999	-2,241	236	,026	-,81048	,36170		-1,52307	-,09790
	No se asumen varianzas iguales			-2,234	228,762	,026	-,81048	,36275		-1,52524	-,09573
LA	Se asumen varianzas iguales	1,253	,264	-1,728	236	,085	-6,25807	3,62103		-13,39174	,87560
	No se asumen varianzas iguales			-1,728	231,535	,085	-6,25807	3,62190		-13,39416	,87802

➔ **Unidireccional**

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso	Entre grupos	580,588	4	145,147	4,518	,002
	Dentro de grupos	7485,836	233	32,128		
	Total	8066,424	237			
LC	Entre grupos	399,791	4	99,948	25,049	,000
	Dentro de grupos	929,701	233	3,990		
	Total	1329,492	237			
LCu	Entre grupos	97,536	4	24,384	7,176	,000
	Dentro de grupos	791,743	233	3,398		
	Total	889,278	237			
LTarso	Entre grupos	756,582	4	189,146	39,663	,000
	Dentro de grupos	1111,145	233	4,769		
	Total	1867,727	237			
LA	Entre grupos	166571,911	4	41642,978	509,805	,000
	Dentro de grupos	19032,408	233	81,684		
	Total	185604,319	237			

Anexo 05. Llenado del formulario F1 para la solicitud de acceso a la información pública



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

SERFOR

Servicio
Nacional
Forestal y
de Fauna
Silvestre

Para registro

0015 / 11 - 2026

FORMULARIO F1

SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA

(Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM)

I. FUNCIONARIO RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN			
Director de la Oficina de Servicios al Usuario y Trámite Documentario			
II. DATOS DEL SOLICITANTE			
APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL		DOCUMENTO DE IDENTIDAD	
HUANQUE TACO MARIO Yael POLDY		D.N.I / LM / C.E OTRO 72141681	
DOMICILIO			
AV. / CALLE - JR. / PSJ	N° / DPTO / INT	DISTRITO	URBANIZACIÓN
PPJJ FRANCISCO BOLOGNESI AMAZONAS	NRO 103 MZ. G LT.1	CAYMA	
PROVINCIA	DEPARTAMENTO	CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO
AREQUIPA	AREQUIPA	Veterproducts@gmail.com	961 874 706
III. INFORMACIÓN SOLICITADA			
FICHAS DE REGISTROS DE LA GOLONDRINA DE LA TEMPESTAD DE COLLAR DEL 2020 AL 2025			
DE LA ATFFS- AREQUIPA			
IV. DEPENDENCIA DE LA CUAL SE REQUIERE LA INFORMACIÓN			
SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRES_SERFOR AREQUIPA			
V. FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN (MARCAR CON UNA "X") Ver Nota			
COPIA SIMPLE	X	CD	CORREO ELECTRÓNICO
			OTRO
APELLIDOS Y NOMBRES		FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN	
HUANQUE TACO MARIO Yael POLDY		Y DE FAUNA SILVESTRE ATFFS AREQUIPA	
		30 MAR 2026	
		RECIBIDO	
		Hora: 12:44	

Anexo 06. Respuesta de SERFOR a la solicitud de la información.



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la esperanza y el fortalecimiento de la democracia"

Magdalena Del Mar, 10 de Abril del 2026

CARTA N° D000201-2026-MIDAGRI-SERFOR-GG-AIP

Señor(a)

HUANQUE TACO MARIO YAEL

Email: veterproducts@gmail.com

Presente.-

Asunto : Atención Solicitud de Acceso a la Información Pública en virtud de la Ley N° 27806

Referencia : Expediente N° 2026-0015111
SAIP N° 0006-2026-ATFFS AREQUIPA

Tengo el agrado de dirigirme a usted en mi calidad de Responsable de entregar la información relacionada a la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública que corresponda a Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), con relación al documento de la referencia, a través del cual solicitó (adjunto formulario).

Amparando su pedido en la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Sobre el particular, esta oficina requirió la atención de su pedido de información a través del Memorando N° D000176-2026-MIDAGRI-SERFOR-GG-AIP de fecha 30 de marzo de 2026, a la ATFFS Arequipa.

Por lo que, en atención a ello se ha recibido por parte del área poseedora el Memorando N° D00222-2026-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS AREQUIPA de fecha 10 de abril de 2026, correspondiente a la ATFFS Arequipa conteniendo información relacionada a su pedido de información, la misma que se traslada para su conocimiento y fines correspondientes.

Al respecto, y conforme a lo dispuesto en el tercer párrafo del artículo 13¹ del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, se ha cumplido con brindar respuesta a su solicitud, trasladando para ello la información con la que cuenta el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), en el marco de sus competencias.

Finalmente, se remite la información precitada a su dirección electrónica², la cual fue consignada en su pedido como medio de entrega; por lo que, agradeceré confirmar con el acuse de recibo correspondiente.

¹ La solicitud de información no implica la obligación de las entidades de la Administración Pública de crear o producir información con la que no cuente o no tenga obligación de contar al momento de efectuarse el pedido.

² veterproducts@gmail.com

Av. Javier Prado Oeste N° 2442
Urb. Oarrantia, Magdalena del Mar – Lima 17
T. (511) 225-9005
www.gob.pe/serfor
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: DCTK9KA



Es propicia la ocasión para expresarle los sentimientos de mi consideración.

Atentamente,

Documento firmado digitalmente

Roxana Violeta Villanueva Rodriguez

Responsable

Acceso A La Información Pública

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR

Exp: 2026-0015111

Av. Javier Prado Oeste N° 2442
Urb. Orrantía, Magdalena del Mar – Lima 17
T. (511) 225-9005
www.gob.pe/serfor
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: DCTK9KA



Anexo 07. Remisión de las fichas de registro



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la esperanza y el fortalecimiento de la democracia"

Arequipa, 10 de Abril del 2026

MEMORANDO N° D000222-2026-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-AREQUIPA

A : **ROXANA VIOLETA VILLANUEVA RODRIGUEZ**
RESPONSABLE
ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA

Asunto : Atención a solicitud de Acceso a la Información Pública.

Referencia : MEMORANDO D000176-2026-MIDAGRI-SERFOR-GG-AIP
(30Marzo2026)

Me dirijo a usted, con relación al documento de la referencia, mediante el cual solicita a la ATFFS-AREQUIPA atender la SAIP N° 006-2026, presentado por el Sr. Yael Poldy Huanque Taco Mario, identificado con DNI N° 72141681.

Al respecto, hago de conocimiento que con PROVEIDO D000008-2026-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-AREQUIPA-MPV (09Abril2026), se remite las fichas de registro de la Golondrina de la Tempestad de Collar de los años 2020 al 2025, los cuales se encuentran en el link para descarga de archivos: <https://goo.su/VUZzl>, por tratarse de un archivo muy pesado.

Atentamente,

Documento firmado digitalmente

Luis Felipe Gonzales Dueñas
Administrador Técnico FFS
ATFFS - Arequipa
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR

LFGD/crtc
Adjunto 01 folio

Exp: 2026-0015111

Urb. Cooperativa Universitaria D-12
Cercado - Arequipa
T. (511) 225-9005
www.gob.pe/serfor
www.gob.pe/midagri

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: QWVYDJU



Anexo 08. Link de descarga de archivos



Firmado digitalmente por PERALTA
VILLENNA Mariana FAU 20562836927
soft
Cargo: Tecnico En Fauna Silvestre
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 09.04.2026 15:55:54 -05:00

ATFFS - AREQUIPA

PROVEIDO D000008-2026-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-AREQUIPA-MPV
EXPEDIENTE : 2026-0015111

FECHA
09/04/2026

ASUNTO: SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA

Atender en 0 días

REFERENCIA : PROVEIDO N000032-2026-ATFFS- AREQUIPA-ADC SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
ATFFS - AREQUIPA TORRES CONDORI CLEMENCIA ROSARIO	ATENDER	NORMAL	los archivos son muy pesados para cargarlos, se comparte este link para descarga de archivos: https://goo.su/VUZzL

PERALTA VILLENNA MARIANA
TECNICO EN FAUNA SILVESTRE

ESTUDIO DE LAS RELACIONES BIOMÉTRICAS DE *Hydrobates hornbyi* (Gray, 1864) EN EVENTOS DE CAÍDA EN AREQUIPA, PERÚ

BIOMETRIC RELATIONSHIPS OF *Hydrobates hornbyi* (Gray, 1864) DURING FALL EVENTS IN AREQUIPA, PERU

Mario Yael Poldy Huanque Taco^{1*}

¹Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

*Autor de correspondencia: 72141681@ucsm.edu.pe

RESUMEN

Los eventos de caída de aves marinas en zonas urbanas representan un fenómeno cada vez más frecuente en la costa peruana y podrían estar asociados a alteraciones ambientales y ecológicas que afectan el comportamiento migratorio de diversas especies pelágicas. El objetivo del presente estudio fue evaluar las medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* (Gray, 1864), conocida como golondrina de la tempestad del collar, registradas durante eventos de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa entre los años 2021 y 2025. Se realizó un estudio descriptivo y analítico utilizando 238 registros biométricos provenientes de informes oficiales proporcionados por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Se analizaron las variables peso corporal, longitud de cabeza, longitud del culmen, longitud del tarso y longitud de ala. Asimismo, se evaluaron las relaciones biométricas mediante correlaciones de Pearson y se compararon las medidas según edad y año mediante pruebas t de Student y análisis de varianza (ANOVA). Los resultados mostraron una variabilidad moderada en las medidas biométricas evaluadas, siendo la longitud de ala la variable con mayor amplitud de rango. Las correlaciones entre variables fueron bajas, destacando una correlación moderada entre longitud de ala y longitud del tarso ($r = 0,349$). Se encontraron diferencias significativas entre años en todas las variables biométricas analizadas ($p < 0,05$), mientras que según edad únicamente la longitud del tarso presentó diferencias significativas. Se concluye que *Hydrobates hornbyi* presenta una relativa estabilidad morfológica, aunque las variaciones interanuales observadas podrían estar relacionadas con factores ambientales y ecológicos asociados a los eventos de caída.

Palabras clave: aves marinas, biometría, eventos de caída, migración, Procellariiformes.

ABSTRACT

Fall events involving seabirds in urban areas represent an increasingly frequent phenomenon along the Peruvian coast and may be associated with environmental and ecological alterations affecting the migratory behavior of pelagic species. The objective of this study was to evaluate the biometric measurements and relationships of *Hydrobates hornbyi* (Gray, 1864), commonly known as Hornby's storm-petrel, recorded during fall events in the city of Arequipa between 2021 and 2025. A descriptive and analytical study was conducted using 238 biometric records obtained from official reports provided by the National Forest and Wildlife Service (SERFOR). The variables analyzed included body weight, head length, culmen length, tarsus length, and wing length. Biometric relationships were assessed using Pearson correlation coefficients, while comparisons according to age and year were performed using Student's t-test and analysis of variance (ANOVA). The results showed moderate variability in the biometric measurements evaluated, with wing length presenting the greatest range. Correlations among variables were generally low, with the strongest relationship observed between wing length and tarsus length ($r = 0.349$). Significant differences among years were detected for all biometric variables analyzed ($p < 0.05$), whereas according to age, only tarsus length showed significant differences. It is concluded that *Hydrobates hornbyi* exhibits relative morphological stability, although the interannual variations observed may be associated with environmental and ecological factors related to fall events.

Key words: seabirds, biometrics, fall events, migration, Procellariiformes.

INTRODUCCIÓN

Hydrobates hornbyi (Gray, 1864), conocida como golondrina de la tempestad del collar, es una especie de ave marina perteneciente al orden Procellariiformes y a la familia Hydrobatidae. Presenta hábitos pelágicos y desplazamientos de larga distancia en el océano Pacífico sur. En los últimos años se ha reportado un incremento de eventos de caída de individuos en zonas urbanas de la costa peruana, incluyendo la ciudad de Arequipa. Los eventos de caída en aves marinas han sido asociados a factores ambientales y antrópicos como la contaminación lumínica, alteraciones climáticas y cambios en las rutas migratorias. Diversos estudios señalan que la iluminación artificial nocturna puede desorientar a las aves durante sus desplazamientos, provocando agotamiento y caídas en áreas urbanizadas. Las medidas biométricas constituyen herramientas importantes para evaluar la morfología,

variabilidad poblacional y condición corporal de las aves marinas. Variables como peso corporal, longitud de ala, longitud del culmen y longitud del tarso permiten identificar diferencias entre poblaciones y grupos etarios. En *Hydrobates hornbyi*, la información biométrica disponible es limitada, especialmente en individuos afectados por eventos de caída en el sur del Perú. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar las medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* registradas durante eventos de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa entre los años 2021 y 2025.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La investigación se desarrolló en la ciudad de Arequipa, Perú, utilizando información proveniente de registros oficiales de eventos de caída de *Hydrobates hornbyi* proporcionados por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). El periodo de evaluación comprendió los años 2021 a 2025.

Diseño del estudio: Se realizó un estudio descriptivo, retrospectivo y analítico basado en el análisis documental de registros biométricos correspondientes a individuos de *H. hornbyi* reportados durante eventos de caída.

Población y muestra: La población estuvo conformada por todos los registros de ejemplares de *H. hornbyi* documentados en incidentes de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa durante el periodo 2021–2025.

La muestra estuvo integrada por 238 registros biométricos que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos. Se excluyeron registros con información incompleta o ilegible.

Variables evaluadas: Las variables biométricas analizadas fueron: Peso corporal (g); Longitud de cabeza (LC, mm); Longitud del culmen (LCu, mm); Longitud del tarso (LT, mm); Longitud de ala (LA, mm). Además, se consideraron las variables edad y año del evento de caída.

Recolección de información: Los datos fueron recopilados a partir de informes oficiales de SERFOR correspondientes a eventos de caída de *H. hornbyi* registrados en Arequipa. Posteriormente, la información fue sistematizada en una matriz digital para su análisis estadístico.

Análisis estadístico: Se calcularon estadísticos descriptivos para todas las variables biométricas, incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, mediana y rango. Las relaciones biométricas entre variables fueron evaluadas mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r). Asimismo, se realizaron análisis de comparación según edad

utilizando la prueba t de Student para muestras independientes y comparaciones entre años mediante análisis de varianza (ANOVA). El nivel de significancia estadística se estableció en $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi*

Se registraron un total de 238 individuos de *Hydrobates hornbyi* durante los eventos de caída ocurridos en la ciudad de Arequipa entre los años 2021 y 2025.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del peso y medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa (2021–2025).

Variable	Mínimo	Máximo	Media	D.S.	C.V.	Mediana	n
Peso (g)	23	58	38,57	5,83	0,15	39	238
LC (mm)	20	35	25,78	2,37	0,09	25,7	238
LCu (mm)	11,5	26	17,47	1,94	0,11	17,4	238
LT (mm)	15	32	25,31	2,81	0,11	25	238
LA (mm)	145	270	193,92	27,98	0,14	209	238

El peso corporal presentó un promedio de $38,57 \pm 5,83$ g, con valores comprendidos entre 23 y 58 g. La longitud de ala mostró el mayor promedio y amplitud de rango ($193,92 \pm 27,98$ mm), mientras que las demás variables presentaron valores relativamente homogéneos. Los coeficientes de variación obtenidos oscilaron entre 0,09 y 0,15, indicando una variabilidad moderada en las medidas biométricas evaluadas. Los resultados obtenidos coinciden parcialmente con los reportados por Gallegos (2021), quien registró valores similares para peso corporal y longitud del tarso en individuos de *H. hornbyi* evaluados en la ciudad de Lima. Esta similitud sugiere la existencia de un patrón morfológico relativamente estable en la especie. La longitud de ala fue la variable que presentó mayor amplitud de rango, lo que podría estar asociado a diferencias etarias, estado fisiológico, desgaste del plumaje o variaciones relacionadas con la muda. En aves marinas pertenecientes al orden Procellariiformes, las estructuras asociadas al vuelo suelen presentar variabilidad funcional debido a la alta especialización adaptativa requerida para el desplazamiento oceánico de larga distancia.

Relaciones biométricas entre variables corporales

Tabla 2. Matriz de correlación entre las variables biométricas de *Hydrobates hornbyi*.

Relación	r	Interpretación	Relación	r	Interpretación
LC – LCu	0,274	Débil	LCu – LT	0,110	Muy débil
LC – LT	0,189	Muy débil	LCu – LA	-0,084	Nula
LC – LA	0,089	Casi nula	LT – LA	0,349	Moderada

Las relaciones biométricas entre las variables evaluadas mostraron, en general, correlaciones bajas. La asociación más alta se observó entre la longitud del tarso y la longitud de ala ($r = 0,349$), indicando una correlación positiva moderada. La correlación entre longitud de cabeza y longitud del culmen fue débil ($r = 0,274$), mientras que las demás asociaciones presentaron valores bajos o cercanos a cero. La baja covariación observada entre las estructuras corporales sugiere que las diferentes dimensiones anatómicas de *H. hornbyi* responden a presiones funcionales y ecológicas específicas más que a un patrón uniforme de crecimiento. En aves marinas pelágicas, las alas suelen estar altamente especializadas para el planeo oceánico, mientras que estructuras como el culmen y el tarso pueden estar relacionadas con funciones particulares como alimentación, soporte o descanso. Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones desarrolladas en otras especies de Procellariiformes, en las cuales las relaciones biométricas presentan asociaciones relativamente bajas debido a la especialización funcional de sus estructuras corporales.

Comparación de medidas biométricas según edad

Tabla 3. Comparación de las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* según edad mediante prueba t de Student.

Variable	p-valor
Peso	0,399
LC	0,817
LCu	0,579
LT	0,026
LA	0,085

La comparación según edad mostró diferencias significativas únicamente para la longitud del tarso ($p = 0,026$). No se encontraron diferencias significativas para peso corporal, longitud de cabeza, longitud del culmen ni longitud de ala. Estos resultados sugieren que la mayoría de las estructuras corporales alcanzan rápidamente dimensiones funcionales similares entre juveniles y adultos. Sin embargo, la longitud del tarso podría continuar desarrollándose durante etapas posteriores del crecimiento. En especies pelágicas, el desarrollo temprano de estructuras relacionadas con el vuelo constituye un aspecto fundamental para la supervivencia y capacidad de desplazamiento.

Comparación de medidas biométricas según año del evento

Tabla 4. Comparación de las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* según año mediante análisis de varianza (ANOVA).

Variable	F	p-valor
Peso	4,518	0,002
LC	25,049	<0,001
LCu	7,176	<0,001
LT	39,663	<0,001
LA	509,805	<0,001

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre años para todas las variables biométricas evaluadas. La variabilidad interanual observada sugiere que los eventos de caída registrados en Arequipa involucran individuos con diferencias morfológicas relacionadas posiblemente con factores ambientales, oceanográficos y ecológicos. Entre los factores potencialmente asociados se incluyen cambios en disponibilidad alimentaria, condiciones climáticas, rutas migratorias y composición etaria de los individuos registrados durante cada año. Resultados similares fueron reportados previamente en Lima por Gallegos (2021), quien encontró diferencias biométricas significativas entre años en individuos de *H. hornbyi* afectados por eventos de caída. La presencia de variaciones temporales en aves marinas ha sido asociada en diversos estudios con fluctuaciones ambientales que afectan la condición corporal y el éxito migratorio de las poblaciones.

CONCLUSIONES

- Las medidas biométricas de *Hydrobates hornbyi* registradas durante eventos de caída en la ciudad de Arequipa entre 2021 y 2025 presentaron una variabilidad moderada y valores promedio consistentes con estudios previos, evidenciando una relativa estabilidad morfológica en la especie.
- Las relaciones biométricas entre las principales medidas corporales mostraron coeficientes de correlación bajos, indicando una débil asociación entre las variables y sugiriendo que las estructuras corporales responden de manera relativamente independiente a factores funcionales y ecológicos.
- Las medidas biométricas de *H. hornbyi* no presentaron diferencias significativas entre edades en la mayoría de variables evaluadas, excepto en la longitud del tarso. Sin embargo, sí se observaron diferencias significativas entre años, evidenciando una importante variabilidad temporal en las características morfométricas de los individuos registrados.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) por facilitar los registros oficiales utilizados en el presente estudio. Asimismo, se agradece a la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Católica de Santa María por el apoyo académico brindado durante el desarrollo de la investigación y a su asesor el Dr. Carlo Edison Sanz Ludeña.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, T., y J. Dadon. 2013. Urban environments as refuge of bare-faced ibis (*Phimosus infuscatus*) under water stress period.
- Bertrand, S., J. Silva, y E. Goya-Sueyoshi. 2010. Fishers and seabirds competing for the same fish: Foraging strategies, interactions and consequences. Bol. Inst. Mar Perú 25:1-10.
- Brooke, M. 2005. Albatrosses and petrels across the world. Mar. Ornithol. 33:73.
- Carrasco-Aragón, L., y M. Meza-Torres. 2017. Impacto de la extracción del guano sobre las poblaciones de aves guaneras en algunas islas y puntas guaneras de la costa peruana. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Gallegos, A. 2021. Medidas y relaciones biométricas de *Hydrobates hornbyi* (Gray 1864), golondrina de la tempestad del collar, caídas en la ciudad de Lima entre los años 2013–2016. Tesis de grado. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

Gómez, L., V. Ramírez, y M. Quispe. 2022. Migraciones atípicas de aves marinas en áreas urbanas del litoral peruano. *Rev. Ornitol. Pac.* 15:2-9.

López, J., y A. Fernández. 2019. Contaminación lumínica y sus efectos en aves migratorias: un estudio urbano. *Rev. Ecol. Peruana* 14:1-9.

Martínez, E. 2020. Efectos del cambio climático en rutas migratorias de aves pelágicas en Perú. *Rev. Ecol. Medio Ambient.* 6:2-10.

Medrano, F., R. Silva, R. Barros, D. Terán, R. Peredo, B. Gallardo, et al. 2019. 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.* 25:1-15.

Piro, A. 2022. Morfología comparada de la ranfoteca compuesta de las aves marinas de nariz tubular (orden Procellariiformes). *Zool. Anz.* 299:1-10.

Ramírez, C., L. Vega, y P. Medina. 2021. Estudio morfométrico de aves marinas en entornos urbanos. *Rev. Int. Biol. Mar.* 19:4-12.

Rodríguez, D. 2023. Políticas de conservación frente a amenazas emergentes para aves marinas. *Rev. Latinoam. Biodivers.* 12:2-11.

Romero, C. 2021. Distribución espacio-temporal de la golondrina de mar de Markham *Oceanodroma markhami* y la golondrina de mar acollarada *O. hornbyi* en Perú. *Bol. Inst. Mar Perú* 36:1-12.

Sánchez, M. 2022. Adaptaciones morfológicas de aves marinas en entornos hostiles. *Rev. Zool. Trop.* 15:1-8.

Vega, L. 2023. Educación ambiental y conservación de aves marinas: oportunidades en entornos urbanos. *Rev. Ambient. Soc.* 16:2-10.

Warham, J. 1990. *The Petrels: Their Ecology and Breeding Systems*. Academic Press, Londres, Reino Unido.