



Volumen 39 · Número 2 · Diciembre 2024

El Hornero

Revista de Ornitología Neotropical

NÚMERO ESPECIAL AVES MARINAS

Editores: Pablo Yorio, Flavio Quintana & Andrea Raya Rey



Publicada por Aves Argentinas.
Asociación Ornitológica del Plata.
Buenos Aires, Argentina.

ISSN 0073-3407 | 1850-4884

El Hornero -Revista de Ornitología Neotropical-, publicada por Aves Argentinas desde 1917, es la más antigua en su tipo. Es por excelencia una destacada revista con contenido científico sobre aves del neotrópico. En ella, se publican resultados originales de investigación sobre biología de las aves, que pueden ser teóricos o empíricos, de campo o de laboratorio, de carácter metodológico o de revisión de información, o de ideas referidos a cualquiera de las áreas de la ornitología.

El Hornero se publica dos veces por año (un volumen de dos números). Esta revista está incluida en Scopus, LATINDEX (Catálogo y Directorio), BINPAR (Bibliografía Nacional de Publicaciones Periódicas Argentinas Registradas), CAICYT (Catálogo Colectivo de Publicaciones Periódicas), Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas, SciELO (Scientific Electronic Library Online), Directory of Open Access Journals (DOAJ) y Amelica.



ACCEDÉ A LA COLECCIÓN COMPLETA
ELHORNERO.AVESARGENTINAS.ORG.AR





El Departamento Científico de Aves Argentinas reabre sus puertas a principios del 2020 con el fin de fortalecer el “ala académica” de la institución. Su visión es volver a los pasos de una sociedad científica que reúna a la comunidad ornitológica del país.

Su principal objetivo es fortalecer la comunidad ornitológica tanto profesional como amateur. Además, fundamentalmente busca apoyar la generación de conocimiento sobre las aves de Argentina, tanto básico y teórico, como aquel fundamental para el desarrollo de acciones directas de conservación y manejo.

Trabaja en diferentes líneas de acción para alcanzar estos objetivos:

- Cuenta con una línea de financiamiento propia, conocida como las Becas Aves Argentinas, para apoyar proyectos de investigación de científicos/as jóvenes.
- Trabaja en la edición y publicación de las revistas científicas *Nuestras Aves* y *El Hornero*.
- Administra junto al Laboratorio de Ornitología de Cornell la plataforma de ciencia ciudadana eBird en Argentina.
- Organiza de manera bienal las Reuniones Argentinas de Ornitología (RAO).
- Acompaña la gestión de la centenaria biblioteca institucional.

CONOCÉ MÁS INGRESANDO A
AVESARGENTINAS.ORG.AR/CIENCIA



El Hornero

Revista de Ornitología
Neotropical

Establecida en 1917 · ISSN 0073-3407 · eISSN 1850-4884

Editores del Número

Dr. Pablo Yorio · Laboratorio de Aves Marinas, CESIMAR-CONICET, Puerto Madryn, Argentina

Dr. Flavio Quintana · Laboratorio de Ecología de Predadores Tope Marinos, IBIOMAR-CONICET, Puerto Madryn, Argentina

Dra. Andrea Raya Rey · Laboratorio de Ecología y Conservación de Vida Silvestre, CADIC-CONICET, Ushuaia, Argentina

Editor en Jefe

Dr. Sergio Lambertucci · Grupo de Investigaciones en Biología de la Conservación, INIBIOMA-CONICET- Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina

Editores Adjuntos

Dr. Ignacio Roesler · Programa Biodiversidad y Conservación, Dpto. de Análisis de Sistemas Complejos, Fundación Bariloche-CONICET, Bariloche, Argentina

Dra. Karina Speziale · Grupo de Investigaciones en Biología de la Conservación, INIBIOMA-CONICET- Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina

Editores Asociados

Dr. Adrián Di Giacomo · Laboratorio de Biología de la Conservación, CECOAL-CONICET, Corrientes, Argentina

Dr. Alex E. Jahn · Environmental Resilience Institute, Indiana University, Estados Unidos

Dra. Andrea Raya Rey · Laboratorio de Ecología y Conservación de Vida Silvestre, grupo Aves, CADIC-CONICET, Ushuaia, Argentina

Dra. Beatriz M. Miranzo · Centro para el Estudio y Conservación de las Aves Rapaces en Argentina (CECARA), FCEyN-UNLPam & INCITAP-CONICET, La Pampa, Argentina

Dra. Bettina Mahler · Laboratorio de Ecología y Comportamiento Animal, IEGEBA-CONICET, FCEN-UBA, Buenos Aires, Argentina

Dra. Cynthia Ursino · Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Estados Unidos

Dr. David Canal · Institute of Ecology and Botany (IEB-CER), Hungría

Dr. Germán García · Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC-CONICET), FCEYN-UNMDP, Mar del Plata, Argentina

Dr. Juan Ignacio Areta · Laboratorio de Ecología, Comportamiento y Sonidos Naturales (ECOSON), IBIGEO-CONICET, Rosario de Lerma, Argentina

Dra. Laura Gangoso · Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución, Facultad de Biología-Universidad Complutense de Madrid, España

Dr. Lucas Leveau · Instituto de Ecología, Genética y Evolución de Buenos IEGEBA-CONICET, FCEN-UBA, Buenos Aires, Argentina



El Hornero

Revista de Ornitología
Neotropical

Establecida en 1917 · ISSN 0073-3407 · eISSN 1850-4884

Dra. Nélide Villaseñor · Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile & Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago, Chile

Dr. Pablo Plaza · Grupo de Investigaciones en Biología de la Conservación, INIBIOMA, CONICET- Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina

Dra. Susana Peluc · Grupo de Ecología y Ecofisiología de Aves, IDEA, CONICET- Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina

Editoras de Resúmenes en Inglés

Diana Raimondo, Alba Mora, Romina Carabajal, Martha Bianchini & Sol Dibo · Servicio de Traducción, Facultad de Lenguas, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina. <http://www.uncoma.edu.ar>

Dra. Maria Smith · Cornell Lab of Ornithology

Revisores de Formato

Jorgelina Guido, Ariadna Tripaldi, Ezequiel Racker & María del Castillo

Dirección General

Dra. Cynthia Ursino & Dr. Ignacio Roesler · Departamento Científico, Aves Argentinas. Matheu 1248, CABA (1249), Argentina

Diseño Gráfico & Web

María del Castillo · Departamento Científico, Aves Argentinas (delcastillo@avesargentinas.org.ar)

Información Editorial

Oficina editorial: Instituto en Biodiversidad y Medio Ambiente, INIBIOMA, CONICET- Universidad Nacional del Comahue, Quintral 1250 (8400), Bariloche, Argentina

Email: elhornero@avesargentinas.org.ar

Oficina administrativa: Administración Aves Argentinas/ Asociación Ornitológica del Plata. Matheu 1248, C1249AAB Buenos Aires, Argentina



Miembro de



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0



El Hornero

Revista de Ornitología
Neotropical

Establecida en 1917 · ISSN 0073-3407 · eISSN 1850-4884

Contenido | Content

Punto de Vista

7 · Pensar las prácticas de investigación con aves marinas: éticas y afectos para la cohabitación multiespecie | Thinking about research practices with seabirds: ethics and affections for multispecies cohabitation

Revisiones Bibliográficas

15 · La historia evolutiva de las aves marinas de América del Sur a través del registro fósil | The evolutionary history of South American seabirds through the fossil record

37 · Contaminantes en aves marinas de Sudamérica, una revisión sistemática | Pollutants in seabirds from South America, a systematic review

65 · Síntesis y revisión crítica del uso de bio-registradores para aves marinas en Sudamérica | Synthesis and Critical Review of the Use of Bio-loggers for Seabirds in South America

95 · Las aves marinas del sistema fluvio-marino del Río de la Plata y su relación con actividades humanas | Seabirds of the Río de la Plata fluvial-marine system and their relation with human activities

125 · Crecimiento posnatal en aves marinas de Sudamérica: adaptaciones, estado del conocimiento y herramientas estadísticas para su estudio | Postnatal growth in South American seabirds: adaptations, state of knowledge and statistical tools for its study

139 · Uso de recursos de origen antrópico por parte de aves marinas que reproducen en la Patagonia argentina | Use of anthropogenic resources by seabirds breeding in Argentine Patagonia



PENSAR LAS PRÁCTICAS DE INVESTIGACIÓN CON AVES MARINAS: ÉTICAS Y AFECTOS PARA LA COHABITACIÓN MULTIESPECIE

THINKING ABOUT RESEARCH PRACTICES WITH SEABIRDS: ETHICS AND AFFECTIONS FOR MULTISPECIES COHABITATION

Sofía Copello¹ & Gabriela Klier²

¹Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (CONICET, UNMDP), Juan B. Justo 2550, Mar del Plata, Argentina

²Universidad Nacional de Río Negro–CITECDE, CONICET, Villegas 360, Bariloche, Argentina

*scopello@mdp.edu.ar

RESUMEN: Las prácticas de investigación con aves marinas son variadas e involucran metodologías que van desde la mera observación directa de los animales hasta la colocación de dispositivos en los individuos, el cautiverio, entre otras. La propia comunidad científico/académica reconoce el efecto negativo de algunas de estas prácticas en diferentes aspectos de la biología de los individuos y las poblaciones. Dichas metodologías han ido cambiando a través del tiempo tanto con el devenir del desarrollo tecnológico como así también con nuevas reflexiones en torno a la conciencia, el sufrimiento y el dolor de los animales como base de la ética. En este trabajo nos interesa reflexionar sobre las prácticas de investigación con aves marinas desde un abordaje filosófico, integrando aspectos epistemológicos, éticos y afectivos y considerando a su vez una perspectiva histórica. Creemos que habilitar preguntas y reflexiones en este tema, que exigen pausas y diálogos, nos permitirán abrir posibilidades a otras formas de abordar las prácticas de investigación, de relacionarnos y acercarnos a las aves e incluso habilitar otras maneras de co-habitar en el mundo.

PALABRAS CLAVE: *aves marinas, conocimientos afectivos, ética, filosofía ambiental, metodologías*

ABSTRACT: Research practices in seabirds vary and involve methodologies ranging from mere direct observation of the animals to the deployment of devices on individuals, captivity, among others. The scientific/academic community itself recognizes the negative effect of some of these practices on different aspects of the biology of individuals and populations. These methodologies have been changing over time both with the advancement of technological development and with new reflections on consciousness, suffering, and animal pain as the basis of ethics. In this work, we are interested in reflecting on research practices with seabirds from a philosophical approach, integrating epistemological, ethical, and affective aspects and considering a historical perspective as well. We believe that enabling questions and reflections on this topic, which require pauses and dialogues, will allow us to open up possibilities for other ways of approaching research practices. Besides finding out alternatives for relating to and getting closer to birds, and even enabling other ways of cohabiting in the world.

KEYWORDS: *emotional knowledge, environmental philosophy, ethic, methodologies, seabirds*

*Tal vez el mundo entero pueda conocerse por sus pájaros.
Habría que alzar la vista y mantenerla en constante movimiento para aprender a mirar los vuelos*

–Isabel Zapata 2019

DE LA INVESTIGACIÓN CON AVES A LA PREGUNTA ÉTICA

Los estudios vinculados a las aves marinas en la actualidad abordan principalmente temas relacio-

nados a la dinámica poblacional, ecología del movimiento, comportamiento y nicho trófico, entre otras. Las prácticas de investigación utilizadas para estudiar estas especies son variadas e involucran intervenciones que van desde la mera observación directa en sus ambientes hasta la colocación de dispositivos en los individuos tales como transmisores, registradores de datos y anillos, el cautiverio, experimentos a campo, entre otras (Gatt et al. 2022). Muchos estudios llevados adelante por la propia comunidad académica, reconocen que existe muchas veces un efecto negativo de estas prácticas en diferentes aspectos de la biología de los individuos y de las poblaciones de aves marinas. En este estudio nos interesa reflexionar sobre las prácticas de investigación científica con estas especies desde un abordaje filosófico, integrando aspectos epistemológicos, éticos y afectivos, y considerando a su vez una perspectiva histórica. Buscamos abrir preguntas colaborativamente desde nuestras prácticas, partiendo de un pensamiento situado (Haraway 1988) que implica reconocer nuestro lugar de enunciación y saber -una academia latinoamericana en un contexto de crisis ambiental donde el rol de las ciencias es contradictorio y plural- (Klier et al. 2017). Además implica reconocer los propósitos de este escrito: un espacio de reflexión colectiva que contribuya a formas más amables de coexistencia e investigación. Una de nosotras investiga a las aves marinas desde hace dos décadas incluyendo en sus prácticas la captura de individuos, toma de muestras y el seguimiento remoto de las mismas. En su recorrido, pasar de la observación de las aves a su captura trajo aparejado la búsqueda de nuevos conocimientos pero también nuevas preguntas desde lo ético, sensible y afectivo. La otra trabaja en la relación arte-ciencia-filosofía en pos de indagar sobre las prácticas ambientales. Las preguntas que se abren, y que buscamos abordar, tocan un espacio íntimo que se articula con prácticas públicas. De aquí, se pone en tensión la relevancia de las preguntas biológicas en relación con el efecto de irrumpir en el espacio y cuerpo de un ave. Nos interesa indagar sobre las complejidades éticas en las prácticas de investigación, donde las intenciones de cuidado de la biodiversidad y del bienestar animal se entrelazan con problemáticas socioambientales y con perturbaciones hacia los mismos organismos. Parafraseando a Donna Haraway (1999), nos preguntamos: ¿Quién habla por las aves marinas? ¿Podemos escuchar sus propias voces?

Este trabajo está organizado en cinco secciones. En la siguiente, presentaremos un pequeño recorrido por ciertos hitos de la historia de las ciencias, tratan-

do de entender nuestra herencia en el modo de ver e investigar a las aves marinas. Posteriormente, presentaremos las normativas nacionales que regulan las prácticas de investigación con estos animales, indagando sobre los criterios empleados para promover o no determinada práctica. Desde allí compartiremos ciertos aportes de la filosofía contemporánea para pensar la relación entre los/as científicos/as y las aves, así como para promover diferentes abordajes científicos que cultiven cuidados y afectos hacia las especies con quienes convivimos. Finalmente, planteamos algunas preguntas y posibilidades que se desprenden de estas nuevas miradas sobre las relaciones multispecie. Nuestro objetivo no es dar respuestas cerradas a estos interrogantes, sino abrir nuevas preguntas, potenciar otros diálogos y habilitar lenguajes que posibiliten diferentes formas de cuidado y responsabilidad en nuestras prácticas científicas.

BREVE HISTORIA DE LAS CIENCIAS: DUALISMOS Y MÁQUINAS

Para poder entender cómo se construye el conocimiento sobre las aves marinas es necesario comprender las construcciones históricas que han devenido en ciertos “modos de ver” (en términos de John Berger) (2016) en las ciencias naturales contemporáneas. La conformación de las ciencias, con ciertas metodologías y abordajes propios, comienza a delimitarse desde el siglo XVII. En este período llamado Modernidad también se gestó el capitalismo, los Estados Modernos y la colonialidad de América, así como de otras regiones, habiendo una co-construcción entre los modos hegemónicos de política, economía y el saber (Foucault 1988, Pratt 2010). El pensamiento moderno se caracteriza por una separación radical entre naturaleza y cultura, así como por un abordaje mecanicista del mundo natural, donde las ciencias naturales constituyen el saber legítimo para su conocimiento. El dualismo entre naturaleza y cultura se vincula a la separación entre cuerpo y mente, razón o alma, siendo esta propiedad exclusiva de los humanos. Si bien la Modernidad hereda la tradición judeo-cristiana que sitúa al humano en situación de dominio por sobre el resto de lo viviente (Passmore 1978), en este período se profundiza cierta jerarquía, promoviendo un conocimiento de esta naturaleza bajo la separación entre sujeto y objeto (Plumwood 1993). Este modo de entender la realidad ha sido nombrado por el antropólogo Phillipe Descola (2012) como “naturalismo”, la creencia de que la naturaleza existe independientemente de los humanos, donde la exterioridad o materialidad

es compartida por todo lo viviente (átomos, moléculas, células) mientras que existe cierta interioridad (alma o razón) propia y exclusiva del ser humano. En esta dirección, resulta que la ética, la pregunta por lo bueno y lo malo, queda estrictamente relegada al vínculo humano, en la medida en que animales y otros seres en tanto “mera materia” no suponen un trato moral. Asimismo, el mecanicismo, es decir, la noción de que lo viviente -como cualquier elemento- puede ser comprendido del modo en que se conoce una máquina, constituyen las bases para los modos de experimentación, disección y vivisección con organismos (Shapin 2000, Debus 2016). Hasta pasada la mitad del siglo XX no se popularizó el cuestionamiento hacia los tratos en animales por las ciencias (Marcos 2001), sino que lo viviente, comprendido como objeto bajo el prisma moderno, salvo ciertas excepciones, no suponía responsabilidad moral.

Nuestra herencia histórica como científicos/as condiciona ese modo de acercarnos a la naturaleza, y por consiguiente a las aves marinas, que se ve asimismo reflejado en cómo se llevan adelante las prácticas de investigación. Esta forma de relacionarnos con la naturaleza ha sido cuestionada en diferentes ámbitos científicos, ambientalistas, filosóficos y animalistas (Plumwood 1993, Singer 1995, Fausto 2023). En lo que refiere a aves marinas, incluso la propia comunidad científica ha registrado efectos negativos producidos por las prácticas de investigación a nivel mundial. Los trabajos abordan prácticas tales como las capturas de aves para la extracción de muestras de diferentes tejidos por ejemplo sangre o plumas para estudios de dieta, fisiología, salud y/o genética; la colocación de dispositivos (i.s. registradores de datos, GPS, transmisores satelitales, entre otros) y/o anillos en los individuos; el uso de vehículos aéreos no tripulados (conocidos como drones) utilizados para censar las colonias, y otras metodologías (Weimerskirch et al. 2002, Albores-Barajas et al. 2009, Carey 2009, Barron et al. 2010, Le Maho et al. 2011, Bodey et al. 2017, Edney et al. 2023, entre otros). Los efectos se observan en parámetros tales como la supervivencia, el éxito reproductivo, la duración de los viajes de alimentación y el gasto energético. Particularmente en Sudamérica también existen varios estudios en la misma línea. Por citar algunos ejemplos se determinó el efecto de la colocación de dispositivos y/o anillos en los individuos midiendo parámetros de la energética del buceo en cormoranes y pingüinos (Wilson et al. 2015, Gómez-Laich et al. 2021). También hay varios trabajos en aquellas prácticas consideradas “poco invasivas” como la presencia humana en las colonias

reproductivas, que han mostrado un aumento en la deserción de los nidos (Yorio & Quintana 1996, Cevalasco et al. 2001) y por lo tanto una disminución en el éxito reproductivo. Estos trabajos están ligados a la actividad turística (ecoturismo), sin embargo puede ser pensado también para aquellas situaciones en las cuales se accede a las colonias para realizar censos o coleccionar información reproductiva. Todos estos estudios que ponen el foco en los efectos de las propias prácticas de investigación, dan cuenta de una atención puesta en el cuidado. Incluso esta atención se evidencia en algunos cambios en las prácticas, las cuales eran antiguamente consideradas válidas y hoy son vistas como inadmisibles. Por ejemplo, hace más de cinco décadas atrás para estudiar la dieta de las aves marinas se cazaban individuos para analizar su contenido estomacal (ver por ejemplo Lumsden & Haddow 1946), actualmente esta práctica no sería aceptada y se utilizan técnicas menos extremas e invasivas como por ejemplo el análisis de isótopos estables de diferentes tejidos como por ejemplo plumas o sangre (Mariano-Jelicich et al. 2023, de Prinzie et al. 2023). Lo normativo que describiremos en la siguiente sección también va de la mano de los procesos históricos y actúa en consonancia con los mismos ¿Podemos construir entonces una nueva relación con las aves marinas, que no lo considere como mera “materia” y “objeto de estudio”? Aparece por lo tanto, la necesidad de cuestionar la noción de naturaleza como objeto así como de ciencia disociada de éticas, afectos y emociones en pos de generar ciencias responsables que den cuenta de los desafíos de cuidado en estos tiempos.

NORMATIVA RELACIONADA A LA INVESTIGACIÓN CON AVES MARINAS

En Argentina, así también como en otros países del mundo, si bien no existe un marco normativo específico que regule las prácticas de investigación científica en aves marinas, sí se encuentra legislación para el estudio en fauna silvestre en general. Estos instrumentos se desprenden de diferentes documentos normativos tales como el Convenio de Diversidad Biológica (Ley N° 24 375), el Protocolo de Nagoya (Ley N° 27 246), la Ley de Conservación de Fauna (Ley N° 22 421), entre otros. Los permisos de investigación que deben ser tramitados por los/as investigadores/as surgen de allí y deben ser aprobados por los organismos de aplicación de la Administración Nacional y Provincial en función de la jurisdicción, de las áreas y/o especies en estudio (por ejemplo en la Administración de Parques Nacionales, los Comités de Cuidado

y Uso de Animales) y tienen como objetivo regular las actividades de investigación para contribuir a la conservación de la diversidad biológica y el bienestar animal. Todo este marco normativo actual tiene el potencial no solo de regular, sino que genera espacios de debate sobre las prácticas de investigación. Sin embargo, estos espacios de regulación están constituidos en general por un grupo de profesionales que son los mismos que ejercen las prácticas o asesoran a dichos grupos, lo que puede dar lugar a cierta circularidad en los procesos de evaluación. Por otra parte, los criterios utilizados para habilitar ciertas prácticas son muchas veces arbitrarios. En el caso particular del uso de dispositivos remotos en aves marinas, trabajos experimentales realizados hace más de dos décadas atrás utilizando maquetas de pingüinos, mostraron el efecto del diseño y colocación de los dispositivos sobre el costo energético (Bannash et al. 1994, Wilson et al. 2004). Actualmente, se utiliza el peso del dispositivo en relación al peso del individuo como criterio de validación de una investigación. Esta regla establece que dichos artefactos no deben pesar más del 3% del peso total del individuo. La regla del 3% está extrapolada de tan solo un trabajo experimental en dos especies de albatros en donde se correlaciona el peso del dispositivo con la duración de los viajes de alimentación y las deserciones del nido, sumado a una revisión en otras especies de proceláridos (Phillips et al. 2003). Sin embargo, la evidencia en cuanto a ese valor es limitada en cuanto a su aplicabilidad y algunos resultados son disímiles (Wilson & McMahon 2006). De hecho, trabajos utilizando meta-análisis demuestran que estos dispositivos generan un efecto negativo para las aves en parámetros como la supervivencia, la reproducción y el cuidado parental (Barron et al. 2010, Bodey et al. 2017). Además de considerar los efectos de los dispositivos en relación al bienestar animal y de la especie o población, también se observaron sesgos en los datos obtenidos limitando el alcance de los resultados (Vandenabeele et al. 2011). Es importante resaltar que en los últimos años se observa un cambio en estas regulaciones en consonancia con los estudios de los efectos de las prácticas. Por ejemplo, solicitando a los investigadores evitar la utilización de animales para experimentos de campo o laboratorio, promoviendo el refinamiento (métodos para reducir el sufrimiento y mejorar el bienestar) y/o la reducción del número de animales (conocido como las 3R), que si bien surgió en sus inicios como sugerencias para el uso de animales en laboratorio en la década del 50, hoy se ha extendido para el trabajo con fauna silvestre (Lindsjö et al. 2016). Incluso se ha sugerido aplicar una reforma

en la política editorial de las revistas científicas que incluya una serie de requerimientos para publicar en donde se consideren las cuestiones éticas del cuidado animal (Field et al. 2019). En este sentido, aparece una reflexión en la biología donde no sólo se considera el valor en el conocimiento o un cuidado de una especie sino también se valora el bienestar de los organismos singulares (Rendón & Klier 2018). Desde aquí aparecen ciertas preguntas, ¿cómo saber qué prácticas generan daño? ¿Es posible pensar en el principio precautorio para la investigación con aves marinas? Por lo dicho, la normativa no implica garantías de no daño, sino que muchas veces los criterios responden a lógicas que no responden al cuidado de los animales.

OTRAS MIRADAS POSIBLES: CONOCIMIENTOS AFECTIVOS

Desde mediados del siglo veinte, el post-humanismo, los ecofeminismos, la ecología profunda, el biocentrismo y la ecología social, entre otras filosofías, han cuestionado tanto al dualismo como al mecanicismo científico y el androcentrismo en las ciencias contemporáneas (Plumwood 1993, Marcos 2001, Bookchin 2022). Por un lado señalando la necesidad de miradas éticas sobre formas de vida no humanas (e.g., Rolston 1988, Singer 1995) y por otro indicando que dicha mirada del mundo no humano ha sido fundamental para la destrucción ambiental así como para la dominación y explotación de otros humanos, considerados más “naturales”, en la lógica del colonialismo reinante (Plumwood 1993, Merchant 2006). Por otra parte la filosofía de las ciencias, desde Kuhn en adelante, y la antropología, nos han señalado que nuestro punto de vista siempre es situado y está orientado por parámetros extra-epistémicos, es decir, nuestro modo de entender a las aves, las montañas o un gesto están atravesados por componentes históricos, afectivos, perceptivos, filosóficos, entre otros. En este momento, en medio de la crisis ambiental, resulta central indagar sobre modos de concebir el entorno que no lo sitúen como mera materia o recurso a ser explotado, sino que cultiven prácticas que respondan en términos de cuidado a lo humano y no humano. Vinculado a esto, desde las epistemologías feministas, se ha cuestionado cómo estos dualismos mente-cuerpo, naturaleza-cultura y sujeto-objeto se asocian con los de razón-emoción y masculino-femenino, de modo que cuestiones de cuidado, afecto y emoción son parte de una dimensión femenina, que ha sido expulsada del ámbito propio de las ciencias (Maffia 2005). Es así que la epistemología se cruza con la ética: cómo

estudiamos y vemos a las aves marinas tiene implicancias en torno al daño o cuidado sobre ellas. En las últimas décadas, se ha puesto de relieve la necesidad de indagar no sólo las éticas en la investigación, es decir, qué valores están presentes en nuestras acciones, sino también la dimensión afectiva, ya sea desde las nociones de afectividad ambiental (que veremos más adelante), el giro afectivo (Lara & Domínguez 2013) o las teorías políticas de los afectos (Ahmed 2015). Entendemos por afecto “un modo de nombrar la vibración que da cuerpo a la relacionalidad” (Billi 2022). Es decir, el afecto como *continuum* entre emoción y razón, deja lugar para indagar acerca de los encuentros entre quienes investigan y aquello investigado, permiten habilitar otras escuchas y posibilidades de conocimiento. En el afecto se reconoce la posibilidad no sólo humana de afectar y ser afectado sino también de los “objetos de estudio”. De aquí, frente a las investigaciones con aves marinas nos preguntamos si es posible construir otras tramas de afectación y conocimiento que las considere en la reciprocidad de la relación. De este lugar es que se abren preguntas tales como: ¿qué afectos y sensibilidades se juegan en la investigación? ¿cuáles son los límites éticos en estas prácticas? ¿por qué algunas prácticas son hoy inadmisibles? Para Giraldo y Toro en su libro *Afectividad ambiental* (2020), resulta imprescindible recurrir a éticas relacionales que habiliten la sensibilidad ambiental, la empatía y la exploración de la emocionalidad que surge de nuestra capacidad de ser afectados, sin tener que recurrir necesariamente a la moral, al enjuiciamiento racional y al derecho. Estas propuestas buscan romper con la tradición antropocentrista al poner en cuestionamiento el origen y desarrollo del concepto “humano” así como de la idea de naturaleza, buscando superar las dicotomías de humano/animal, cultura/naturaleza, sujeto/objeto, entre otras. Por otra parte se plantea cómo los afectos atraviesan las relaciones de las y los científicas/os con los animales como objetos de estudio y viceversa. En otras palabras, como científico/as, nos posicionamos separados de los organismos que estudiamos, sin embargo somos seres capaces de afectar y ser afectados por otros seres, “implicándonos en una otra vida” (Hustak & Myers 2012, citado en Despret 2013:35). En esta línea, Vinciane Despret, en su libro “Habitar como un pájaro” presenta un abordaje histórico y filosófico, indagando sobre los afectos y abordajes de los estudios ornitológicos y la diversidad de relaciones entre investigadores y aves (Despret 2022). Por ejemplo, menciona que las prácticas de los “amantes” de los pájaros en el siglo XIX han sido violentas al matar individuos con fines de coleccionismo

(similar a lo mencionado anteriormente en cuanto a la caza para conocer la dieta), mientras que en oposición a ello algunos ornitólogos las muestran una cercanía con las aves que ha cedido a las convenciones vigentes en las ciencias.

De este modo se pone en tensión no sólo las cuestiones conceptuales en relación a las ciencias biológicas, sino que las mismas también modifican aspectos referidos a las prácticas de investigación. Estudiando aves marinas, ¿podemos estar en sintonía con lo que las aves experimentan? En las capturas, ¿podemos percibir su malestar? Concediendo la importancia de la investigación para el cuidado ambiental, nos preguntamos, ¿qué prácticas de investigación se dejan atravesar por la afectividad? ¿Cómo integrar estos nuevos abordajes conceptuales a los estudios con aves marinas?

INVITACIÓN A OTRAS EXPERIENCIAS, AFECTOS Y PREGUNTAS

Tal como mencionamos al inicio del artículo, no pretendemos dar respuesta a cómo debería ser la investigación con aves marinas sino abrir preguntas para especular colectivamente. Muchas veces nuestro ingreso a la biología tiene que ver con relaciones sensibles y afectivas con animales y con el paso de la formación académica avanzamos también en la objetivación de aquello que estudiamos. En el caso de las aves marinas, por experiencia propia, sabemos que los encuentros producidos al ingresar a una colonia donde cientos de animales conviven, observar sus comportamientos de alimentación o capturar un individuo produce afecciones, sensibilidades, afectos y sentimientos que quedan ocultos en nuestro quehacer como científico/as y en la generación de conocimiento.

Sin embargo, nos interesa volver aquí al punto de partida, ¿por qué estudiar aves marinas? ¿Qué posibilidades de construcción de conocimiento *con* las mismas tenemos? ¿Qué diferentes abordajes podemos tener? Vinciane Despret comenta que en los estudios ornitológicos “la paciencia es uno de los primeros requisitos para el estudio naturalista de una vida silvestre no perturbada” (Despret 2022:63). Los primeros estudios implicaron sentarse y mirar por horas el habitar de las aves. Sin embargo, con el avance de la tecnociencia y los estándares de publicación, la biología se volvió ansiosa y con necesidad de obtener datos rápidos y publicar. Siguiendo a Despret en relación a los estudios sobre los territorios de las aves plantea que “la impaciencia se volvió una de las razones prin-

cipales del crecimiento de los experimentos en ecología” (Despret 2022:63). Nos preguntamos entonces qué temporalidades queremos entramar con las aves marinas, qué relaciones queremos componer, qué posibilidad de entenderlas más allá del objeto científico, sino como sujeto que hace su mundo circundante (en términos de von Uexküll) (2016).

Si bien el marco normativo pretende regular las investigaciones, como se mencionó anteriormente, existen resquicios que traen aparejados prácticas poco amables generando efectos que muchas veces son contrarios a los que buscamos como científicos/as (como por ejemplo conservar una especie, ver Albores-Barajas & Soldatini 2011). Existe muchas veces un conflicto entre lo que buscamos a nivel poblacional o de la especie y el bienestar del individuo ¿Pueden convivir estas miradas? ¿Se puede “sacrificar” a algunos individuos en pos de estudiar o conservar a una población? Una respuesta posible a estas preguntas aparece de la mano de la conservación compasiva, donde la compasión es un elemento crítico para una respuesta ética (Wallach et al.2018). Tanto las propuestas de las filosofías contemporáneas que traemos, como la posibilidad de tener grupos de trabajo interdisciplinarios (con personas provenientes de distintas disciplinas como filosofía, veterinaria, biología, antropología, etc.) sea en el seno de los grupos de investigación como en los organismos que regulan las prácticas, permiten establecer diálogos y encuentros enriquecedores que posibilitan otros conocimientos y cuidados ambientales. Sin embargo no hay una respuesta unívoca, no hay leyes: hay encuentros. Devolver a las ciencias los afectos es volvernlos capaces de otras prácticas de responsabilidad, cambiar nuestros modos de conocer es cambiar nuestras ontologías, nuestras formas de habitar. Tal como plantea la escritora Ursula K. Le Guin (1999), “los medios son el fin”: los medios para estudiar no pueden deshacerse de los fines, todo lo opuesto a la noción de que “los fines justifican los medios”. Si queremos un mundo amable para otras especies tenemos que ser amables en las prácticas de investigación. Donna Haraway (2020) propone encontrar modos “monstruosos” para volverse mutuamente capaces de algo nuevo en el mundo de las relaciones multiespecies. Esos modos monstruosos suponen resistir a las categorías y taxonomías de la separación y al correlato de dominio que imponen los ordenamientos (Klier & Folguera 2023). Entonces, ¿con qué medios estudiar a las aves marinas? ¿podemos hacerles preguntas que nos permitan encontrar otros modos de co-habitar amablemente? ¿podemos escuchar sus voces-cantos para componer otros mundos? ¿podemos construir

conocimiento a través de lo sensible? Creemos que es un desafío fundamental habilitar estas preguntas para encontrar nuevas maneras de convivir en un mundo común. Para finalizar y a la manera de Donna Haraway podemos decir: importa qué prácticas de investigación con aves marinas usamos, para pensar otras prácticas en donde las éticas, los cuidados y los afectos entren en juego.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (Agencia I+D+i) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por el apoyo institucional y los financiamientos otorgados. A los editores y la editora de este número especial sobre Aves Marinas en Sudamérica (Flavio Quintana, Pablo Yorio y Andrea Raya Rey) y a los revisores/as por sus comentarios. Sofía agradece además a Victoria Cabral, Agustina Iwan y Victoria González Carman por compartir las lecturas que inspiraron este texto; a Proyecto Rumia por los talleres de Pensamiento Simbionte y al Grupo de Investigación “Ecología y Conservación de Aves marinas y Costeras” (IIMyC). Finalmente agradecemos y honramos a las aves.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Ahmed S (2015) *La política cultural de las emociones*. UNAM, México
- Albores-Barajas Y, Soldatini C (2011) Effects of human disturbance on a burrow nesting seabird. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1262-1266
- Albores-Barajas Y, Soldatini C, Furness R (2009) Are Burrow Nesting Seabird Chicks Affected by Human Disturbance? *Waterbirds* 32:572-578. <https://doi.org/10.1675/063.032.0410>
- Bannasch R, Wilson RP, Culik B (1994) Hydrodynamic aspects of design and attachment of a back-mounted device in penguins. *Journal of Experimental biology* 194:83-96. <https://doi.org/10.1242/jeb.194.1.83>
- Barron DG, Brawn JD, Weatherhead PJ (2010) Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology. *Methods in Ecology and Evolution* 1:180-187. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00013.x>
- Berger J (2016) *Modos de ver*. Gustavo Gili, Madrid
- Billi N (2022) El tapiz de los afectos. Pp. 15-18 en: Pazzarelli F, Medrano C (eds) *Afectación. Estar en*

- la trampa: Etnografías en América del Sur*. Red Editorial, Buenos Aires, pp. 15-18
- Bodey TW, Cleasby IR, Bell F, Parr N, Schultz A, Votier SC, Bearhop S (2017) A phylogenetically controlled meta-analysis of biologging device effects on birds: Deleterious effects and a call for more standardized reporting of study data. *Methods in Ecology and Evolution* 9:946-955. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12934>
- Bookchin M (2022) *La ecología de la libertad: el surgimiento y la disolución de la jerarquía*. Piuké, Bariloche
- Carey MJ (2009) The effects of investigator disturbance on procellariiform seabirds: A review. *New Zealand Journal of Zoology* 36:367-377. <https://doi.org/10.1080/03014220909510161>
- Cevasco CM, Frere E, Gandini PA (2001) Intensidad de visitas como condicionante de la respuesta del pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) al disturbio humano. *Ornitología Neotropical* 12: 75-81
- Debus AG (2016) *El hombre y la naturaleza en el Renacimiento*. Fondo de Cultura Económica, México
- Descola P (2012) *Más allá de la naturaleza y la cultura*. Amorrortu, Buenos Aires
- Despret V (2013) From Secret Agents to Interagency. *History and Theory* 52:29-44. <https://doi.org/10.1111/hith.10686>
- Despret V (2022) *Habitar como un pájaro. Modos de hacer y de pensar los territorios*. Cactus, Buenos Aires
- Edney A, Hart T, Jessopp M, Banks A, Clarke L, Cugnière L, Elliot KH, Martinez IJ, Kilcoyne A, Murphy M, Nager RG, Ratcliffe N, Thompson DL, Ward RM, Wood MJ (2023) Best practices for using drones in seabird monitoring and research. *Marine Ornithology* 51:265-280
- Fausto J (2023) *La cosmopolítica de los animales*. Cactus, Buenos Aires
- Field KA, Paquet PC, Artelle K, Proulx G, Brook RK, Darimont CT (2019) Publication reform to safeguard wildlife from researcher harm. *PLoS Biology* 17: e3000193. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000193>
- Foucault M (1988) *Las palabras y las cosas*. Siglo Veintiuno, Madrid
- Gatt MC, Granadeiro JP, Catry P (2022) An Introduction to Seabirds and Their Study. Pp: 3-17 en: Ramos JA, Pereira L (eds) *Seabird Biodiversity and Human Activities*. Volume 1. CRC Press, Boca Ratón, pp 3-17
- Giraldo OF, Toro I (2020) *Afectividad Ambiental: Sensibilidad, empatía, estéticas del habitar*. El Colegio de la Frontera Sur: Universidad Veracruzana, Chetumal, Quintana Roo
- Gómez-Laich A, Pantano C, Wilson RP, Svagelj WS, Yoda K, Gunner R, Quintana F (2021) Leg rings impact the diving performance of a foot-propelled diver. *Ibis* 164:118-131. <https://doi.org/10.1111/ibi.12998>
- Haraway D (1988) Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective. *Feminist Studies* 14:575-599. <https://doi.org/10.2307/3178066>
- Haraway D (1999) Las promesas de los monstruos: una política regeneradora para otros inapropiados/bles. *Política y Sociedad* 30:121-163
- Haraway D (2020) *Seguir con el problema: Generar parentesco en el Chthuluceno*. Tercera edición. Consonni, Buenos Aires
- Hustak C, Myers N (2012) Involuntary Momentum: Affective Ecologies and the Sciences of Plant/Insect Encounters. *Différences* 23:74-118. <https://doi.org/10.1215/10407391-1892907>
- Klier G, Busan T, Di Pasquo F, Blois P, Francese C, Folguera G (2017) Natural Sciences and Environmental Issues: a contribution from the Philosophy of Environmental Sciences. *International Journal of Environment and Health* 8:255-271. <https://doi.org/10.1504/IJENVH.2017.088112>
- Klier G, Folguera G (2023) Configurar mundos monstruosos: especulaciones desde Donna Haraway para el pensamiento y la educación ambiental. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. 33:123-137. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.33.2023.5626>
- Lara A, Dominguez GE (2013) El giro afectivo. *Athena Digital: revista de pensamiento e investigación social* 13:101-120. <https://doi.org/10.5565/rev/athenead/v13n3.1060>
- Le Guin UK (1999) *Los desposeídos*. Minotauro, Barcelona
- Le Maho Y, Saraux C, Durant JM, Viblanc VA, Gauthier-Clerce M, Yoccoz NG, Stenseth NC, Le Bohec C (2011) An ethical issue in biodiversity science: The monitoring of penguins with flipper bands. *Comptes Rendus Biologies* 334:378-384. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2011.04.004>
- Lindsjö J, Fahlman Å, Törnqvist E (2016) Animal welfare from mouse to moose—implementing the principles of the 3Rs in wildlife research. *Journal of Wildlife Diseases* 52: S65-S77. <https://doi.org/10.7589/52.2S.S65>
- Lumsden WHR, Haddow AJ (1946) The food of the Shag *P. aristotelis* in the Clyde Sea area. *Journal of Animal Ecology* 15:35-42
- Maffia DH (2005) Conocimiento y emoción. *Arbor CLXXXI* (716):515-521 <https://doi.org/10.3989/arbor.2005.i716.408>
- Marcos A (2001) *Ética medioambiental*. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, Universidad de Valladolid, Valladolid
- Mariano-Jelicich R, Seco Pon JP, Copello S, Favero M (2023) Distribution and diet of cape petrels (*Daption capense*) attending fishing vessels off the Patagonian Continental Shelf during the non-breeding

- season in austral winter: insights from on-board censuses and stable isotope analysis. *Polar Biology* 46:559-571. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-023-03144-6>
- Merchant C (2006) The scientific revolution and the death of nature. *Isis* 97:513-533. <https://doi.org/10.1086/508090>
- Passmore J (1978) *La responsabilidad del hombre frente a la naturaleza: ecología y tradiciones en Occidente*. Alianza Editorial, Madrid
- Phillips RA, Xavier JC, Croxall JP (2003) Effects of Satellite Transmitters on Albatrosses and Petrels. *The Auk* 120:1082-1090. <https://doi.org/10.1093/auk/120.4.1082>
- Plumwood V (1993) *Feminism and the Mastery of Nature*. Routledge, Londres
- Pratt ML (2010) *Ojos imperiales. Literatura de viajes y transculturación*. Fondo de Cultura Económica, México
- de Prinzio AM, Copello S, Seco Pon JP, Canepuccia AD, Mariano-Jelicich R (2023) Where are you from? Isotopic tracing of juvenile Olrog's Gulls from Mar Chiquita during the wintering season. *Emu* 123:140-151. <http://dx.doi.org/10.1080/01584197.2023.2186895>
- Rendón C, Klier G (2018) El olvido del organismo: un análisis de las concepciones acerca de lo vivo y su valor en la biología actual. *Scientiae Studia* 15:459-487. <https://doi.org/10.11606/51678-31662017000200012>
- Rolston H (1988) *Environmental Ethics. Duties to and Values in the Natural World*. Temple University Press, Philadelphia.
- Shapin S (2000) *La revolución científica. Una interpretación alternativa*. Paidós, Barcelona
- Singer P (1995) *Ética Práctica*. Cambridge University Press, Cambridge
- von Uexküll J (2016) *Andanza por los mundos circundantes de los animales y los hombres*. Cactus, Buenos Aires
- Vandenabeele SP, Wilson RP, Grogan A (2011) Tags on Seabirds: How Seriously Are Instrument-Induced Behaviours Considered? *Animal Welfare* 20:559-571. <https://doi.org/10.1017/S0962728600003195>
- Weimerskirch H, Shaffer S, Mabile G, Martin J, Bourtard O, Rouanet J-L (2002) Heart rate and energy expenditure of incubating Wandering Albatrosses: basal levels, natural variation, and the effects of human disturbance. *The Journal of Experimental Biology* 205:475-483. <https://doi.org/10.1242/jeb.205.4.475>
- Wilson RP, Kreye JM, Lucke K, Urquhart H (2004) Antennae on transmitters on penguins: balancing energy budgets on the high wire. *Journal of Experimental biology* 207:2649-2662. <https://doi.org/10.1242/jeb.01067>
- Wilson RP, McMahon CR (2006) Measuring devices on wild animals: what constitutes acceptable practice? *Frontiers in Ecology and the Environment* 4:147-154. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0147:MDOW-AW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0147:MDOW-AW]2.0.CO;2)
- Wilson RP, Sala JE, Gómez Laich A, Ciancio J, Quintana F (2015) Pushed to the limit: food abundance determines tag-induced harm in penguins. *Animal Welfare* 24:37-44. <https://doi.org/10.7120/09627286.24.1.037>
- Yorio P, Quintana F (1996) Efectos del disturbio humano sobre una colonia mixta de aves marinas en Patagonia. *El Hornero* 14:60-66



LA HISTORIA EVOLUTIVA DE LAS AVES MARINAS DE AMÉRICA DEL SUR A TRAVÉS DEL REGISTRO FÓSIL

THE EVOLUTIONARY HISTORY OF SOUTH AMERICAN SEABIRDS THROUGH THE FOSSIL RECORD

Carolina Acosta Hospitaleche^{1,2*}, M. Alejandra Sosa^{1,3}, Alejandra Piro^{1,2} & Facundo Irazoqui^{1,2}

¹División Paleontología Vertebrados, Museo de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Paseo del Bosque s/n (B1900FWA) La Plata, Buenos Aires, Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-2614-1448>

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Godoy Cruz 2290, C1425FQB Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

³Universidad Nacional de La Plata, Avenida 7 N° 776, La Plata, Buenos Aires, Argentina

*acostacar@fcnym.unlp.edu.ar

RESUMEN: El registro fósil de pingüinos (Sphenisciformes), albatros y petreles (Procellariiformes), cormoranes y piqueros (Suliformes), patos buceadores (Anseriformes) y aves pseudo-dentadas (Pelagornithidae) es particularmente abundante en las costas atlántica y pacífica del extremo sur de América del Sur. A esto se suman otros taxones, que, aunque se encuentran menos representados, contribuyen a analizar la dinámica de las comunidades marinas y a reconstruir los ecosistemas del pasado. En este trabajo se brinda una puesta al día del registro fósil de cada uno de estos grupos de aves marinas, incluyendo formas principalmente cenozoicas, aunque también algunos registros cretácicos. De su análisis, en un contexto geotectónico regional diferente al actual, se desprenden una serie de hipótesis que explican los principales procesos de especiación, diversificación, colonización y extinción que cada uno de los grupos habría atravesado hasta alcanzar sus configuraciones actuales.

PALABRAS CLAVE: *Cenozoico, Cretácico, paleoambientes, paleontología de aves*

ABSTRACT: The fossil record of penguins (Sphenisciformes), albatrosses and petrels (Procellariiformes), cormorants and boobies (Suliformes), diving ducks (Anseriformes), and pseudo-toothed birds (Pelagornithidae) is particularly abundant on the Atlantic and Pacific coasts of South America. In addition to these are other taxa, which, although less represented, contribute to analyzing the dynamics of marine communities and reconstructing past ecosystems. This work provides an update of the fossil record of each of these groups of seabirds, including mainly Cenozoic forms but also some Cretaceous records. From this analysis, in a regional geotectonic context different from the current one, a series of hypotheses emerges that explains the main speciation and diversification processes, and the colonization and extinction events that each of these groups would have experienced before reaching their current configurations.

KEYWORDS: *avian paleontology, Cenozoic, Cretaceous, paleoenvironment*

El registro fósil nos brinda la posibilidad de acceder al pasado, aunque sea a través de pequeños recortes que en la mayoría de los casos se encuentran incompletos. Sin embargo, pese a los sesgos que impone este registro, la información que nos brinda es única e irremplazable (Warheit 2001). Los fósiles son

la única fuente disponible para recabar información de las especies que se encuentran totalmente extintas. Además, los estudios paleontológicos permiten acceder no solo a la información anatómica que puede observarse a primera vista, sino que también habilitan otros estudios paleobiológicos más detalla-

dos. Ejemplos de ello son los estudios paleoecológicos (Tanaka et al. 2020), paleohistológicos (Chinsamy et al. 1995) y paleoneurológicos (Acosta Hospitaleche et al. 2021), que han brindado novedosas fuentes de información y evidencia para los estudios paleoecológicos y sistemáticos. Estos datos resultan más que relevantes para las grandes filogenias (Bourdon 2005, Livezey & Zusi 2006, Ksepka et al. 2006, Smith 2010), brindando un contexto más amplio e integrador para analizar la evolución de cada uno de los linajes.

El registro fósil de las aves en general suele ser escaso y fragmentario si se compara con el de otros vertebrados (Livingston 1989, Mitchell 2015). Esto se debe a que la neumatización que presenta el esqueleto de la mayoría de las aves, genera una menor resistencia a los procesos destructivos por los que atraviesan durante su fosilización (Nicholson 1996).

Sin embargo, las aves buceadoras constituyen una excepción, en particular aquellas con adaptaciones esqueléticas para el buceo, dado que suman otro factor que les confiere una mayor resistencia a los procesos destructivos, que es la pérdida total o parcial de la neumaticidad ósea y el desarrollo de huesos paquios-tósicos (De Ricqlès & De Buffrènil 2001, Habib & Ruff 2008). La máxima expresión de estas condiciones se encuentra en los pingüinos, que poseen un esqueleto altamente modificado, lo cual sumado a sus hábitos coloniales, favorecen la preservación en cantidad y calidad de elementos (Emslie 1995).

Además, las aves con conductas gregarias, que nidifican año tras año en las mismas costas y otras áreas de depositación, a veces conformando roquerías, contribuyen a la formación de vastas acumulaciones óseas con un gran potencial fosilífero. Esto ha permitido contar con un registro fósil privilegiado para muchos grupos, como por ejemplo los pingüinos, para cuyos fósiles se cuenta con estudios sumamente detallados. A partir de los resultados obtenidos para este grupo, y aquellos provenientes de los estudios sedimentológicos y tectónicos, se han propuesto algunas hipótesis paleoecológicas y biogeográficas (Ksepka & Thomas 2012, Pelegrín & Acosta Hospitaleche 2022). Estas propuestas pueden tomarse como punto de partida para analizar el escenario en el cual habrían vivido los demás grupos mencionados anteriormente y presentes en las mismas asociaciones. Desafortunadamente, los demás grupos de aves marinas se encuentran en franca desventaja, y sus estudios sistemáticos, paleobiológicos y paleoecológicos son aún incipientes.

En esta contribución se han compilado y actuali-

zado sistemática y estratigráficamente los registros de aves marinas conocidos para América del Sur desde el Cretácico a la actualidad. Se comentan además algunos aspectos evolutivos y paleobiogeográficos derivados del estudio de estas asociaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Delimitación de los grupos de aves incluidos

La denominación de aves marinas (*seabirds* en inglés) constituye un concepto dinámico, ya que varía de acuerdo con los autores y a los contextos en que ha sido utilizado. Sin embargo, existe cierto consenso en considerar como aves marinas a aquellas especies que obtienen su alimento exclusivamente en los océanos, como por ejemplo los pingüinos, albatros y petreles, cuya comida proviene por completo del mar y poseen un estilo de vida totalmente adaptado a la dinámica de los ambientes marinos (Ainley 1980). Pueden reconocerse dos subcategorías de acuerdo con el ambiente donde pasan la mayor parte de su tiempo: marino-pelágico en el caso de las aves marinas oceánicas (Ainley 1980), o litoral con posibles incursiones en aguas continentales para el caso de las aves costeras (Schlatter & Simeone 1999).

Desde una perspectiva paleontológica resulta, en ocasiones, un poco más complicado determinar con exactitud el ambiente en el cual habrían vivido ciertos grupos, ya que no se cuenta con representantes actuales de referencia. Este sería el caso de los miembros del linaje Pelagornithidae, cuyas afinidades filogenéticas son aún inciertas, y todo lo que se conoce proviene de información obtenida a través de estudios anatómico-funcionales y del análisis de los ambientes de depositación.

Por tal motivo, se delimitará el registro fósil de las aves marinas a aquellas especies que viven asociadas a los océanos, pasan la mayor parte del tiempo en ambientes pelágicos o costeros y obtienen su alimento directamente del mar. Como consecuencia, sus plumas, heces, egagrópilas y finalmente sus cadáveres, son depositados y eventualmente preservados en unidades geológicas depositadas en contextos marinos o estuarinos. Asimismo, cabe aclarar que, en estos mismos niveles marinos, muchas veces también se preservan restos de aves continentales que han sido arrastrados por las corrientes y han quedado depositados en las cuencas marinas. Estos últimos, lógicamente, no serán incluidos como aves marinas.

Delimitación del área geográfica incluida

La presente revisión incluye los restos fósiles hallados en distintas unidades marinas de América del Sur (ver Contexto geológico de los hallazgos). El registro fósil del continente antártico no será incluido en la presente, pero una síntesis actualizada puede consultarse en Acosta Hospitaleche et al. (2019).

Abreviaturas institucionales

CADIC P, Centro Austral de Investigaciones Científicas, Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina; GPMK, Geologisch-Palaontologisches Institut und Museum, Kiel, Alemania; MLP-PV, Museo de La Plata, Ciudad de La Plata, Argentina; MPEF-PV, Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Trelew, Argentina; MUSM Museo de la Universidad de San Marcos, Lima, Perú; SGO.PV, Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

CONTEXTO GEOLÓGICO DE HALLAZGOS FÓSILES

Las aves fósiles que serán mencionadas a continuación fueron colectadas en unidades litoestratigráficas de distintas antigüedades, depositadas en cuencas sedimentarias (Fig. 1) formadas en un contexto

geotectónico diferente al actual. La mayor parte de los yacimientos paleontológicos que serán mencionados corresponden a áreas cercanas a la costa, que en el pasado se encontraban cubiertos por el mar (Figs. 1-4, 6-7). A continuación, se brinda un breve resumen de cada una de estas cuencas y de las unidades litoestratigráficas allí depositadas. Con el objeto de brindar una mejor contextualización de estos registros, se detallan los paleoambientes de depositación de las unidades de interés a los fines de este trabajo.

Cuenca Arauco

Se desarrolla en el centro-sur de Chile (Fig. 1) con aproximadamente 8000 km² de extensión, y un relleno sedimentario muy potente, que alcanza los 200 metros bajo el nivel del mar en sus zonas más profundas. Los depósitos más antiguos corresponden a la Formación Quiriquina, por encima de la cual se deposita un gran número de unidades cuyas edades van del Paleoceno al Plioceno (Mordojovich 1981).

La *Formación Quiriquina* (Fig. 2b) comprende depósitos marinos depositados durante el Cretácico tardío (Biró-Bagoczky 1982, Stinnesbeck 1986, 1996, Salazar et al. 2010). El contenido faunístico (Otero et al. 2012) y florístico (Stinnesbeck 1986) de esta unidad sugiere que se trataría de un ambiente de aguas marinas poco profundas, lo cual explica la presencia de aves buceadoras como *Neogaeornis wetzeli* (Fig. 2d-e), que fue hallado en los acantilados ubicados al oeste de Bahía San Vicente, en Península Tumbes (Olson 1992).

Cuenca Pisco

Estos depósitos localizados en el Perú (Fig. 1) constituyen uno de los más importantes debido a su contenido fosilífero excepcionalmente preservado a lo largo de una secuencia estratigráfica casi ininterrumpida. Sucesivas transgresiones marinas (Fig. 3a) han generado un relleno sedimentario de más de 2 km de espesor conformado por las formaciones Caballas, Paracas, Otuma, Chilcatay y Pisco (Fig. 3b), mencionadas de mayor a menor antigüedad (Dunbar et al. 1990, DeVries 1998, DeVries et al. 2021, Malinverno et al. 2021).

La *Formación Paracas* comprende los sedimentos más antiguos depositados en esta área y es portadora de los primeros pingüinos que habrían arribado a América del Sur durante el Eoceno medio (Clarke et al. 2007). Por encima se encuentran los sedimentos del Eoceno tardío de la *Formación Otuma*, que se extiende hasta el Oligoceno temprano (Acosta Hospitaleche & Stucchi 2005, DeVries et al. 2006, 2017, 2021).



Figura 1. Cuencas sedimentarias donde se depositaron las unidades litoestratigráficas más importantes para el registro fósil de las aves marinas de América del Sur. Abreviaturas: Ar Arauco, Au Austral, Ca Caldera, Pi Pisco, SJo San Jorge, Va Valdés; An Anseriformes, Ga Gaviiformes, Pe Pelagornithidae, Ph Phalacrocoracidae, Pr Procellariiformes, Sp Sphenisciformes, Su Sulidae.

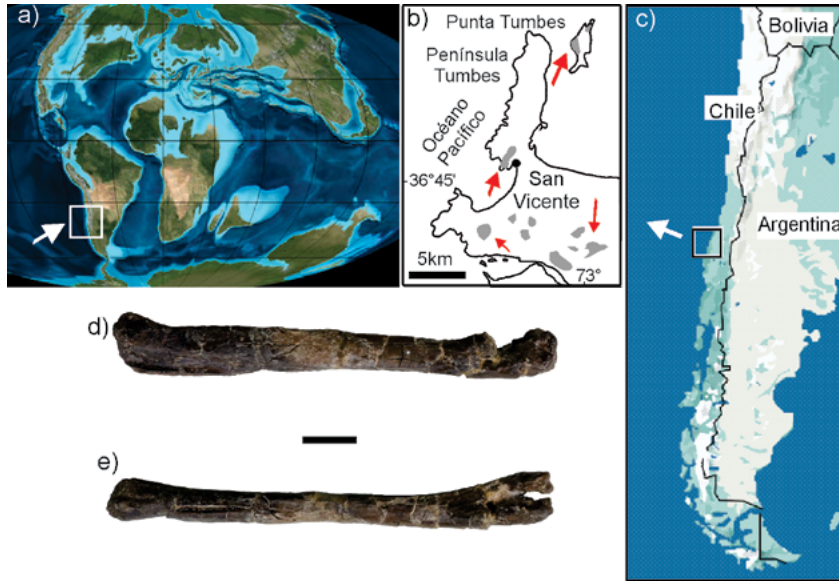


Figura 2. Las aves marinas más antiguas de América del Sur: a) Reconstrucción paleogeográfica del Cretácico tardío (modificado de Scotese, 2014), b) Formación Quiriquina y detalle de sus afloramientos en sombreado gris, c) Mapa regional indicando la ubicación de los hallazgos, d)-e) tarsometatarso de *Neogaornis wetzelli* (GPMK 123). El recuadro en a) y c) indica el área ampliada en b). Escala: 10 mm.

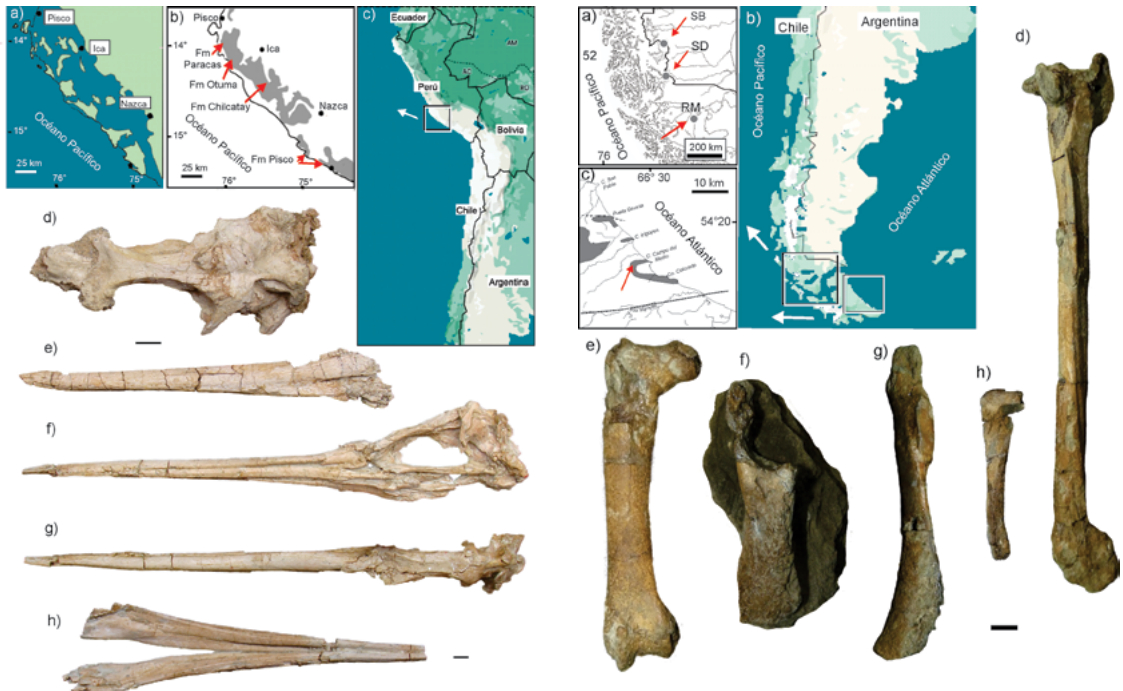


Figura 3. Pingüinos fósiles del Eoceno de Perú. a) región de Ica (Perú) que se encontraba cubierta por el océano entre el Eoceno y Plioceno, donde hoy se encuentran los afloramientos más importantes para el estudio de las aves marinas b)-c) Mapa regional indicando la ubicación de los afloramientos, d)-e) *Perudyptes devriesi* (MUSM 889) d) cráneo, e) pico, f)-h) *Icthyophaga salasi* (MUSM 897), f) cráneo en vista dorsal, g) cráneo en vista lateral, h) mandíbula. Escala: 10 mm.



Figura 4. Yacimientos con registros Eocenos de la Cuenca Austral. a) Región de Magallanes en el sur de Chile, (SB Sierra Baguales, SD Sierra Dorotea, RM Río de las Minas) donde fueron colectados *Palaeudyptes* sp y otros restos de aves, b) Mapa regional indicando la ubicación de los yacimientos, c) Afloramientos de Formación Leticia en Tierra del Fuego. Los recuadros en b) indican las zonas ampliadas en a) y c). Esqueleto de *Palaeudyptes gunnari* (CADIP P 21): d) tibiotarso, e) fémur, f) pelvis, g) coracoides, h) fibula) procedente de la Formación Leticia. Escala: 10 mm.

Hacia el techo de la Cuenca se deposita la *Formación Chilcatay*, con niveles asignados al Oligoceno tardío y Mioceno temprano. En esta unidad es donde se registra *Palaeospheniscus*, un taxón ampliamente distribuido en la Patagonia Argentina durante el Mioceno temprano (Acosta Hospitaleche & Stucchi 2005).

Finalmente, la *Formación Pisco*, puede ser subdividida internamente en tres niveles que abarcan desde el Mioceno medio al Plioceno temprano, cada uno con una capa basal con nódulos fosfáticos, gran contenido de fósiles (Gariboldi et al. 2017, Solís Mundaca 2018, Bosio et al. 2019, 2020a, 2020b) y capas delgadas ricas en diatomeas, que representan ambientes de plataforma (Bosio et al. 2019). Se caracteriza por la presencia de vertebrados fósiles tales como tiburones, rayas, teleósteos, cocodrilos, quelonios, focas, delfines y ballenas (Ehret et al. 2012 y citas allí) y aves (Laridae, Scolopacidae, Vulturidae, Sulidae, Pelecanidae, Ciconiidae, Phalacrocoracidae, Pelagornithidae y Procellariiformes, Chávez-Hoffmeister et al. 2007 y citas allí).

Cuenca Austral/Magallanes

Se ubica en el extremo sur de América del Sur y la plataforma continental adyacente (Fig. 1). En Argentina adquiere la denominación de Cuenca Austral, pero en Chile se conoce como Cuenca de Magallanes. De acuerdo con la zona de estudio, la secuencia sedimentaria que la rellena está representada por distintas unidades.

En el sector costero de la Provincia de Santa Cruz (Fig. 4), la secuencia queda definida en orden estratigráfico ascendente, por las formaciones marinas San Julián y Monte León, y la Formación Santa Cruz, que fue depositada en un contexto continental. Ambas unidades fueron depositadas durante eventos transgresivos y portan una fauna mayoritariamente de invertebrados fósiles, con algunos restos de aves asignados a pingüinos (Parras et al. 2012).

La *Formación San Julián* fue depositada en un ambiente de aguas poco profundas y adquiere unos 80 m de potencia (Panza et al. 1995, Parras & Casadio 2005, 2006). Las dataciones isotópicas indican una edad asignada al Oligoceno tardío (Parras & Casadio 2002, Parras et al. 2012, Pérez et al. 2015).

La *Formación Monte León* consiste en unos 200 m de espesor con abundantes moluscos y algunos otros invertebrados (Pineda-Salgado et al. 2022 y referencias allí citadas) que fueron depositados en un ambiente que pasa transicionalmente de un estuario dominado por mareas, a un sistema fluvial con canales de baja energía en una llanura de inundación (Parras & Griffin

2009, Parras & Cuitiño 2018, Parras et al. 2020). Su edad se restringe al Mioceno temprano y se correlaciona con las formaciones Chenque (Cuenca San Jorge) y Gaiman (Cuenca Valdés).

En el sector más austral, una subdivisión de esta cuenca se rellena por las formaciones Punta Torcida, niveles aún innominados, Leticia y Cerro Colorado. La *Formación Leticia* (Fig. 4c) presenta niveles portadores de vertebrados fósiles, entre los que se encuentran pingüinos de estirpe antártica, que fueron identificados como depósitos marinos de aguas poco profundas (Torres Carbonell et al. 2009). De acuerdo con el contenido de microfósiles, la edad de esta unidad ha sido definida como Eoceno medio (Malumián & Olivero 2006).

El esquema estratigráfico no está completamente definido aún para el sur de Chile (Ghiglione et al. 2009, 2016, Cuitiño et al. 2019a, 2019b), pero en sus afloramientos de Magallanes se reconocen las formaciones Cerro Dorotea y Río Turbio (Fig. 4a).

La *Formación Río Turbio* representa un ambiente estuarino de aguas poco profundas que contiene abundantes fósiles asignados al Eoceno medio-superior (Griffin 1991, Malumián et al. 2000, Panti 2018), entre los que se encuentran algunos restos de aves (Sallaberry et al. 2010).

Cuenca Caldera

Está ubicada en el norte de Chile (Fig. 1) y se desarrolla a lo largo de 43 km de extensión. Se encuentra rellena por sedimentos de origen marino, que comprenden tres grandes unidades, las formaciones Angostura, Bahía Inglesa y Capas de Caldera (Le Roux et al. 2016).

La *Formación Bahía Inglesa* (Fig. 6b) comprende varios miembros depositados entre el Mioceno medio y el Plioceno (Guzmán et al. 2000, Marchant et al. 2000, Marquardt et al. 2000, Godoy et al. 2003, Achurra 2004, Le Roux et al. 2016). Los estudios micropaleontológicos (Achurra 2004, Henríquez 2006) y sedimentológicos (Marquardt 1999, Walsh & Hume 2001, Godoy et al. 2003, Achurra 2004, Henríquez 2006, Walsh & Suárez 2006, Achurra et al. 2009) sugieren un ambiente de deposición que abarcaría desde la zona litoral, pasando por una zona sublitoral hasta una zona batial superior (Fig. 6a). La edad de esta formación está asignada al Mioceno medio-Plioceno de acuerdo con el contenido paleomalacológico, micropaleontológico y las relaciones morfoestratigráficas (Le Roux et al. 2016). De esta formación provienen reportes de aves marinas, tales como pingüinos, cormoranes y petreles, asociadas a



Figura 5. Procellariiformes (a-e) y Sphenisciformes (f-j) de las Formaciones Pisco (a-e, g-h) y Chilcatay (f) de Perú (ver mapa de ubicación en figura 3): a) cráneo de un Puffinini (MUSM 352), b) carpometacarpo de un Procellariidae (MUSM 414), c) tarsometatarso de un Diomedidae (MUSM 207), d) tarsometatarso de un Procellariidae (MUSM 256), e) carpometacarpo de un Diomedidae (MUSM 258), f) *Palaeospheniscus* cf. *S. patagonicus* (MUSM 257), g) *Spheniscus* sp. (MUSM 868), h) *Spheniscus* cf. *S. muizoni* (MUSM 775), i) *S. urbinai* (MUSM 1777), j) *Spheniscus* sp. (MUSM 537) Escala: 10 mm.

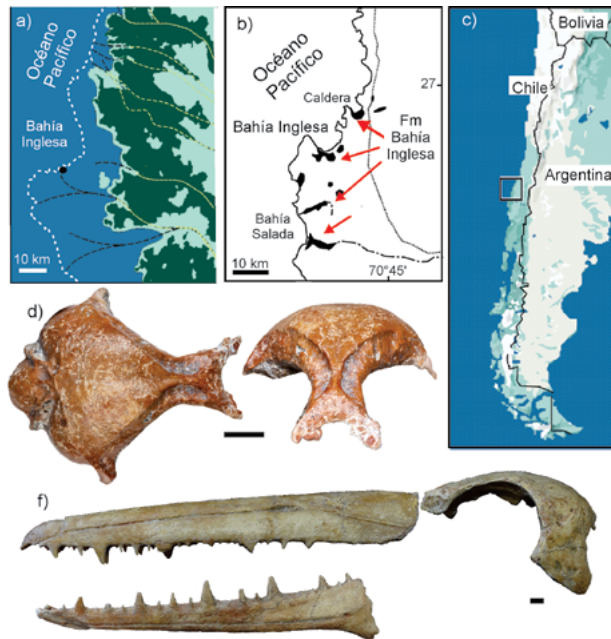


Figura 6. Área de Caldera, en Chile: a) transgresión marina miocena mostrando las zonas que estaban cubiertas por el mar, b) detalle de los afloramientos de la Formación Bahía Inglesa, c) mapa regional indicando la ubicación de los yacimientos, d)-e) cráneo de Spheniscidae (SGO.PV.22245) indeterminado -d) dorsal, e) rostral-, f) cráneo de *Pelagornis chilensis* (Pelagornithidae SGO.PV 1061). El recuadro en c) indica las áreas ampliadas en a) y b). Escala: 10 mm.

una fauna diversa integrada por condrictios, cocodrilos, mamíferos marinos como ballenas, delfines, focas, perezosos marinos y dugongos e incluso organismos terrestres como los carpinchos (Suárez et al. 2004, Bianucci et al. 2006, Le Roux et al. 2016 y citas allí).

Cuenca Valdés

Se desarrolla mayormente mar adentro en el Océano Atlántico y solo en su extremo oeste alcanza el área de la Península Valdés (Fig. 1). Los rellenos neógenos se corresponden con dos ciclos transgresivos de sedimentación (Fig. 7a), durante los cuales se depositan las formaciones Gaiman y Puerto Madryn. Por encima, un nuevo ciclo, deposita niveles cuaternarios (Cuitiño et al. 2023).

La *Formación Gaiman* aflora (Fig. 7b) en el Valle inferior del río Chubut y a lo largo de la costa de la provincia del Chubut (Haller & Mendía 1980). Estos niveles, que se correlacionan con la Formación Chenque (Cuenca San Jorge) y la Formación Monte León (Cuenca Austral), se depositaron durante un evento transgresivo del Mioceno inferior y representan un ambiente de plataforma interna (Scasso & Castro 1999, Cuitiño et al. 2019a, 2019b).

La *Formación Puerto Madryn* (Fig. 7b) yace por encima y se expone en Península Valdés y el Valle del Río Chubut y se corresponde con un nuevo evento transgresivo (Cuitiño et al. 2017). De acuerdo con el contenido fosilífero y las dataciones disponibles, su edad fue asignada al Mioceno superior. Varios grupos de aves continentales y marinas provienen de distintos niveles de esta extensa secuencia, donde se ha reconocido un ambiente estuarino con aguas poco profundas (Cuitiño et al. 2017, 2023).

Cuenca San Jorge

Se encuentra ubicada en la Patagonia central (Fig. 1) y posee una extensión de aproximadamente 180.000 km². Se desarrolla cubriendo parte de las provincias de Chubut y Santa Cruz, Argentina, más una porción atlántica que es extracontinental (Sylwan 2001). Se origina a partir del Jurásico, por procesos extensionales relacionados con la fragmentación de Gondwana, generando un depocentro donde se habrían acumulado varias unidades geológicas, mayormente de carácter continental. Hacia la parte superior se depositan sedimentitas de las formaciones Salamanca, Peñas Coloradas/Las Violetas, Las Flores, Colihuel Kaike, Sarmiento y Chenque (Woodburne et al. 2014).

La *Formación Chenque*, de carácter marino, consiste en una secuencia de aproximadamente 500 m de potencia depositados en una plataforma marina somera durante el Mioceno temprano. Se correlaciona parcialmente con las formaciones Gaiman (Cuenca Valdés) y Monte León (Cuenca Austral) y presenta algunos restos de pingüinos, además de abundantes invertebrados y trazas fósiles (Paredes & Colombo Piñol 2001, Buatois et al. 2003)

REGISTRO FÓSIL DE AVES MARINAS DE AMÉRICA DEL SUR

Sphenisciformes

Los pingüinos son un grupo de aves muy peculiar que se distribuyen casi exclusivamente en el hemisferio sur en la actualidad, áreas a las que también se habrían restringido en el pasado (Winkler et al. 2020a, Pelegrín & Acosta Hospitaleche 2022 y referencias allí citadas). Desde sus primeros registros se los reconoce como un grupo eficazmente adaptado al buceo en aguas frías, y a desplazarse largas distancias a través de los océanos, lo cual les habría permitido la colonización de nuevas áreas a lo largo de su historia evolutiva (Pelegrín & Acosta Hospitaleche 2022).

Los pingüinos constituyen un grupo con un registro fósil muy numeroso si lo comparamos con el de otras aves, lo cual será discutido más adelante. Los registros más antiguos corresponden al Paleoceno de Nueva Zelanda (e.g., Slack et al. 2006, Mayr et al. 2020) y Antártida (Tambussi et al. 2005), y más tardíamente, hacia el Eoceno, se registran en América del Sur. Son precisamente las especies antárticas aquellas que aparecen en el Eoceno medio de Argentina (Acosta Hospitaleche & Olivero 2016) y Chile (Sallaberry et al. 2010), mientras que en Perú se han reportado géneros y especies exclusivas de esas áreas (Clarke et al. 2007, 2010).

Un esqueleto parcial asignado a *Palaeudyptes gunnari* (Fig. 4d-h) y un coracoides aislado son los únicos restos que se conocen para el Eoceno medio de la Formación Leticia (Fig. 4c), en la provincia de Tierra del Fuego, Argentina (Acosta Hospitaleche & Olivero 2016). *Palaeudyptes* era uno de los denominados pingüinos gigantes muy frecuentes en el Eoceno de Antártida (Acosta Hospitaleche 2014), que habría alcanzado una talla mayor a cualquiera de las especies actuales. Un húmero aislado, procedente del Eoceno medio de la Formación Río Turbio, Magallanes (Fig. 4b), en Chile, ha sido también asignado al género *Palaeudyptes* (Yury-Yáñez et al. 2009, Sallaberry et

al. 2010), y aunque estos materiales, juntamente con otros restos de pingüinos provenientes de las formaciones Man Aike y Loreto (Sallaberry et al. 2010) se encuentran aún bajo revisión, resultan evidentes las afinidades con la fauna de pingüinos del Eoceno de Antártida y del sur de Argentina.

También hay un abundante registro de pingüinos fósiles en el Eoceno del Departamento de Ica, en Perú (Fig. 3b), donde los yacimientos pueden ser calificados de excepcionales por la calidad en la preservación de sus fósiles (Collareta et al. 2021). Entre ellos se encuentran esqueletos articulados, inclusive con sus cráneos casi completos, condición no usual entre las aves fósiles de otros sitios y que ha permitido la no-

minación de tres taxones nuevos, considerados, por el momento, endémicos de Perú.

Perudyptes devriesi (Fig. 3d-e) del Eoceno medio de la Formación Paracas en el Departamento de Ica, *Idadyptes salasi* (Fig. 3f-h) del Eoceno medio-tardío de la Formación Otuma en el Departamento de Ica, e *Inkayaku paracasensis* del Eoceno superior de la localidad de Yumaque, Reserva de Paracas, constituyen pingüinos de gran porte, que al igual que los demás taxones del Eoceno, tendrían un patrón anatómico consistente en grandes estaturas, con alas, cuellos y picos proporcionalmente más alargados que en las especies vivientes (Clarke et al. 2007, Ksepka et al. 2008, Clarke et al. 2010). De hecho, las comparacio-

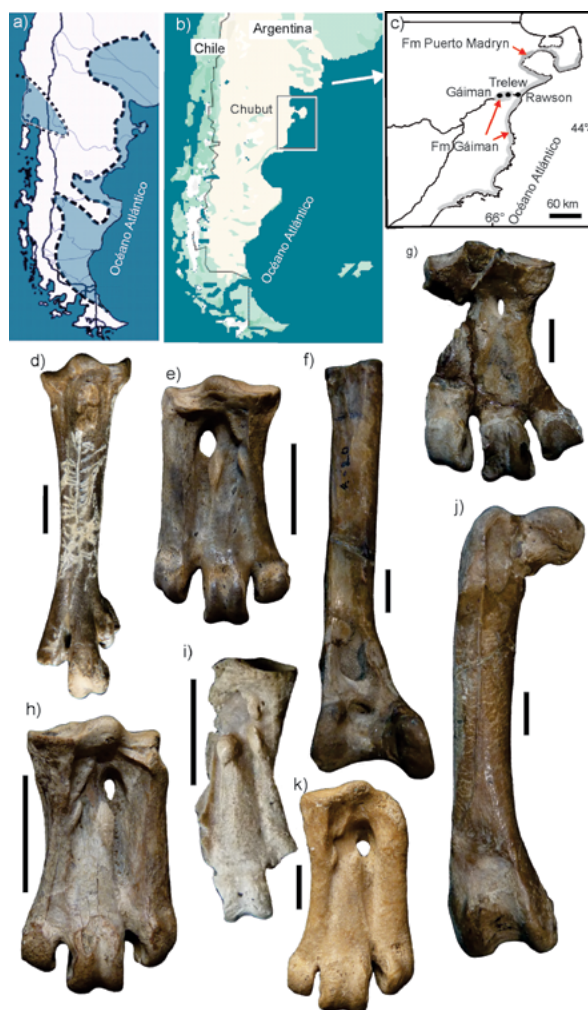


Figura 7. Mapa y registro fósil de la Formación Gáiman: a) transgresión marina mostrando las zonas ocupadas por el mar durante el Mioceno inferior, b) mapa regional indicando la ubicación de los yacimientos, c) detalle de los afloramientos miocenos Formaciones Gaiman-Puerto Madryn, d) tarsometatarso de *Cayaao brunetti* (MLP 77-XII-22-1), e) tarsometatarso *Palaeospheniscus patagonicus* (MLP-PV 20-240), f)-g), j) tibiotarso (MLP-PV 20-4), tarsometatarso (MLP-PV 20-6), y fémur (MLP-PV 20-2), de *Paraptenodytes antarcticus*, h) *Palaeospheniscus patagonicus* (MLP-PV 20-238 descrito originalmente como *Treleudyptes crassa*), i) *Eretiscus tonni* (MLP-PV 81-VI-26-1), k) *Palaeospheniscus bergi* (descrito como *P. rothi* MLP-PV 20-234). Escala: 10 mm.

nes anatómicas y los análisis filogenéticos realizados sugieren que estos taxones estarían estrechamente relacionados con el género *Palaeudyptes* (Jadwiszczak 2009, Acosta Hospitaleche et al. 2013, 2019).

El registro fósil del Oligoceno se encuentra restringido a los pocos restos conocidos para la Formación San Julián, expuesta en la Patagonia Argentina y de donde provienen las especies *Parapterodactylus robustus* y *Arthrodytes andrewsi* (Acosta Hospitaleche 2005). Los registros no son muy abundantes, pero permiten reconstruir formas medianas a grandes, con una morfología esquelética más afín a la de las especies actuales que a la de los taxones del Eoceno.

Una nueva radiación y diversificación de formas se produce durante el Mioceno (e.g., Jadwiszczak 2009, Pelegrin & Acosta Hospitaleche 2022). En estas asociaciones conviven formas atribuibles a géneros completamente extintos, con especies más modernas y perteneciente a géneros actuales. La Formación Gai-

man del Mioceno inferior (Fig. 7c) de la provincia del Chubut es la que contiene la mayor parte de los restos de pingüinos (Fig. 7e-k) conocidos para la Argentina. La especie *Eretiscus tonnii* representa el pingüino de menor talla de toda América del Sur (Acosta Hospitaleche et al. 2004), y habría convivido con tres especies de *Palaeospheniscus* (*P. bergi*, *P. patagonicus* y *P. biloculata*), diferenciables principalmente por su tamaño (Acosta Hospitaleche 2007, Acosta Hospitaleche et al. 2008). Otras unidades geológicas coetáneas y correlacionables con la Formación Gaiman son las formaciones Chenque y Monte León, ambas expuestas en la Patagonia Argentina, en las cuales también se han registrado restos de pingüinos, aunque en una menor proporción. Aquí aparecen *Parapterodactylus antarcticus* y *Spheniscus urbinai* (Acosta Hospitaleche 2005, 2011). Esta última es la única especie representada en Argentina que pertenece a un género con representación actual. Este registro resulta importante dado que vincula las asociaciones miocenas de Argentina con las de la costa pacífica de Chile y Perú (Figs. 3 y 5), donde *S. urbinai* es relativamente abundante (Acosta Hospitaleche et al. 2021). Su holotipo, que comprende un esqueleto parcial (Stucchi 2003), proviene del Mioceno de la Formación Pisco en la costa de Ica (Perú).

Spheniscus urbinai se encuentra también registrada en el Mioceno medio de la Formación Bahía Inglesa, en Chile, donde también parece haber sido un taxón muy abundante (Yury-Yáñez et al. 2009, Chávez-Hoffmeister et al. 2014). La gran disponibilidad de elementos, particularmente craneales (Fig. 6d-e), ha permitido realizar extensas comparaciones, integrando información paleoneurológica, de los órganos de los sentidos y de su neumaticidad (Acosta Hospitaleche et al. 2021).

Otras dos especies del género *Spheniscus* muy frecuentes en las costas de Chile y Perú durante el Mioceno y principios del Plioceno (Fig. g-j) son *S. megaramphus* y *S. muizoni*. La primera, habría sido la especie más robusta del género, con un pico llamativamente poderoso y similar al de *S. urbinai*, muy distinto al de las especies actuales del género y llamativamente similar al de los albatros (Stucchi 2002, 2003). En el otro extremo se encuentra *S. muizoni*, la especie más pequeña del género, que fue registrada entre el Mioceno medio y tardío de la Formación Pisco (Göhlich 2007). Una última especie para este género, *S. chilensis*, conocida a partir de restos del Plioceno de Chile, representa los restos más modernos asignables a una especie fósil de *Spheniscus* (Emslie & Guerra Correa 2003).

Sobre las costas pacíficas también se registran otras tres especies pertenecientes a géneros con re-



Figura 8. *Madrynmir mirandus* (MPEF-PV 100) del Mioceno tardío de la Formación Puerto Madryn: a) cráneo en vista lateral, b) cráneo en vista dorsal, c) cráneo en vista palatal, d) fragmento de mandíbula, e) cuadrado, f) húmero, g) ulna, h) carpometacarpo, i) esternón, j) coracoides, k) escápula, l) radio, m) tibiotarso, n) cintura pélvica, o) fémur, p) tarsometatarso izquierdo en vista caudal, q) tarsometatarso izquierdo en vista lateral, r) atlas en vista craneal, s) vértebra cervical en vista caudal, t) vértebra caudal, u) pigostilo en vista lateral. Escala: 10 mm.

presentantes actuales. *Pygoscelis calderensis* del Mioceno y *P. grandis* del Plioceno, fueron colectados en localidades chilenas geográficamente cercanas, donde afloran distintos niveles de la Formación Bahía Inglesa (Acosta Hospitaleche et al. 2005, Walsh & Suárez 2006). Finalmente, *Eudyptula calauina* del Plioceno de la Formación Horcón en Chile, constituye una especie de pequeño tamaño y con fuertes vínculos con los pingüinos del mismo género que actualmente habitan las costas de Nueva Zelanda (ver Chávez-Hoffmeister et al. 2014).

Volviendo a las costas Atlánticas, se encuentra el registro de *Madrynornis mirandus* (Fig. 8), procedente del Mioceno tardío de la Formación Puerto Madryn (Argentina), esta especie constituye un taxón clave por varias razones (Acosta Hospitaleche et al. 2007). Es el registro más moderno, para América del Sur, de un género totalmente extinto; filogenéticamente, *Madrynornis* ha sido propuesto como un taxón basal a las especies actuales (Chávez-Hoffmeister et al. 2014), mientras que, en otras propuestas, forma parte del grupo corona (*crown group* en inglés) de los Sphenisciformes (Degrange et al. 2018).

De niveles más modernos solo se conoce un único registro procedente de Uruguay, que corresponde a un húmero asignado a *Spheniscus* cf. *S. magellanicus*, procedente de niveles portadores de fauna pleistocena (Acosta Hospitaleche et al. 2019). A esto se le suman los registros arqueológicos del Pingüino Patagónico (*S. magellanicus*) que han sido reportados para el Holoceno de Argentina (Cruz 2001, Gómez Otero 2006, Moreno 2008, Belardi et al. 2011, entre otros), Chile (Legoupil et al. 2011), Uruguay (Moreno 2005) y Brasil (Kneip et al. 1994, Cardoso et al. 2014, Pavei et al. 2015, Cardoso 2018).

Procellariiformes

Los albatros y petreles son aves pelágicas que se alimentan en aguas oceánicas abiertas y se distribuyen por todo el mundo (Provencher et al. 2019). Poseen un vasto registro fósil, compuesto por algunos taxones basales del Eoceno (Acosta Hospitaleche & Gelfo 2017), numerosas especies han sido incluidas en las familias Procellariidae y Diomedidae, mientras que unas pocas han sido asignadas a Hydrobatidae y Oceanitidae (Carboneras 1992). Asimismo, el orden Procellariiformes presenta una familia completamente extinta llamada Diomedidae, que no posee registros en América del Sur (Mayr et al. 2021).

Los restos sudamericanos más antiguos corres-

ponden a *Argyrodyptes microtarsus*, representado por un tibiotarso y un fémur articulados que provienen del Oligoceno tardío de la Formación San Julián en Argentina. Se trata de un espécimen de pequeño tamaño, originalmente descrito como perteneciente a los Sphenisciformes (Ameghino 1905), pero luego revisado y asignado a la familia Procellariidae (Simpson 1946, Brodkorb 1963, Tonni 1980).

Hacia el Neógeno se registra una gran diversificación y los restos son particularmente abundantes en el Mioceno-Plioceno de Chile y Perú. Esto podría obedecer a dos motivos: a una radiación de especies para el grupo, o simplemente a un sesgo tafonómico, ya que los niveles marinos depositados durante este periodo son mucho más abundantes que los del Oligoceno. Por consiguiente, las posibilidades de hallar fósiles marinos miocenos son mucho mayores que para el Oligoceno. Como resultado, se cuenta con varias especies nuevas, algunas de ellas probablemente asignables a géneros actuales, pero otras correspondientes a géneros completamente extintos.

Varios restos procedentes de la Formación Bahía Inglesa, en Chile, aún se encuentran bajo estudio (Chávez-Hoffmeister 2008), pero han sido preliminarmente asignados a familias y géneros actuales. Entre los Diomedidae, han sido mencionados un cráneo parcial y otros elementos postcraneales que fueron asignados a *Diomedea* sp. (Walsh & Hume 2001, Chávez-Hoffmeister 2007), otros dos cráneos morfológicamente afines a *Thalassarche* (Chávez-Hoffmeister 2007), y elementos varios de Diomedidae cf. *Phoebetria* (Chávez-Hoffmeister et al. 2014). Restos adicionales de Diomedidae provienen del Mioceno tardío de la Formación Coquimbo en Chañaral de Aceituna (Chávez-Hoffmeister 2007). La mayoría de los Procellariidae fueron colectados en el Mioceno tardío de la Formación Bahía Inglesa. Entre ellos, un cráneo asignado a *Pachyptila* (Sallaberry et al. 2007) y dos húmeros parciales que pertenecerían a representantes de la tribu Puffinini (*sensu* Penhallurick & Wink 2004) comparables a *Puffinus* y *Ardenna* (Chávez-Hoffmeister 2007). Un poco más modernos son los restos colectados en el Plioceno de la Formación Horcón en la Región de Valparaíso que fueron asignados a *Ardenna* cf. *A. grisea* (Chávez-Hoffmeister et al. 2014).

La avifauna del Mioceno tardío de la Formación Pisco de Perú es similar en cuanto a su composición (Fig. 5a-e). De allí se reportan Procellariidae indeterminados (de Muizon & DeVries 1985) y más recientemente, restos asociados a la tribu Puffinini y a Diomedidae indeterminados (Stucchi & Urbina 2005).

Del Mioceno temprano de la Formación Gaiman, en la Provincia del Chubut, Argentina, provienen tres restos aislados. Una falange pedal que fue asignada a un Diomedidae indeterminado (Olson 1984), y dos restos de Bryn Gwyn que corresponderían a un Procellariidae: un carpometacarpo similar al Petrel Damero *Daption capense* (Piro & Acosta Hospitaleche 2022) y un tarsometatarso afín a *Puffinus*. Estudios aún en curso podrían, sin embargo, sugerir que se tratarían de restos pertenecientes a un mismo taxón fósil (Acosta Hospitaleche & Piro en prensa).

Registros más modernos han sido reportados para el Cuaternario de Brasil, en los sitios Beirada I, II, III y IV, Moa II y Saquarema, donde afloran niveles con distintas antigüedades. Para el Pleistoceno solo se han mencionado restos asignados a *Thalassarche* cf. *T. melanophris* (Kneip et al. 1994, Lopes et al. 2006a, 2006b). Para el Holoceno, en cambio, se han reportado registros que incluyen a *Thalassarche* cf. *T. chlororhynchus*, *T.* cf. *T. melanophris*, Petrel Barba Blanca (*Procellaria aequinoctialis*), Pardela Cabeza Negra (*Ardenna gravis*) y Pardela Boreal (*Puffinus puffinus*) (Kneip et al. 1994). Finalmente, para el Cuaternario de las Islas Galápagos en Ecuador se mencionan también algunos restos de Procellariidae. Un fémur fragmentario que posiblemente corresponda a la Pardela de Audubon (*Puffinus lherminieri*) proviene de la Isla Sombrero Chino (Johnson et al. 2010), mientras que restos hallados en cuevas de Isla Floreana han sido asignados a la Pardela de Audubon, al Petrel de Galápagos (*Pterodroma phaeopygia*) y al Paño de Madeira (*Hydrobates castro*) (Steadman 1986).

Suliformes

Los Suliformes son un grupo de aves que se alimentan de peces, calamares, crustáceos y otros invertebrados. Algunas especies son excelentes buceadoras mientras que otras son buenas voladoras. Su distribución es cosmopolita y habitan tanto ambientes marinos como de agua dulce (Jelich et al. 2022). Incluye cuatro familias (Anhingidae, Sulidae, Phalacrocoracidae y Fregatidae) (Chesser et al. 2010), de las cuales Sulidae, Phalacrocoracidae y Fregatidae habitan ambientes marinos y poseen representantes fósiles en América del Sur.

Los Sulidae son particularmente abundantes en el Mioceno de Perú, donde se han descrito numerosas especies fósiles para el Mioceno tardío y Plioceno temprano de la Formación Pisco. *Sula brandi* es un Sulidae de tamaño mediano del Mioceno tardío que está representado por un cráneo que ha conservado parte

del pico. *Sula figueroae*, de la misma antigüedad, está basado en un esqueleto parcial que incluye el cráneo y otros restos postcraneales asociados. Finalmente, *Ramphastosula aguirrei* y *R. ramirezi* fueron descritos a partir de cráneos casi completos que provienen del Mioceno tardío-Plioceno temprano de la Formación Pisco (Stucchi & Urbina 2004, Stucchi et al. 2015).

De los mismos niveles provienen materiales asignados a *Sula* aff. *variegata* (Stucchi 2003), *S. magna*, que representa la especie de mayor tamaño del género, *S. sulita* que se encuentra en el otro extremo del espectro de tamaños y fue nominado a partir de un coracoides muy pequeño, y *Morus peruvianus*, representada por un ala parcial de mediana talla y proporciones únicas entre las demás especies del género (Stucchi 2003). En la Formación Bahía Inglesa los registros son un poco más escasos, y los restos estudiados hasta el momento han sido asignados al género *Sula* (Walsh & Hume 2001). Asimismo, otros Sulidae se han reportado para dos sitios con niveles del Holoceno en Brasil. Los restos de Pernambuco pertenecerían a *Sula* (Olson 1981), mientras que los de Río de Janeiro, corresponderían al Piquero Pardo (*Sula leucogaster*) y *Sula* sp. (Kneip et al. 1975).

Los Phalacrocoracidae más antiguos corresponden a restos indeterminados que provienen del Oligoceno tardío y Mioceno temprano de la Cuenca Taubaté, en San Pablo, Brasil (Alvarenga 1993). Se debe considerar, sin embargo, que los sedimentos que rellenan esta cuenca son exclusivamente continentales, como probablemente lo han sido las aves que allí se registran (Vidal et al. 2004). Un poco más modernos son los restos, también asignados a nivel familiar, de la Formación Pisco de Perú (Urbina & Stuchi 2005). Para el Mioceno tardío de la Formación Bahía Inglesa y en el Plioceno de la Formación Horcón, en Chile, se han reportado restos asignados al género *Nannopterum* (Walsh & Hume 2001, Chávez-Hoffmeister et al. 2014).

Los registros más modernos de cormoranes corresponden a registros cuaternarios. Un Biguá (*Nannopterum brasiliense*) y un Guanay (*Leucocarbo bougainvillii*) fueron colectados en una serie de depósitos fosilíferos de asfalto del Pleistoceno tardío denominados “Talara Tar Seeps” que afloran en el noroeste del Perú (Campbell 1979). Restos asignados a *Nannopterum* sp. (Paulo 2009) y a un Biguá provienen del Cuaternario de Brasil (Winge 1887, Kneip et al. 1994) y del Holoceno de Tierra del Fuego (Causey & Lefèvre 2007). En los niveles cuaternarios de Última Esperanza, un sistema de cuevas conocido como Cuevas de Milodón en el sur de Chile, también fue hallado un

Biguá (Acosta Hospitaleche et al. 2020). El Guanay es también conocido para el Pleistoceno tardío de Huaca Prieta en Perú (Dillehay et al. 2012). Finalmente, la representación fósil del linaje Fregatidae presenta un registro más restringido. Restos de un ejemplar indeterminado, similar al Rabihorcado Chico (*Fregata ariel*), fueron descriptos para el Holoceno de Pernambuco, en Brasil (Olson 1975, Orta et al. 2016).

Pelecaniformes

Los Pelecaniformes son un grupo de aves marinas de mediano porte que se alimentan de peces e invertebrados que capturan en los mares. Poseen una distribución cosmopolita en la actualidad y se encuentran representados en América del Sur desde el Mioceno (Altamirano-Sierra 2013).

Del Mioceno tardío de la Formación Pisco (Perú), provienen restos que, por sus similitudes morfológicas con los representantes actuales, fueron asignados a un Pelicano representante del género *Pelecanus* (Altamirano-Sierra 2013). De niveles coetáneos de la Formación Paraná, en el noreste de Argentina, proviene una pelvis casi completa también asignada a *Pelecanus* sp. (Noriega et al. 2022). Finalmente, el Pelicano Pardo (*Pelecanus thagus*), constituye el único registro conocido para depósitos del Pleistoceno tardío-Holoceno de Chile y Perú (Dillehay et al. 2012).

Pelagornithidae

Los Pelagornithidae o aves pseudo-dentadas, constituyen un grupo de aves completamente extinto que vivió en todo el mundo durante la mayor parte del Cenozoico (Bourdon 2005, Bourdon et al. 2010, Mayr et al. 2021). Las relaciones filogenéticas de este linaje con los demás grupos de aves no están claras, y en el pasado se los ha vinculado con los Anseriformes y con los Procellariiformes, aunque actualmente se los considera como un grupo *incertae sedis* dentro de las Neornithes (Wetmore 1928, Howard 1957, 1978, Brodkorb 1962, Harrison & Walker 1976, Olson 1985, Goedert 1989, Bourdon 2005, Bourdon et al. 2010, Mayr 2011).

Anatómicamente, se caracterizan por prolongaciones óseas ubicadas a lo largo del pico que constituyen denticulos o pseudo-dientes. Presentaban las mayores envergaduras alares de todas las aves, con alas angostas y altamente especializadas para vuelos planeados prolongados (Ksepka 2014). Eran predominantemente aves de hábitos marino-costeros, y probablemente se alimentaban de crustáceos, moluscos y pequeños peces que capturaban en los océanos (Lou-

chart et al. 2013, Piro & Acosta Hospitaleche 2023).

Uno de los registros más importantes para América del Sur es el de *Pelagornis chilensis* (Fig. 6f), cuyo esqueleto completo fue hallado en niveles del Mioceno medio-Plioceno temprano de la Formación Bahía Inglesa, en la localidad El Morro de Chile (Mayr & Rubilar-Rogers 2010). A esto se suman otros restos fragmentarios que provienen de la misma unidad (Walsh & Hume 2001, Chávez-Hoffmeister et al. 2007) y del Mioceno tardío-Plioceno de la Formación Pisco, Perú (Cheneval 1993, Chávez-Hoffmeister et al. 2007). Finalmente, también se conocen restos para Venezuela. Un fragmento mandibular proviene de la Formación Castillo (Mioceno temprano) el sitio Cerro La Cruz en el estado Lara (Solórzano & Rincón 2015) y un fragmento rostral con denticulos proviene de la Formación Capadare (Mioceno medio) de Cueva del Zumbador, en la localidad de Cerro Misión del estado de Falcón (Rincón & Stucchi 2003, Horovitz & Sánchez Villagra 2012).

También debe ser mencionado un cráneo que habría sido colectado en Brasil y transportado a Alemania, donde desafortunadamente fue destruido durante la Segunda Guerra Mundial que, de acuerdo a las imágenes publicadas, sin dudas correspondería a un Pelagornithidae (Spulski 1910). El material fue asignado a la nueva especie *Pseudodontornis longirostris*, género hoy sinonimizado con *Pelagornis*, y revisado luego por Lambrecht (1930). Sin embargo, su procedencia geográfica y estratigráfica permanecen inciertas (Olson 1985, Mayr & Rubilar-Rogers 2010).

Gaviiformes

El registro más antiguo de un ave marina para América del Sur corresponde a un tarsometatarso procedente de Formación Quiriquina del Cretácico Superior (Maastrichtiano) de Chile, denominado *Neogaeornis wetzeli*. El fósil (Fig. 2 d-e) presenta características anatómicas propias de una Neornithes buceadora; así lo sugieren los tarsometatarsos completamente fusionados en toda su extensión y la diáfisis comprimida mediolateralmente, como en los actuales Gaviiformes y Podicipediformes.

El escaso material conocido hasta el momento ha hecho difícil su clasificación. Martin & Tate (1976) argumentan que sería afín a los Hesperornithiformes al considerar que carece de hipotarso y forámenes proximales, y porque la tróclea IV se extiende ligeramente más distalmente que la tróclea III, mientras que el tamaño similar de estas trócleas los induce a

pensar que sería más cercana a Baptornithidae que a Hesperornithidae (Cracraft 1982).

Sin embargo, cuando Olson (1992) re-evalúa el material, nota que el hipotarso habría estado presente y se habría erosionado, que efectivamente presenta forámenes vasculares proximales y que el tarsometatarso es proporcionalmente más elongado que en los Hesperornithiformes conocidos. *Neogaeornis* es entonces asignado a Gaviiformes, por su diáfisis más comprimida lateralmente, la presencia de una cresta lateral en el extremo próximo anterior, sus trócleas metatarsales angostas, y el foramen distal y base de la tróclea medial ubicadas más proximales. Estos caracteres resultan relevantes, dado que la discusión acerca de su asignación sistemática no ha concluido en la comunidad paleontológica. Los Gaviiformes son un grupo con una distribución eminentemente septentrional, tanto en el pasado como en la actualidad, aunque *Neogaeornis* podría constituir una excepción, e inclusive ser sinónimo de *Polarornis gregorii*, un ave buceadora descrita para la Formación López de Bertodano, del Maastrichtiano de Isla Marambio (Seymour), también considerado como perteneciente a los Gaviiformes por algunos autores (Olson 1992, Chatterjee 2000, Acosta Hospitaleche & Gelfo 2015). Asimismo, también se ha establecido como un taxón más afín a *Vegavis iai*, un Anseriformes del Maastrichtiano de Antártida en otras propuestas filogenéticas (Agnolín et al. 2017). Si bien Schneider (1940) menciona un segundo tarsometatarso para la especie, procedente de un área conocida como Vegas de Hualpén (Gualpén en Schneider 1940) en la Bahía San Vicente, que probablemente corresponde a la Formación Quiriquina, éste se encuentra perdido y no ha sido dibujado, fotografiado ni descrito formalmente (Olson 1992).

Anseriformes

Se ha sugerido que *Neogaeornis wetzelli* sería sinónimo junior de *Polarornis gregorii* del Cretácico de Antártida (Olson 1992) y que ambos podrían ser asignados a un clado de Anseriformes basales (Agnolín et al. 2017). No obstante, ante la falta de consenso en este sentido, en esta revisión se ha optado por mencionar a *Neogaeornis* como perteneciente a las aves Gaviiformes, siguiendo la asignación original al momento de su descripción. Por tanto, dentro de los Anseriformes, solo se realiza el reporte de *Cayao brunetti* (Tonni 1979, Noriega et al. 2008).

Cayao (Fig. 7d) habría sido un género de patos buceadores, muy abundante y exclusivamente registrado en las costas del Mioceno temprano de Bryn Gwyn, en

Argentina (De Mendoza 2019). Las especializaciones anatómicas observadas en los elementos de las patas como la compactación del fémur, también observada en los Spheniscidae, *Polarornis* y *Hesperornis*, el fémur curvado, que también se desarrolló en *Podiceps* por ejemplo, son rasgos que de forma convergente, permiten inferir que *Cayao* se encontraba altamente adaptado al buceo. Por otro lado, la reducción de los elementos del ala y el cálculo de la carga alar sugieren que este linaje habría perdido la capacidad de volar (De Mendoza 2019).

Charadriiformes

Este grupo de aves está compuesto por diversas familias que ocupan una amplia variedad de hábitats y se distribuyen en todo el mundo. Varias de ellas están relacionadas con los ambientes acuáticos, y algunas especies como las incluidas en las familias Laridae y Rynchopidae, se encuentran más vinculadas al mar (Winkler et al. 2020b). El registro fósil de estos grupos no se remonta muy atrás en el tiempo y se trata en todos los casos de restos asignados a especies vivientes.

Para el Pleistoceno tardío de La Carolina en la Península Santa, en el sudoeste de Ecuador, fueron citados dos Laridae, la Gaviota Chica (*Leucophaeus pipixcan*) y el Gaviotín Inca (*Larosterna inca*) (Campbell 1976). Para el Pleistoceno tardío del “Talara Tar Seeps” de Perú, que posee una avifauna similar a la de La Carolina, se han atribuido fósiles a la Gaviota Chica, a la Gaviota Reidora (*Leucophaeus atricilla*) (Campbell 1979) y restos indeterminados atribuidos al género *Larus* (Dillehay et al. 2012). Para el Holoceno de Río de Janeiro en Brasil, fueron citados dos Laridae, el Gaviotín Pico Amarillo (*Thalasseus sandvicensis eurygnathus*) y un *Thalasseus* sp. (Kneip et al. 1975, 1994). Finalmente, para el Cuaternario de Brasil, en Minas Gerais, se ha reportado un carpometacarpo similar al Rayador (*Rynchops niger*), un Rynchopidae, pero más pequeño (Winge 1887).

Otros registros sujetos a verificación

Un fragmento de tarsometatarso procedente del Cretácico superior de la Formación Chorrillo en cercanías a la ciudad del Calafate (Provincia de Santa Cruz, Argentina), ha sido recientemente referido a un Hesperornithiformes (Álvarez-Herrera et al. 2023). Los Hesperornithiformes fueron un grupo de aves marinas buceadoras, cuyos restos sólo se han hallado hasta el momento en localidades del Cretácico para el hemisferio norte (Mayr 2016).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Luego de haber repasado los registros de aves marinas de América del Sur, resulta evidente que las interpretaciones basadas en el registro fósil deben ser tomadas con cautela, ya que solo se dispone de una muestra parcial del ecosistema original. No obstante, este registro constituye una herramienta insustituible para analizar la historia evolutiva y los principales patrones biogeográficos de cada linaje. La historia evolutiva de las aves marinas se encuentra ligada a los cambios de temperatura que han experimentado las aguas de los océanos, ya sea por los cambios de temperaturas globales, como por el establecimiento de corrientes locales.

Luego del óptimo climático del Paleoceno y Eoceno temprano, las aguas habrían experimentado un enfriamiento hacia el Eoceno medio (Hollis et al. 2009, Tierney et al. 2017). Eventos de dispersión de fauna como el que habría resultado en la llegada de los primeros pingüinos a Sudamérica durante el Eoceno medio, son explicados por estos cambios regionales (Pelegrín & Acosta-Hospitaleche 2022). Estas hipótesis son soportadas por los hallazgos de *Palaeudyptes gunnari* en Tierra del Fuego (Argentina) y *Palaeudyptes* sp. en la región de Magallanes (Chile). *P. gunnari*, junto con *P. klekowskii*, son los taxones más frecuentemente hallados en el Eoceno de la Antártida. A partir de este mismo stock de especies ancestrales, habrían surgido *Perudyptes devriesi*, *Icadyptes salasi* e *Inkayaku paracasensis*, géneros de pingüinos filogenéticamente vinculados a *Palaeudyptes*, que se registran en el Eoceno de Perú. La presencia de estos taxones habría sido el resultado de dos dispersiones consecutivas bajo condiciones templadas que quedaron evidenciadas en las formaciones Otuma y Paracas (Clarke et al. 2007). Asimismo, se conoce que la fauna de invertebrados asociada indica condiciones costeras cercanas para las áreas de los hallazgos (DeVries et al. 2017).

Hacia el Oligoceno, juntamente con la radiación de mamíferos odontocetos, la diversidad de aves pelágicas habría decaído. Las formas de gran porte, como los pingüinos gigantes, se habrían extinguido debido a la presión competitiva impuesta por estos grandes depredadores de los océanos (Fordyce & Jones 1990).

No obstante, en el Mioceno se observa un cambio importante a nivel de las asociaciones marinas. El establecimiento de las corrientes frías de Humboldt y Malvinas habría generado un hábitat propicio para las faunas vinculadas a aguas frías. América del Sur se consolida como uno de los refugios, donde los pingüinos experi-

mentan una gran radiación de especies y muchas de las adaptaciones de sus ancestros se establecen como exaptaciones para enfrentar condiciones ambientales cada vez más frías. Mientras que la presencia de pingüinos se vio favorecida por el establecimiento de corrientes oceánicas frías, condiciones más benignas en ambientes más cercanos a la costa, o aun en tierra firme, permitieron el establecimiento de otros grupos.

Las primeras asociaciones neógenas se encuentran en el Mioceno temprano de la Provincia de Chubut, donde *Eretiscus tonni*, *Palaeospheniscus bergi*, *P. patagonicus*, *P. biloculata* y *Paraptenodytes antarcticus* formaban extensas colonias. Probablemente, una fuerte partición de nichos habría permitido la coexistencia en simpatria de todas estas especies. La mayor diversidad de aves marinas se concentra, sin embargo, en las formaciones Bahía Inglesa y Pisco. Óptimas condiciones climáticas confluyeron con una excelente preservación del registro fósil, brindando una amplia asociación de piqueros (*Sula brandi*, *S. figueroae*, *S. aff. variegata*, *S. magna*, *S. sulita*, *Rhamphastosula aguirrei*, *R. ramirezi*, *Morus peruvianus*), albatros, petreles, priones y pardelas (*Procellariidae* y *Diomedidae* indeterminados y *Pachyptila* sp.), aves pseudo-dentadas (*Pelagornis chilensis*), cormoranes (*Phalacrocoracidae* indeterminados) y pelicanos (*Pelecanus* sp.). Cuatro especies fósiles de *Spheniscus* (*S. megaramphus*, *S. urbinai*, *S. muizoni* y *S. chilensis*) y dos de *Pygoscelis* (*P. grandis* y *P. calderensis*) conformaban la fauna de pingüinos de estas unidades.

Es oportuno destacar que, entre todos estos registros, solo dos taxones son compartidos entre las asociaciones pacíficas (formaciones Pisco y Bahía Inglesa) y las atlánticas (formaciones Gaiman, Chenque, Monte León y Puerto Madryn), lo cual sugiere una afinidad menor entre ambas regiones. Un único representante de *Palaeospheniscus* (dominante en la Formación Gaiman) fue descrito para el Mioceno tardío de la Formación Chilcatay, en Perú (Acosta Hospitaleche & Stucchi 2005). Un espécimen de *Spheniscus urbinai* (ampliamente registrado en las formaciones Pisco y Bahía Inglesa), fue hallado en la Formación Chenque, en Argentina (Acosta Hospitaleche 2011, Acosta Hospitaleche et al. 2021).

Los niveles del Mioceno medio de la Formación Pisco (Perú) atestiguan un paleoambiente cálido, semicerrado y cercano a la costa. Sin embargo, hacia el Mioceno tardío, se habrían desarrollado condiciones de aguas más abiertas, con especies que resultaron precursoras de las faunas modernas. Las intrincadas redes tróficas habrían estado basadas principalmente en la disponibilidad y riqueza de peces pequeños y

medianos, que sirvieron de alimento no solo a las aves marinas, sino también a otros vertebrados de gran porte como los tiburones y cetáceos (Collareta et al. 2021).

Tras experimentar grandes eventos de especiación, *Spheniscus* se expandió hacia latitudes templadas o subtropicales, mientras que linajes como *Pygoscelis* y *Aptenodytes* desarrollaron la capacidad de colonizar los ambientes climáticos más duros. Esta nueva etapa, donde persisten taxones hoy extintos conjuntamente con especies más modernas, se encuentra reflejada en las faunas de los niveles más altos de las formaciones Bahía Inglesa y Pisco. No se cuenta, sin embargo, con asociaciones coetáneas que permitan analizar estos fenómenos en más altas latitudes.

Es recién en los niveles Pliocenos, donde la configuración avifaunística se asemeja a los ensamblajes actuales. La Formación Horcón, en Chile, es la más importante de toda América del Sur para esta antigüedad, ya que presenta una gran cantidad y abundancia de especies, que corresponden en su totalidad a familias modernas que constituyen un ensamble mixto. A futuro se espera que los constantes descubrimientos brinden nuevos datos para analizar con mayor profundidad la historia evolutiva de las aves marinas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los curadores Marcelo Reguero, Martín de los Reyes, Yolanda Davies, María Encarnación Pérez, Eduardo Ruigómez, Rodolfo Salas-Gismondi y David Rubilar por el acceso a los materiales. A Matthias Alberti por las imágenes. A los dos revisores anónimos por sus sugerencias y a los editores de El Hornero y del presente Volumen Especial por su importante labor y dedicación. A la UNLP (PID N955) y al CONICET (PIP0096) por su constante soporte.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Achurra LE (2004) *Cambios del nivel del mar y evolución tectónica de la cuenca neógena de Caldera, III Región*. Tesis de magisterio (inérita), Universidad de Chile, Santiago
- Achurra LE, Lacassie JP, Le Roux JP, Marquardt C, Belmar M, Ruiz-del-Solar J, Ishman SE (2009) Manganese Nodules in the Miocene Bahía Inglesa Formation, North-Central Chile: Petrography, Geochemistry, Genesis and Palaeoceanographic Significance. *Sedimentary Geology* 217 (1–4):128–139. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2009.03.016>
- Acosta Hospitaleche C (2005) Systematic revision of *Archrodytes* Ameghino, 1905 (Aves, Spheniscidae) and its assignment to the Paraptenodytinae. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen* 7:404–414. <https://doi.org/10.1127/njgpm/2005/2005/404>
- Acosta Hospitaleche C (2007) Revisión sistemática de *Palaeospheniscus biloculata* (Simpson) nov. comb. (Aves, Spheniscidae) de la Formación Gaiman (Mioceno Temprano), Chubut, Argentina. *Ameghiniana* 44 (2):417–426
- Acosta Hospitaleche C (2011) A new early Miocene penguin skull from Patagonia: taxonomic and paleobiological value. *Ameghiniana* 48 (4):642–647. [https://doi.org/10.5710/AMGH.v48i4\(371\)](https://doi.org/10.5710/AMGH.v48i4(371))
- Acosta Hospitaleche C (2014) New penguin giant bones from Antarctica: systematic and paleobiological significance. *Comptes Rendus Palevol* 13:555–560. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2014.03.008>
- Acosta Hospitaleche C, Carabajal AP, Yury-Yáñez R (2021) The skull of the Miocene *Spheniscus urbinai* (Aves, Sphenisciformes): Osteology, brain morphology, and the cranial pneumatic systems. *Journal of Anatomy* 239 (1):151–166. <https://doi.org/10.1111/joa.13403>
- Acosta Hospitaleche C, Castro L, Tambussi C, Scasso RA (2008) *Palaeospheniscus patagonicus* (Aves, Sphenisciformes): new discoveries from the early Miocene of Argentina. *Journal of Paleontology* 82 (3):565–575. <https://doi.org/10.1666/07-014.1>
- Acosta Hospitaleche C, Gelfo JN (2015) New Antarctic findings of Upper Cretaceous and lower Eocene loons (Aves: Gaviiformes). *Annales de Paléontologie* 101(4):315–324. <https://doi.org/10.1016/j.annpal.2015.10.002>
- Acosta Hospitaleche C, Gelfo JN (2017) Procellariiform remains and a new species from the latest Eocene of Antarctica. *Historical Biology* 29 (6):755–769. <https://doi.org/10.1080/08912963.2016.1238470>
- Acosta Hospitaleche C, Griffin M, Asensio M, Cione AL, Tambussi C (2013) Middle Cenozoic penguin remains from the Patagonian Cordillera. *Andean Geology* 40 (3):490–503. <https://doi.org/10.5027/andgeov40n3-a05>
- Acosta Hospitaleche C, Jones WW, Montenegro FH, Rinderknecht A, Chappore D (2019) First penguin fossil (Aves, Spheniscidae) from Uruguay. *Journal of South American Earth Sciences* 96. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102332>
- Acosta Hospitaleche C, Olivero E (2016) Re-evaluation of the fossil penguin *Palaeudyptes gunnari* from the Eocene Leticia Formation, Argentina: additional material, systematics and palaeobiology. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology* 40 (3):373–382. <https://doi.org/10.1080/03115518.2016.1144994>
- Acosta Hospitaleche C, Picasso MB, Pérez LM (2020) Integrative analysis of the quaternary avian remains from Última Esperanza, Chile. *Journal of South American Earth Sciences* 102: 102673. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102673>
- Acosta Hospitaleche C, Piro A (en prensa) A review of marine birds from the Miocene Bryn Gwyn locality.

- En: Vertebrate Paleontology of Bryn Gwyn (Gaiman). Springer (Earth System Sciences)
- Acosta Hospitaleche C, Stucchi M (2005) Nuevos restos terciarios de Spheniscidae (Aves, Sphenisciformes) procedentes de la costa del Perú. *Journal of Palaeontology* 20 (1):1-5. <https://doi.org/10.7203/sjp.20.1.20542>
- Acosta Hospitaleche C, Tambussi C, Cozzuol M (2004) *Eretiscus tonnii* (Simpson) (Aves, Sphenisciformes): materiales adicionales, status taxonómico y distribución geográfica. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 6 (2):233-237
- Acosta Hospitaleche C, Tambussi C, Donato M, Cozzuol M, Manabe M, Tsuihiji T, Novas F (2007) A new Miocene penguin from Patagonia and its phylogenetic relationships. *Acta Palaeontologica Polonica* 52 (2):299-314
- Agnolín FL, Egli FB, Chatterjee S, Marsà JA, Novas FE (2017) Vegaviidae, a new clade of southern diving birds that survived the K/T boundary. *The Science of Nature* 104:1-9
- Ainley DG (1980) Birds as marine organisms: a review. *CalCOFI Rep* 21:48-53
- Altamirano-Sierra AJ (2013) Primer registro de pelicano (Aves: Pelecanidae) para el Mioceno tardío de la formación Pisco, Perú. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* 42:1-12. <https://doi.org/10.4000/bifea.700>
- Alvarenga HMF (1993) A origem das aves e seus fósseis. En: Andrade MAA (eds) A vida das Aves: Introdução à Biologia e Conservação. *Littera Maciel, Belo Horizonte*, pp 16-26
- Álvarez-Herrera GP, Rozadilla S, Agnolín F, Motta MJ, Manabe M, Tsuihiji T, Novas F (2023) Primer Registro De Hesperornithiformes Para El Cretácico (Maastrichtiano; Formación Chorrillo) De América De Sur. Libro de Resúmenes: p.12. General Roca
- Ameghino F (1905) Enumeración de los impennes fósiles de Patagonia y la isla Seymour. *An. Mus. Nac. Bs. As.* 3:97-167
- Belardi JB, Carballo Marina F, L'heureux GL (2011) Nuevos resultados arqueológicos en Cabo Vírgenes (Santa Cruz, Argentina): el sitio Cabo Vírgenes 20. *Magallania (Punta Arenas)* 39 (2):279-292
- Bianucci G, Sorbi S, Suárez ME, Landini W (2006) The southernmost sirenian record in the eastern Pacific Ocean, from the Late Miocene of Chile. *Comptes Rendus Palevol* 5 (8):945-952. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2006.06.001>
- Biró-Bagoczky L (1982) Revisión y redefinición de los 'Estratos de Quiriquina', Campaniano-Maastrichtiano, en su localidad tipo, en la Isla Quiriquina, 36°37' Lat. Sur, Chile, Sudamérica, con un perfil complementario en Cocholegüe. *Congreso Geológico Chileno*, No. 3, Actas 1:29-64. Concepción
- Bosio G, Gioncada A, Malinverno E, Di Celma C, Villa IM, Cataldi G, Gariboldi K, Collareta A, Urbina M, Bianucci G (2019) Chemical and petrographic fingerprinting of volcanic ashes as a tool for high-resolution stratigraphy of the upper Miocene Pisco Formation (Peru). *Journal of the Geological Society* 176 (1):13-28. <https://doi.org/10.1144/jgs2018-071>
- Bosio G, Malinverno E, Collareta A, Di Celma C, Gioncada A, Parente M, Berra F, Marx FG, Vertino A, Urbina M, Bianucci G (2020a) Strontium Isotope Stratigraphy and the thermophilic fossil fauna from the middle Miocene of the East Pisco Basin (Peru). *Journal of South American Earth Sciences* 97:102399. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102399>
- Bosio G, Malinverno E, Villa I, Di Celma C, Gariboldi K, Gioncada A, Barverini V, Urbina M, Bianucci G (2020b) Tephrochronology and chronostratigraphy of the Miocene Chilcatay and Pisco formations (East Pisco basin, Peru). *Newsletters on Stratigraphy* 53 (2):213-247. <https://doi.org/10.1127/nos/2019/0525>
- Bourdon E (2005) Osteological evidence for sister group relationship between pseudo-toothed birds (Aves: Odontopterygiformes) and waterfowls (Anseriformes). *Naturwissenschaften* 92:586-591. <https://doi.org/10.1007/s00114-005-0047-0>
- Bourdon E, Amaghaz M, Bouya B (2010) Pseudotoothed birds (Aves, Odontopterygiformes) from the early Tertiary of Morocco. *American Museum Novitates*: 1-71. <https://doi.org/10.1206/3704.2>
- Brodkorb P (1962) The systematic position of two Oligocene birds from Belgium. *Auk* 79:706-707. <https://doi.org/10.2307/4082652>
- Brodkorb P (1963) Catalogue of fossil birds. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences* 7:179-293. <https://doi.org/10.58782/flmnh.wyett5564>
- Buatois LA, Bromley RG, Mangano MG, Bellosi E, Carmo NB (2003) Ichnology of Shallow Marine Deposits in the Miocene Chenque Formation of Patagonia: complex Ecologic Structure and Niche Partitioning in Neogene Ecosystems. *Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina* 9:85-95
- Campbell KE (1976) The late Pleistocene avifauna of La Carolina, southwestern Ecuador. *Collected papers in avian paleontology honoring the 90th birthday of Alexander Wetmore*, 155-168. <https://doi.org/10.5479/si.00810266.27.155>
- Campbell KE (1979) The Non Passerine Pleistocene Avifauna Of The Talara Tar Seeps Northwestern Peru. *Royal Ontario Museum, Toronto* <https://doi.org/10.5962/bhl.title.52133>
- Carboneras C (1992) Handbook of the Birds of the World. Lynx, Barcelona
- Cardoso JM (2018) *O sítio costeiro Galheta IV: uma perspectiva zooarqueológica*. Disertación doctoral, Universidade de São Paulo <https://doi.org/10.11606/d.71.2019.tde-27112018-142710>
- Cardoso JM, May-Junior JA, Farias DSED, Blasis PADD (2014) Zooarqueologia do sítio Galheta IV: um enfoque nos vestígios do pinguim-de-magalhães (*Spheniscus magellanicus*, Spheniscidae). *Arqueofauna e Paisagem*, Habilis Press, Brasil

- Causey D, Lefèvre C (2007) Diagnostic osteology and analysis of the Mid-to Late Holocene dynamics of shags and cormorants in Tierra del Fuego. *International Journal of Osteoarchaeology* 17 (2):119-137. <https://doi.org/10.1002/oa.865>
- Chatterjee S (2000) The morphology and systematics of *Polarornis*, a Cretaceous loon (Aves: Gaviidae) from Antarctica. Pp.125-155 en: Proceedings of the 5th Symposium of the Society of Avian Paleontology and Evolution, Beijing
- Chávez-Hoffmeister M (2007) Fossil birds of Chile and Antarctic Peninsula. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 65(4): 551-572
- Chávez-Hoffmeister M (2008) *La Ornitofauna de la Formación Bahía Inglesa, Caldera, Chile*. Memoria de Título (Inédito), Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias
- Chávez-Hoffmeister M, Briceño JDC, Nielsen SN (2014) The evolution of seabirds in the Humboldt Current: New clues from the Pliocene of central Chile. *PLoS One* 9:e90043. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090043>
- Chávez-Hoffmeister M, Stucchi M, Urbina M (2007) El registro de Pelagornithidae (Aves: Pelecaniformes) y la avifauna neógena del Pacífico sudeste. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines* 36:175-197. <https://doi.org/10.4000/bifea.3780>
- Cheneval J (1993) L'avifaune Mio-Pliocene de la Formation Pisco (Pérou). Etude préliminaire. *Documents des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon* 125:85-95
- Chesser RT, Banks RC, Barker FK, Cicero C, Dunn JL, Kratter AW, Lovette JJ, Rasmussen PC, Remsen Jr JV, Rising JD, Stotz JDF, Winker K (2010) Fifty-first supplement to the American Ornithologists' Union check-list of North American birds. *The Auk* 127 (3):726-744
- Chinsamy A, Chiappe LM, Dodson P (1995) Mesozoic avian bone microstructure: physiological implications. *Paleobiology* 21:561-574. <https://doi.org/10.1017/s0094837300013543>
- Clarke JA, Ksepka DT, Salas-Gismondi R, Altamirano AJ, Shawkey MD, D'Alba L, Vinther J, DeVries TJ, Baby P (2010) Fossil Evidence for Evolution of the Shape and Color of Penguin Feathers. *Science* 330 (6006):954-957. <https://doi.org/10.1126/science.1193604>
- Clarke JA, Ksepka DT, Stucchi M, Urbina M, Giannini N, Bertelli S, Narváez Y, Boyd CA (2007) Paleogene equatorial penguins challenge the proposed relationship between biogeography, diversity, and Cenozoic climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (28):11545-11550. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611099104>
- Collareta A, Lambert O, Marx FG, de Muizon C, Varas-Malca R, Landini W, Bosio G, Malinverno E, Gariboldi K, Gioncada A, Urbina M, Bianucci G (2021) Vertebrate palaeoecology of the Pisco Formation (Miocene, Peru): glimpses into the ancient Humboldt Current ecosystem. *Journal of Marine Science and Engineering* 9 (11):1188. <https://doi.org/10.3390/jmse9111188>
- Cracraft J (1982) Phylogenetic relationships and monophyly of loons, grebes, and hesperornithiform birds, with comments on the early history of birds. *Systematic Zoology* 31 (1):35-56. <https://doi.org/10.2307/2413412>
- Cruz I (2001) Los pingüinos como presas durante el Holoceno. Información biológica, fósil y arqueológica para discutir su disponibilidad en el sur de Patagonia. *Archaeofauna* 10:99-112.
- Cuitiño JI, Bilmes A, Buono MR, Bordese S, Herazo L, Scasso RA (2023) Stratigraphy, provenance, and timing of neogene sedimentation in the western valdés basin, Patagonia. Accurate paleogeographic reconstructions as a key piece for andean-passive margin integration. *Journal of South American Earth Sciences* 124:104278. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104278>
- Cuitiño JI, Buono MR, Viglino M, Farroni ND, Bessone S (2019a) Factors affecting the preservation and distribution of cetaceans in the lower Miocene Gaiman Formation of Patagonia, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 526:110-125. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.03.013>
- Cuitiño JI, Dozo MT, Claudia J, Buono MR, Palazzesi L, Fuentes S, Scasso RA (2017) Miocene marine transgressions: paleoenvironments and paleobiodiversity. Pp. 47-84 en: Bouza P, Bilmes A (eds) Late Cenozoic of Península Valdés, Patagonia, Argentina: an interdisciplinary approach. Cham: Springer
- Cuitiño JI, Varela AN, Ghiglione M, Richiano SM, Poire DG (2019b) The Austral-Magallanes Basin (southern Patagonia): a synthesis of its stratigraphy and evolution. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 26 (2):155-166
- De Mendoza RS (2019) Phylogenetic relationships of the Early Miocene diving and flightless duck *Cayaoa bruneti* (Aves, Anatidae) from Patagonia: homology or convergence? *Papers in Palaeontology* 5 (4):743-751. <https://doi.org/10.1002/spp2.1268>
- De Muizon C, DeVries TJ (1985) Geology and paleontology of late Cenozoic marine deposits in the Sacaco area (Peru). *Geologische Rundschau* 74 (3):547-563. <https://doi.org/10.1007/bf01821211>
- De Ricqlès A, de Buffrènil V (2001) Bone histology, heterochronies and the return of tetrapods to life in water: were are we? Pp. 289-310 en: Mazim JM, de Buffrènil V (eds) Secondary Adaptation of Tetrapods to Life in Water. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munich
- Degrange FJ, Ksepka DT, Tambussi CP (2018) Redescription of the oldest crown clade penguin: cranial osteology, jaw myology, neuroanatomy, and phylogenetic affinities of *Madrynornis mirandus*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 38 (2):e1445636. <https://doi.org/10.1080/02724634.2018.1445636>
- DeVries TJ (1998) Oligocene deposition and Cenozoic sequence boundaries in the Pisco Basin (Peru). *Journal of South American Earth Sciences* 11 (3): 217-231. [https://doi.org/10.1016/s0895-9811\(98\)00014-5](https://doi.org/10.1016/s0895-9811(98)00014-5)
- DeVries TJ, Barron JA, Urbina M, Ochoa D, Esperante R, Snee LW (2021) The Miocene stratigraphy of the Labe-

- rinto area (Río Ica Valley) and its bearing on the geological history of the East Pisco Basin (south-central Peru). *Journal of South American Earth Sciences* 111:103458. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103458>
- DeVries TJ, Narváez Y, Sanfilippo A, Malumian N, Tapia P (2006) New microfossil evidence for a late Eocene age of the Otuma Formation (Southern Peru). XIII Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú, pp 615-618
- DeVries TJ, Urbina M, Jud NA (2017) The Eocene-Oligocene Otuma depositional sequence (East Pisco Basin, Peru): paleogeographic and paleoceanographic implications of new data. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 112:14-38
- Dillehay TD, Bonavia D, Goodbred SL, Pino M, Vásquez V, Tham TR (2012) A late Pleistocene human presence at Huaca Prieta, Peru, and early Pacific Coastal adaptations. *Quaternary Research* 77 (3):418-423. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2012.02.003>
- Dunbar RB, Marty RC, Baker PA (1990) Cenozoic marine sedimentation in the Sechura and Pisco basins, Peru. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 77 (3-4):235-261. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(90\)90179-b](https://doi.org/10.1016/0031-0182(90)90179-b)
- Ehret DJ, Macfadden BJ, Jones DS, DeVries TJ, Foster DA, Salas-Gismondi R (2012) Origin of the white shark *Carcharodon* (Lamniformes: Lamnidae) based on recalibration of the Upper Neogene Pisco Formation of Peru. *Palaeontology* 55 (6):1139-1153. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4983.2012.01201.x>
- Emslie SD (1995) Age and taphonomy of abandoned penguin rookeries in the Antarctic Peninsula region. *Polar Record* 31 (179):409-418. <https://doi.org/10.1017/s0032247400027388>
- Emslie SD, Guerra Correa C (2003) A new species of penguin (Spheniscidae: *Spheniscus*). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 116 (2):308-316
- Fordyce RE, Jones CM (1990) Penguin history and new fossil material from New Zealand. En: Davis LS, Darby JT (eds) Penguin biology. Academic Press, California, pp 419-446
- Gariboldi K, Giulia B, Elisa M, Gioncada A, Di Celma C, Igor MV, Bianucci G (2017) Biostratigraphy, geochronology and sedimentation rates of the upper Miocene Pisco Formation at two important marine vertebrate fossil-bearing sites of southern Peru. *Newsletters on Stratigraphy* 50 (4):a417-444. <https://doi.org/10.1127/nos/2017/0345>
- Ghiglione MC, Suarez F, Ambrosio A, Da Poian G, Cristallini EO, Pizzio MF, Reinoso RM (2009) Structure and evolution of the Austral Basin fold-thrust belt, southern Patagonian Andes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65:215-226
- Ghiglione MC, Sue C, Ramos ME, Tobal JE, Gallardo RE (2016) The relation between Neogene denudation of the Southernmost Andes and sedimentation in the offshore Argentine and Malvinas Basins during the opening of the Drake Passage. Geodynamic Evolution of the Southernmost Andes: Connections with the Scotia Arc, 109-135
- Godoy E, Marquardt C, Blanco N (2003) Geología de la Carta Caldera. Región de Atacama. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica escala 1:100.000. Servicio Nacional de Geología y Minería Chile
- Goedert JL (1989) Giant late Eocene marine birds (Pelecaniformes: Pelagornithidae) from northwestern Oregon. *Journal of Paleontology* 63 (6):939-944. <https://doi.org/10.1017/s0022336000036647>
- Göhlich UB (2007) The oldest fossil record of the extant penguin genus *Spheniscus*—a new species from the Miocene of Peru. *Acta Palaeontologica Polonica* 52 (2):285-298
- Gómez Otero J (2006) *Dieta, uso del espacio y evolución en poblaciones cazadoras-recolectoras de la costa centro-septentrional de Patagonia durante el Holoceno medio y tardío*. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
- Griffin M (1991) Eocene Bivalves from the Río Turbio Formation, southwestern Patagonia (Argentina). *Journal of Paleontology* 65:119-146. <https://doi.org/10.1017/S0022336000020254>
- Guzmán N, Marquardt C, Ortlieb L, Frassinetti D (2000) La malacofauna neógena y cuaternaria del área de Caldera (27°–28° S) especies y rangos bioestratigráficos. Actas IX Congreso Geológico Chileno 1:476–481
- Habib MB, Ruff CB (2008) The effects of locomotion on the structural characteristics of avian limb bones. *Zoological Journal of the Linnean Society* 153 (3):601-624. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2008.00402.x>
- Haller MJ, Mendiá JE (1980) Las sedimentitas del ciclo Patagoniano en el litoral atlántico norpatagónico. Coloquio “R. Wichmann”. Asociación Geológica Argentina. Pp. 593-606 en: Mendiá JR, Bayarsky A (eds) Estratigrafía del Terciario en el valle inferior del río Chubut. VIII Congreso Geológico Argentino, Actas
- Harrison CJO, Walker CA (1976) Birds of the British upper Eocene. *Zoological Journal of the Linnean Society* 59 (4):323-351. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1976.tb01017.x>
- Henríquez A (2006) *Variaciones locales del nivel del mar en las cuencas neógenas de Caldera, III Región y Arauco, VIII Región: deducción de tasas de alzamiento y subsidencia tectónica*. (No publicada). Tesis de Maestría, Universidad de Chile, Santiago
- Hollis CJ, Handley L, Crouch EM, Morgans HE, Baker JA, Creech J, Collins KS, Gibbs SJ, Huber M, Schouten S, Zachos JC (2009) Tropical sea temperatures in the high-latitude South Pacific during the Eocene. *Geology* 37 (2):99-102. <https://doi.org/10.1130/G25200A.1>
- Horovitz I, Sánchez-Villagra MR (2012) El Registro Fósil del Cenozoico. Pp. 133-156 en: Sánchez-Villagra MR. (ed.) Venezuela paleontología : evolución de la biodiversidad en el pasado geológico. Zürich
- Howard H (1957) A gigantic ‘toothed’ marine bird from the Miocene of California. *Santa Barbara Museum of Natural History Department of Geology Bulletin* 1:1–23
- Howard H (1978) Late Miocene marine birds from Orange County, California. *Contributions in Science* 290:1–25. <https://doi.org/10.5962/p.241065>

- Jadwiszczak P (2009) Penguin past: The current state of knowledge. *Polish polar research* 30 (1):3-28
- Jelicich RM, Berón P, Copello S, Dellabianca NA, García G, Labrada-Martagón V, Paso Viola MN, Paz JA, Riccialdelli L, San Martín A, Seco Pon JP, Torres MA, Favero, M. (2022) Marine megafauna Sea turtles, seabirds and marine mammals. Pp. 297-324 en: Pan J, Pratolongo P (eds) *Marine biology; A Functional Approach to the Oceans and their Organisms*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429399244>
- Johnson ME, Karabinos PM, Mendia V (2010) Quaternary intertidal deposits intercalated with volcanic rocks on Isla Sombbrero Chino in the Galápagos Islands (Ecuador). *Journal of Coastal Research* 26 (4):762-768. <https://doi.org/10.2112/jcoastres-d-10-00010.1>
- Kneip LM, Coelho ACS, Souza Cunha FL, Mello EMB (1975) Informações preliminares sobre a arqueologia e a fauna do Sambaqui do Forte, Cabo Frio, RJ. *Revista do Museu Paulista, Nova Série* 22:89-108
- Kneip LM, Crancio F, Pallestrini L, Mello EMB, Corrêa MMG, Magalhães RMM, Vogel MAC, Campinha CM, Moraes Junior DF, Verissimo SG, Barros FN (1994) Cultura material e subsistência das populações pré-históricas de Saquarema, RJ. *Documento de trabalho* 2:1-120
- Ksepka DT (2014) Flight performance of the largest volant bird. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 111 (29):10624-10629. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320297111>
- Ksepka DT, Bertelli S, Giannini NP (2006) The phylogeny of the living and fossil Sphenisciformes (penguins). *Cladistics* 22 (5):412-441. <https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.2006.00116.x>
- Ksepka DT, Clarke JA, DeVries TJ, Urbina M (2008) Osteology of *Idadyptes salasi*, a giant penguin from the Eocene of Peru. *Journal of Anatomy* 213 (2):131-147. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2008.00927.x>
- Ksepka DT, Thomas DB (2012) Multiple cenozoic invasions of Africa by penguins (Aves, Sphenisciformes). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279 (1730):1027-1032. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1592>
- Lambrecht K (1930) Studien über fossile Riesenvögel. *Geol Hung Ser Palaeontol* 7:1-37
- Le Roux JP, Achurra L, Henríquez Á, Carreño C, Rivera H, Suárez ME, Ishman SE, Pyenson ND, Gutstein CS (2016) Oroclinal bending of the Juan Fernández Ridge suggested by geohistory analysis of the Bahía Inglesa Formation, north-central Chile. *Sedimentary Geology* 333:32-49. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2015.12.003>
- Legoupil D, Béarez P, Lefèvre C, San Román M, Torres J (2011) Estrategias de subsistencia de cazadores recolectores de Isla Dawson (Estrecho de Magallanes) durante la segunda mitad del Holoceno: primeras aproximaciones. *Magallania (Punta Arenas)* 39 (2):153-164. <https://doi.org/10.4067/s0718-22442011000200011>
- Livezey BC, Zusi RL (2006) Phylogeny of neornithes. *Bulletin of Carnegie Museum of Natural History* 37:1-544. [https://doi.org/10.2992/0145-9058\(2006\)37\[1:pon\]2.0.co;2](https://doi.org/10.2992/0145-9058(2006)37[1:pon]2.0.co;2)
- Livingston SD (1989) The taphonomic interpretation of avian skeletal part frequencies. *Journal of Archaeological Sciences* 16 (5):537-547. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(89\)90072-1](https://doi.org/10.1016/0305-4403(89)90072-1)
- Lopes RP, Brião C, Buchmann FSC (2006a) Primeiro registro de fósseis plesitocénicos de aves marinhas na planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Paleontologia* 53:45
- Lopes RP, Buchmann FSC y Caron F (2006b) Primeiro registro de fósseis de aves marinhas na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Geociência* 36 (4):648-650. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2006364648650>
- Louchart A, Sire JY, Mourer-Chauviré C, Geraads D, Viriot L, De Buffrénil V (2013) Structure and growth pattern of pseudoteeth in *Pelagornis mauretanicus* (Aves, Odontopterygiformes, Pelagornithidae). 8 (011):e80372. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080372>
- Malinverno E, Bosio G, Di Celma C, Gariboldi K, Gioncada A, Pierantoni PP, Collareta A, Molli G, Bagnoli G, Sarti G, Urbina M, Bianucci G (2021) (Bio)stratigraphic overview and paleoclimatic-paleoceanographic implications of the middle-upper Eocene deposits from the Ica River Valley (East Pisco Basin, Peru). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 578:110567. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110567>
- Malumian N, Olivero EO (2006) El Grupo Cabo Domingo, Tierra del Fuego: Bioestratigrafía, paleoambientes y acontecimientos del Eoceno-Mioceno marino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61:139-160
- Malumian N, Panza JL, Parisi C, Nañez C, Caramés A, Torre E (2000) Hoja Geológica 5172-III-Yacimiento Río Turbio, provincia Santa Cruz, 1:250.000. *Boletín del Servicio Geológico Minero Argentino* 247, Buenos Aires
- Marchant M, Marquardt C, Blanco N, Godoy E (2000) Foraminíferos del área de Caldera (26 45'-28 S) y su utilización como indicadores cronoestratigráficos del Neógeno. *Congreso Geológico Chileno* 9:499-503
- Marquardt C (1999) *Neotectónica de la franja costera y aportes a la geología regional entre Caldera y Caleta Pajonal (27-27 45), III Región de Atacama* (Doctoral dissertation, Masters thesis (unpubl.), Universidad de Chile, Santiago)
- Marquardt C, Blanco N, Godoy E, Lavenu A, Ortlieb L, Marchant M, Guzmán N (2000) Estratigrafía del Cenozoico superior en el área de Caldera (26 45'-28 S). *Congreso Geológico Chileno* 1 (9):504-508
- Martin LD, Tate J (1976) The skeleton of *Baptornis advenus* (Aves: Hesperornithiformes). *Smithsonian Contributions to Paleobiology* 27 (1):35-66. <https://doi.org/10.5479/si.00810266.27.35>
- Mayr G (2011) Cenozoic mystery birds—on the phylogenetic affinities of bony-toothed birds (Pelagorni-

- thidae). *Zoologica Scripta* 40 (5):448-467. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.2011.00484.x>
- Mayr G (2016) *Avian evolution: the fossil record of birds and its paleobiological significance*. John Wiley & Sons
- Mayr G, De Pietri VL, Love L, Mannering A, Scofield RP (2020) Leg bones of a new penguin species from the Waipara Greensand add to the diversity of very large-sized Sphenisciformes in the Paleocene of New Zealand. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology* 44 (1):194-201. <https://doi.org/10.1080/03115518.2019.1641619>
- Mayr G, De Pietri VL, Love L, Mannering A, Scofield RP (2021) Oldest, smallest and phylogenetically most basal pelagornithid, from the early Paleocene of New Zealand, sheds light on the evolutionary history of the largest flying birds. *Papers in Palaeontology* 7 (1):217-233. <https://doi.org/10.1002/spp2.1284>
- Mayr G, Rubilar-Rogers D (2010) Osteology of a new giant bony-toothed bird from the Miocene of Chile, with a revision of the taxonomy of Neogene Pelagornithidae. *Journal of Vertebrate Paleontology* 30 (5):1313-1330. <https://doi.org/10.1080/02724634.2010.501465>
- Mitchell JS (2015) Preservation is predictable: quantifying the effect of taphonomic biases on ecological disparity in birds. *Paleobiology* 41 (2):353-367
- Mordojovich C (1981) Sedimentary Basins of Chilean Pacific Offshore. Pp. 732-749 en: Halbouty MC (ed) Energy Resources of the Pacific Region. American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, Tulsa, Oklahoma. <https://doi.org/10.1306/st12420c7>
- Moreno F (2005) *Estudio arqueofaunístico (vertebrados) del sitio arqueológico La Esmeralda (litoral Atlántico uruguayo)*. Trabajo de Investigación de Doctorado. Departamento de Prehistoria. Universidad Autónoma de Barcelona
- Moreno JE (2008) *Arqueología y etnohistoria de la Costa Patagónica Central en el Holoceno Tardío*. Fondo editorial provincial, Secretaría de Cultura del Chubut
- Nicholson RA (1996) Bone degradation, burial medium and species representation: debunking the myths, an experiment-based approach. *Journal of Archaeological Science* 23:513-533. <https://doi.org/10.1006/jasc.1996.0049>
- Noriega JI, Cenizo M, Brandoni D, Pérez LM, Tineo DE, Diederle JM, Bona P (2022) A new pelican (Aves: Pelecanidae) from the Upper Miocene of Argentina: new clues about the origin of the New World lineages. *Journal of Vertebrate Paleontology* 42 (5):e2202702. <https://doi.org/10.1080/02724634.2023.2202702>
- Noriega JI, Tambussi CP, Cozzuol MA (2008) New material of *Cayoa bruneti* Tonni, an Early Miocene anseriform (Aves) from Patagonia, Argentina. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen* 249 (3):271-280. <https://doi.org/10.1127/0077-7749/2008/0249-0271>
- Olson SL (1975) Paleornithology of St. Helena Island, South Atlantic Ocean. *Smithsonian Contributions to Paleobiology* 23:1-49. <https://doi.org/10.5479/si.00810266.23.1>
- Olson SL (1981) Natural History of Vertebrates on the Brazilian Islands of the Mid South Atlantic. *National Geographic Society Research Reports* 13:481-492
- Olson SL (1984) Evidence of a large albatross in the Miocene of Argentina (Aves: Diomedidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 97 (4):741-743
- Olson SL (1985) The fossil record of birds. Pp. 79-256 en: Farmer DS, King JR, Parkes KC (eds) *Journal of Avian Biology*
- Olson SL (1992) *Neogaeornis wetzeli* Lambrecht, a cretaceous loon from Chile (Aves: Gaviidae). *Journal of Vertebrate Paleontology* 12 (1):122-124. <https://doi.org/10.1080/02724634.1992.10011438>
- Orta J, Garcia EFJ, Kirwan GM y Boesman P (2016) Lesser Frigatebird (*Fregata ariel*). En: del Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, Christie DA, de Juana E (eds). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona
- Otero RA, Torres T, Le Roux JP, Hervé F, Fanning CM, Yury-Yáñez RE, Rubilar-Rogers D (2012) A Late Eocene age proposal for the Loreto Formation (Brunswick Peninsula, southernmost Chile), based on fossil cartilaginous fishes, paleobotany and radiometric evidence. *Andean Geology* 39 (1):180-200. <https://doi.org/10.5027/andgeov39n1-a09>
- Panti C (2018) Fossil leaves of subtropical lineages in the Eocene-? Oligocene of southern Patagonia. *Historical Biology* 32 (3):291-306. <https://doi.org/10.1080/008912963.2018.1488934>
- Panza J, Irigoyen M, Genini A (1995) Hoja Geológica 4969-IV Puerto San Julián. Secretaría de Minería, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Boletín 211 (nueva serie)
- Paredes J, Colombo Piñol F (2001) Sedimentología de la Formación Chenque (Oligoceno-Mioceno) en Comodoro Rivadavia. Argentina. *Geogaceta* 30:103-106
- Parras A, Casadío S (2002) Oyster concentrations from the San Julián Formation, Paleogene of Patagonia, Argentina: Taphonomic analysis and paleoenvironmental implications. *Current Topics on Taphonomy and Fossilization* 3:207-213
- Parras A, Casadío S (2005) Taphonomy and sequence stratigraphic significance of oyster-dominated concentrations from the San Julián Formation, Oligocene of Patagonia, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 217 (1-2):47-66. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.11.015>
- Parras A, Casadío S (2006) The oyster *Crassostrea? hatcheri*, a physical ecosystem engineer from the Upper Oligocene-Lower Miocene of Patagonia, Southern Argentina. *Palaios* 21 (2):168-186. <https://doi.org/10.2110/palo.2005.p05-48>
- Parras A, Cuitiño JI (2018) The stratigraphic and paleoenvironmental significance of the regressive Monte Observación Member, Early Miocene of the Austral Basin, Patagonia. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 25 (2):93-115
- Parras A, Dix GR, Griffin M (2012) Sr-isotope chronostratigraphy of Paleogene-Neogene marine deposits: Austral Basin, southern Patagonia (Argentina).

- Journal of South American Earth Sciences* 37:122-135. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.02.007>
- Parras A, Griffin M (2009) Darwins great Patagonian Tertiary Formation at the Mouth of the Río Santa Cruz: a reappraisal. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64 (1):70-82
- Parras A, Guersstein GR, Pérez Panera JP, Griffin M, Nández C, Cusminsky G, Quiroga A (2020) Integrated stratigraphy and paleontology of the lower Miocene Monte León Formation, southeastern Patagonia, Argentina: Unraveling paleoenvironmental changes and factors controlling sedimentation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 556:109701. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109701>
- Paulo PO (2009) *Vertebrados fósiles do estado de Goiás, com ênfase em sua fauna de amniotas, compreendida entre o período permiano e a época pleistoceno*. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro
- Pavei DD, Campos JB, Zocche JJ, Santos MCP (2015) Zooarqueología de vertebrados do sambaqui do Papagaio, Bombinhas, Santa Catarina. *Tecnologia e Ambiente* 21
- Pelegriñ JS, Acosta Hospitaleche C (2022) Evolutionary and biogeographical history of penguins (Sphenisciformes): Review of the dispersal patterns and adaptations in a geologic and paleoecological context. *Diversity* 14 (4):255. <https://doi.org/10.3390/d14040255>
- Penhallurick J, Wink M (2004) Analysis of the taxonomy and nomenclature of the Procellariiformes based on complete nucleotide sequences of the mitochondrial cytochrome b gene. *Emu* 104:125-147. <https://doi.org/10.1071/mu01060>
- Pérez LM, Griffin M, Pastorino G, López-Gappa J, Manceñido MO (2015) Redescription and palaeoecological significance of the bryozoan *Hippoporidra patagonica* (Pallaroni, 1920) in the San Julián Formation (late Oligocene) of Santa Cruz province, Argentina. *Alcheringa. An Australasian Journal of Palaeontology*. 39 (1):1-7. <https://doi.org/10.1080/03115518.2014.951914>
- Pineda-Salgado G, Parras A, Griffin M (2022) Taphonomic analysis of fossil concentrations from the Monte León Formation (lower Miocene), Santa Cruz Province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. 114:103671. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103671>
- Piro A, Acosta Hospitaleche C (2022) A new petrel (Aves: Procellariidae) from the early Miocene of Patagonia (Argentina). *Historical Biology* 34:141-151. <https://doi.org/10.1080/08912963.2021.1903891>
- Piro A, Acosta Hospitaleche C (2023) The rhamphotheca of the Eocene pseudo-toothed birds from Antarctica. *Historical Biology* 1-9. <https://doi.org/10.1080/08912963.2023.2230584>
- Provencher JF, Borrelle S, Sherley RB, Avery-Gomm S, Hodum P, Bond A, Major HL, McCoy KD, Crawford R, Merkel F, Votier S, Reynolds M, Hatfield J, Spatz D, Mallory, M (2019) Seabirds. Pp. 133-1625 en: *World Seas: An Environmental Evaluation Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts*. Academic Press, London
- Rincón RAD, Stucchi M (2003) Primer registro de la familia Pelagornithidae (Aves: Pelecaniformes) para Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología* 37:27-30
- Salazar C, Stinnesbeck W, Quinzio-Sinn LA (2010) Ammonites from the Maastrichtian (Upper Cretaceous) Quiriquina Formation in central Chile. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*. 257 (2):181-236. <https://doi.org/10.1127/0077-7749/2010/0072>
- Sallaberry M, Rubilar-Rogers D, Suárez ME, Gutstein CS (2007) The skull of a fossil Prion (Aves: Procellariiformes) from the Neogene (Late Miocene) of Northern Chile. *Andean Geology* 34:147-154. <https://doi.org/10.4067/s0716-02082007000100008>
- Sallaberry MA, Yury-Yáñez RE, Otero RA, Soto-Acuña S, Torres TG (2010) Eocene birds from the western margin of southernmost South America. *Journal of Paleontology* 84 (6):1061-1070. <https://doi.org/10.1666/09-157.1>
- Scasso RA, Castro LN (1999) Cenozoic phosphatic deposits in North Patagonia, Argentina: Phosphogenesis, sequence-stratigraphy and paleoceanography. *Journal of South American Earth Sciences* 12 (5):471-487. [https://doi.org/10.1016/s0895-9811\(99\)00035-8](https://doi.org/10.1016/s0895-9811(99)00035-8)
- Schlatter RP, Simeone A (1999) Estado del conocimiento y conservación de las aves en mares chilenos. *Estudios Oceanológicos (Chile)* 18:25-33
- Schneider CO (1940) La fauna fósil de Gualpén. *Revista Chilena de Historia Natural Pura y Aplicada* 44:49-54
- Scotese CR (2014) *Late Cretaceous Atlas of Paleogeographic Maps, PALEOMAP Atlas for ArcGIS*, volume 2, The Cretaceous, Maps 16-22, Mollweide project, PALEOMAP Project, Evanston, IL
- Simpson GG (1946) Fossil penguins. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 87:1-100
- Slack KE, Jones CM, Ando T, Harrison GL, Fordyce RE, Arnason U, Penny D (2006) Early penguin fossils, plus mitochondrial genomes, calibrate avian evolution. *Molecular biology and evolution*. 23 (6):1144-1155. <https://doi.org/10.1093/molbev/msj124>
- Smith ND (2010) Phylogenetic analysis of Pelecaniformes (Aves) based on osteological data: implications for waterbird phylogeny and fossil calibration studies. *Plos one* 5 (10):e13354. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013354>
- Solís Mundaca AF (2018) *Bioestratigrafía e implicancias paleoceanográficas de las diatomeas de la sección Cerro Caucato, Formación Pisco, Ica, Perú*. Master Thesis, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú
- Solórzano A, Rincón AD (2015) The earliest record (early Miocene) of a bony-toothed bird from South America and a reexamination of Venezuelan pelagornithids. *Journal of Vertebrate Paleontology* 35 (6):e995188. <https://doi.org/10.1080/02724634.2014.995188>

- Spulski B (1910) *Odontopteryx longirostris*, n. sp. *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft* 62:507-521
- Steadman DW (1986) Holocene vertebrate fossils from Isla Floreana, Galápagos. *Smithsonian Contributions to Zoology* 413:1-103. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.413>
- Stinnesbeck W (1986) Faunistic and paleocological conditions of the Quiriquina Formation (Maastrichtian) of central Chile. *Palaeontographica* 194:99-237
- Stinnesbeck W (1996) Ammonite extinctions and environmental changes across the Cretaceous-Tertiary boundary in Central Chile. Pp. 289-302 en: MacLeod N, Keller G (eds) *The Cretaceous-Tertiary boundary mass extinction: Biotic and environmental events*. Norton Press, New York
- Stucchi M (2002) Una nueva especie de *Spheniscus* (Aves: Spheniscidae) de la formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 94:17-24
- Stucchi M (2003) Los piqueros (Aves: Sulidae) de la formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 95:75-91
- Stucchi M, Urbina M (2004) *Ramphastosula* (Aves: Sulidae): A new avian genus from the early Pliocene of the Pisco Formation, Peru. *Journal of Vertebrate Paleontology* 24 (4):974-978. [https://doi.org/10.1671/0272-4634\(2004\)024\[0974:rasang\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1671/0272-4634(2004)024[0974:rasang]2.0.co;2)
- Stucchi M, Urbina M (2005) Nuevos restos de Procellariiformes (Aves) de la Formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 100:67-77
- Stucchi M, Varas-Malca RM y Urbina-Schmitt M (2015) New Miocene sulid birds from Peru and considerations on their Neogene fossil record in the Eastern Pacific Ocean. *Acta Palaeontologica Polonica* 61:417-427. <https://doi.org/10.4202/app.00170.2015>
- Suárez ME, Lamilla J, Marquardt C (2004) Peces Chimaeriformes (Chondrichthyes, Holocephali) del Neógeno de la Formación Bahía Inglesa (Región de Atacama, Chile). *Revista geológica de Chile* 31(1) 105-117. <https://doi.org/10.4067/s0716-02082004000100006>
- Sylvan SA (2001) Geology of the Golfo San Jorge Basin, Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27:123-157
- Tambussi CP, Reguero MA, Marenssi SA, Santillana SN (2005) *Crossvallia unienwillia*, a new Spheniscidae (Sphenisciformes, Aves) from the late Paleocene of Antarctica. *Geobios* 38 (5):667-675. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2004.02.003>
- Tanaka T, Kobayashi Y, Ikuno K, Ikeda T, Saegusa H (2020) A marine hesperornithiform (Avialae: Ornithuromorpha) from the Maastrichtian of Japan: Implications for the paleoecological diversity of the earliest diving birds in the end of the Cretaceous. *Cretaceous Research* 113:104492. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2020.104492>
- Tierney JE, Sinninghe Damsté JS, Pancost RD, Sluijs A, Zachos JC (2017) Eocene temperature gradients. *Nature Geoscience* 10 (8):538-539
- Tonni EP (1979) Un nuevo anseriforme de sedimentos marinos terciarios de Chubut, Argentina. *El Hornero* 12 (01):011-015. <https://doi.org/10.56178/eh.v12i1.1212>
- Tonni EP (1980) The present state of knowledge of the Cenozoic birds of Argentina. Pp. 105-114 en: Campbell KE (ed) *Papers in avian paleontology honoring Hildegard Howard*. Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles County
- Torres Carbonell PJ, Malumian N, Olivero EB (2009) El Paleoceno-Mioceno de Península Mitre: antefosa y depocentro de techo de cuña de la Cuenca Austral, Tierra del Fuego, Argentina. *Andean Geology* 36 (2):197-235. <https://doi.org/10.4067/s0718-71062009000200003>
- Urbina M, Stucchi M (2005) Los cormoranes (Aves: Phalacrocoracidae) del Mio-Plioceno de la formación Pisco, Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 99:41-49
- Vidal AC, Fernandes FL, Kiang CH (2004) Distribuição dos arenitos na Bacia De Taubaté -SP. *Geosciences = Geociências* 23:55-66
- Walsh SA, Hume JP (2001) A new Neogene marine avian assemblage from north-central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology* 21:484-491. [https://doi.org/10.1671/0272-4634\(2001\)021\[0484:annmaa\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1671/0272-4634(2001)021[0484:annmaa]2.0.co;2)
- Walsh SA, Suárez ME (2006) New penguin remains from the Pliocene of Northern Chile. *Historical Biology* 18 (2):119-130. <https://doi.org/10.1080/08912960600640796>
- Warheit KI (2001) The Seabird Fossil Record and the Role of Paleontology in Understanding Seabird Community Structure. En: Schreiber EA, Burger J (eds) *Biology of marine birds*. CRC press
- Wetmore A (1928) The systematic position of the fossil bird *Cyphornis magnus*. *Canada Department of Mines Geological Survey Bulletin* 49:1-4
- Winge O (1887) Fugle fra Knoglehuler i. E Museo Lundii 1:1-54
- Winkler DW, Billerman SM, Lovette IJ (2020a). Penguins (Spheniscidae), version 1.0. En: Billerman SM, Keeney BK, Rodewald PG, Schulenberg TS (eds) *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.spheni1.01>
- Winkler DW, Billerman SM, Lovette IJ (2020b) Gulls, Terns, and Skimmers (Laridae), version 1.0. En: Billerman SM, Keeney BK, Rodewald PG, Schulenberg TS (eds) *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.larida1.01>
- Woodburne MO, Goin FJ, Raigemborn MS, Heizler M, Gelfo JN, Oliveira EV (2014) Revised timing of the South American early Paleogene land mammal ages. *Journal of South American Earth Sciences*. 54:109-119. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2014.05.003>
- Yury-Yáñez RE, Otero RA, Sallaberry M (2009) Primer registro de *Palaeudyptes* Huxley (Sphenisciformes: Spheniscidae) en el Eoceno de Sudamérica. XXIV JAPV mayo 2009. Resúmenes p 64



CONTAMINANTES EN AVES MARINAS DE SUDAMÉRICA, UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

POLLUTANTS IN SEABIRDS FROM SOUTH AMERICA, A SYSTEMATIC REVIEW

María B. Romero¹, Leila Chiodi¹, Marcela Gerpe¹ & Paula Polizzi¹

¹Toxicología Ambiental, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Funes 3250, CC1260, 7600 Mar del Plata, Argentina

*mbromero@mdp.edu.ar

RESUMEN: Los contaminantes ambientales representan una amenaza global para los organismos y la conservación de la biodiversidad en todo el mundo. Las aves marinas se distinguen de las demás aves por hacer uso tanto del ambiente terrestre como el marino, exponiéndose a una variedad de contaminantes. Debido a esto y su posición trófica, pueden acumular niveles elevados de contaminantes en sus tejidos, que pueden provocar efectos negativos en estos organismos y como consecuencia en sus poblaciones y ecosistemas. En consecuencia, es necesario relevar periódicamente las poblaciones naturales, conocer el estado de situación y generar análisis integrales que brinden información relevante para la conservación de estas especies. Los ambientes marinos costeros de Sudamérica no están exentos del impacto de contaminantes. Debido a que las aves marinas son consideradas buenas monitoras de la calidad ambiental, es importante conocer qué información nos brindan sobre la presencia de los contaminantes en estos ambientes. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión sistemática es realizar un análisis integral del estado de conocimiento de los contaminantes orgánicos persistentes (plaguicidas organoclorados, bifenilos policlorados y polibromados), hidrocarburos aromáticos policíclicos, elementos traza y contaminantes emergentes (plásticos, fármacos, cuidado personal, plaguicidas de uso actual, entre otros) en las aves marinas de Sudamérica, identificando procesos de bioacumulación en las especies, posibles efectos asociados a la presencia de contaminantes y poblaciones más vulnerables. Se buscará identificar brechas de conocimiento en la región con el fin de fortalecer proyectos a futuro.

PALABRAS CLAVE: *aves, biomonitor, contaminantes orgánicos persistentes, elementos traza no esenciales, hidrocarburos, plásticos*

ABSTRACT: Environmental pollutants represent a global threat to organisms and biodiversity conservation around the world. Seabirds are distinguished from other birds by making use of both the terrestrial and marine environments, exposing themselves to a variety of pollutants. Due to this and their trophic position, they can accumulate high levels of contaminants in their tissues, which can cause negative effects on these organisms and, as a consequence, on their populations and ecosystems. Consequently, it is necessary to periodically survey natural populations, understand the status of the situation and conduct comprehensive analyses that provide relevant information for the conservation of these species. The coastal marine environments of South America are not exempt from the impact of pollutants. Because seabirds are considered good monitors of environmental quality, it is important to know what information they provide us about the presence of contaminants in these environments. Therefore, the objective of this systematic review is to perform a comprehensive analysis of the state of knowledge of persistent organic pollutants (organochlorine pesticides, polychlorinated and polybrominated biphenyls), polycyclic aromatic hydrocarbons, trace elements and emerging pollutants (plastics, pharmaceuticals, personal care, pesticides in current use, among others) in South American seabirds, identifying bioaccumulation processes in the species, possible effects associated with the presence of contaminants, and populations that are more vulnerable. We will seek to identify knowledge gaps in the region in order to strengthen future projects.

KEYWORDS: *biomonitor, birds, hydrocarbons, non-essential trace elements, persistent organic pollutants, plastics*

La creciente presión antrópica sobre los ecosistemas marinos, como la pesca, la explotación petrolera y otras actividades humanas, representa un problema para la conservación de la vida silvestre y la integridad ecológica de estos ambientes. En este contexto, la distribución generalizada de contaminantes constituye una amenaza potencial para los organismos que allí habitan y, las áreas geográficas de los países desarrollados o en vías de desarrollo como los sudamericanos, son más susceptibles al aumento de los niveles de contaminación (Llorca et al. 2017).

La ecotoxicología es la rama de la toxicología que evalúa los efectos de los contaminantes en los componentes de los ecosistemas en un contexto integrado. Por lo tanto, se ocupa del destino de los contaminantes en los sistemas aire-agua-suelo-sedimentos, las tramas tróficas y cómo afectan la vida y los ecosistemas a corto y largo plazo (Gouveia et al. 2019).

Las aves marinas son aquellas aves que dependen del mar para su alimentación, pero regresan al continente durante su etapa reproductiva e incluyen pingüinos, gaviotas, gaviotines, cormoranes, petreles, albatros, escúas, entre otros (Harrison et al. 2021, Signa et al. 2021). Son un componente integral de los ecosistemas marinos y costeros, y presentan características que las convierten en uno de los grupos más vulnerables dentro de las aves debido a tiempos de vida prolongados, número de descendencia reducida, madurez sexual tardía (Provencher et al. 2019a). Como todos los organismos marinos, las aves no están exentas de la exposición a contaminantes y debido a su posición trófica, constituyen biomonitores sensibles de los cambios que se producen en el ambiente (Borgå et al. 2007, Le Bohec et al. 2013, Carravieri et al. 2014).

Teniendo en cuenta esta información, el objetivo de este trabajo es resumir la información cuali y cuantitativamente hallada sobre contaminantes ambientales en especies de aves marinas que habitan aguas de América del Sur. Además, identificar prioridades de investigación en pos de la conservación de este grupo vulnerable.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática sobre contaminantes en aves marinas de Sudamérica. Los motores de búsqueda Web of Science, Science Direct, Google Scholar y SciELO fueron utilizados para recopilar estudios internacionales y nacionales revisados por pares. Se incluyeron trabajos publicados en revistas

científicas con evaluación de pares donde se informó sobre el tipo y la concentración de contaminantes en las distintas especies de aves pertenecientes a la región de Sudamérica. No se contemplaron aquellos trabajos que no presentaron concentraciones de los contaminantes seleccionados para esta revisión, así mismo se excluyeron los estudios experimentales, ponencias en congresos, estudios de ensayos de campo, capítulos de libros o informes.

Inicialmente, se encontraron un aproximado de 16 400 artículos relacionados con el análisis de contaminantes en aves al utilizar como palabras clave “contaminantes”, “aves” y “Sudamérica”, tanto en castellano, portugués como inglés. Luego se realizó una búsqueda donde se filtró por zona (países sudamericanos), especie (aves marinas) y tipo de contaminantes (compuestos orgánicos persistentes, elementos traza no esenciales, contaminantes emergentes). Para ello, utilizamos diferentes combinaciones de nombres y siglas de contaminantes (“bifenilos policlorados –PCBs–”, “plaguicidas organoclorados”, “éteres de polibromodifenilos –PBDEs–”, “hidrocarburos aromáticos policíclicos –PAHs–”, “plásticos”, “plaguicidas de uso actual”, “fármacos”, “productos de cuidado personal”, “sustancias perfluoroalquiladas –PFAS–”, “elementos traza no esenciales”, “metales pesados”, “cadmio”, “mercurio”, “plomo”, “arsénico”) y países sudamericanos como palabras clave junto con “aves marinas”, “petreles”, “gaviotas”, “pingüinos”, “albatros” y géneros de las especies más características de las regiones marinas sudamericanas (“*Spheniscus*”, “*Larus*”, “*Puffinus*”, “*Diomedea*”, “*Procellaria*”, “*Thalassarche*”, “*Sula*”, “*Fregata*”). También se revisaron las referencias de las publicaciones recopiladas para garantizar que se incluyeran todos los estudios relevantes. Se fijó un período de tiempo, considerando los últimos 20 años (2004- enero 2024). Finalmente, se incluyeron 85 estudios en la revisión.

De cada estudio, se recopilaron especies, tipos y concentraciones de contaminantes, tipos y cantidad de muestras, años de muestreo, lugares de muestreo y métodos analíticos empleados. Los contaminantes se clasificaron en cuatro clases principales: compuestos orgánicos persistentes (que incluyen plaguicidas organoclorados, PCBs y PBDEs), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), elementos traza no esenciales y contaminantes emergentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Generalidades

La información encontrada sobre contaminantes

en aves marinas sudamericanas publicada entre los años 2004 y 2024 se sintetiza en la Figura 1. Durante el año 2020 y 2023 se publicaron la mayor cantidad de trabajos, con un total de ocho (8) cada uno, seguido por 2017 y 2022 con seis (6) publicaciones en cada año (Fig. 1A).

En términos generales, si se considera a los grandes grupos de contaminantes, un 43% de los trabajos estuvieron en relación con compuestos orgánicos (incluyendo plaguicidas organoclorados –POCs–, PAHs, PCBs y PBDEs), seguidos compuestos emergentes (29%) y por último por elementos traza con un 28%. En cambio, si consideramos a cada grupo de compuestos orgánicos por separado, la mayor cantidad de trabajos publicados se basan en investigaciones sobre las concentraciones de elementos traza en aves marinas, seguido por plásticos (Fig. 1B).

En relación con los países donde se llevaron a cabo los muestreos, en Brasil se desarrollaron la mayor cantidad de publicaciones, seguido por Argentina (Fig. 1C). Analizando los países sudamericanos con litoral marítimo no se encontraron trabajos en los territorios de Guyana, Surinam, Trinidad y Tobago y Venezuela. Considerando el lugar de trabajo de los autores, podemos mencionar que el 68% de los trabajos considerados en esta revisión corresponden a filiaciones de un sólo país, pertenecientes a un único grupo (12

trabajos) o interacción de diversos grupos de la misma nacionalidad. El 32% restante fueron colaboraciones entre dos o más países, principalmente con investigadores de Estados Unidos o países de Europa como Reino Unido, Alemania, España y Francia, entre otros.

En cuanto a las especies estudiadas, también se observaron mayores investigaciones en Brasil (Fig. 1C), con un total de 56 especies, siendo el Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) el más analizado (17 trabajos). En Argentina, fueron publicados cinco (5) trabajos en esta especie. Esto está en estrecha relación con que, dentro de las aves marinas, los pingüinos son considerados buenos biomonitores del ambiente marino costero (González Carman et al. 2021, Gimeno et al. 2024). En Chile y Uruguay, la especie predominante fue *Larus dominicanus*, con 4 y 2 reportes publicados.

Una gran variedad de matrices fue analizada: tejidos internos, tejidos externos (plumas), fluidos corporales (sangre y bilis), excreciones (pellets, excretas) y huevos. En aves marinas de Sudamérica, el contenido estomacal, las plumas y el hígado fueron las matrices más analizadas (Fig. 1D). El hígado fue, históricamente, el tejido indicador más utilizado ya que es considerado el órgano detoxificador y acumulador por excelencia (Lehman-McKeeman 2008). Sin embargo, en las últimas décadas, los estudios sobre órganos y tejidos

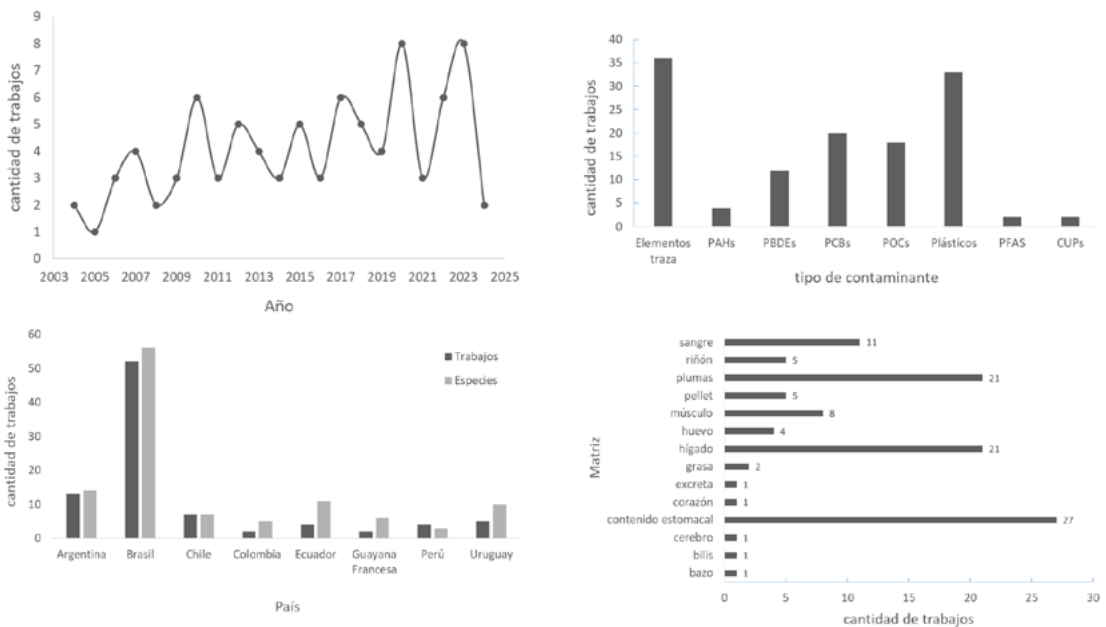


Figura 1. A) Cantidad de trabajos por año de publicación desde el año 2004 a 2024. B) Cantidad de trabajos publicados en relación con el contaminante de estudio en aves marinas de Sudamérica. C) Cantidad de trabajos publicados y cantidad de especies por país donde se realizó el muestreo. D) Cantidad de trabajos por matriz analizada.

internos en aves marinas se limitan a muestras de carcasas (ejemplares hallados muertos), de las cuales se debe garantizar tener un buen estado de conservación para poder llevar adelante estudios serios de toxicología (Rutkowska et al. 2018, Pacyna-Kuchta 2023). La selección del contenido estomacal (o gastrointestinal, dependiendo de los estudios) como base de análisis está relacionada con la gran cantidad de trabajos que reportaron la presencia de desechos plásticos, en la mayoría de los casos asociados a estudios de dieta. El hígado fue el segundo tejido interno más analizado, mientras que las principales muestras no destructivas analizadas fueron las plumas. En esta matriz, los contaminantes se pueden incorporar por tres vías que dependen de las propiedades físico-químicas de los compuestos y de la exposición ambiental: i) durante el crecimiento de las plumas, ii) durante el acicalamiento y iii) a través del contacto con el medio ambiente (aire, polvo y agua; Jaspers et al. 2019). La sangre también fue utilizada para la detección de contaminantes en la región, y los niveles en esta matriz representan una exposición reciente al compuesto directamente asociada con la alimentación (Carvalho et al. 2013).

Otras matrices no destructivas que se utilizan comúnmente como indicadores para medir los niveles de exposición a contaminantes en poblaciones silvestres son las heces (Yin et al. 2008, Provencher et al. 2018, Eeva et al. 2020), las estructuras de regurgitado (“pellets”) que producen algunas especies (Espín et al. 2016) y los huevos que reflejan los contaminantes acumulados en las hembras en el momento de la puesta (Bianchini et al. 2022). En los trabajos utilizados en esta revisión estas matrices fueron analizadas, pero en un número bajo de publicaciones (entre 1 y 5).

Del análisis de los trabajos hallados, y coincidentemente con los expresado por González-Rubio y colaboradores (2021), no existe un tejido óptimo que pueda sintetizar la información sobre contaminantes en aves, por el contrario, la elección de la matriz a utilizar dependerá de la naturaleza del compuesto, de los objetivos de trabajo y de los alcances metodológicos (Espín et al. 2016).

Contaminantes orgánicos persistentes

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) son sustancias químicas orgánicas y poseen propiedades físicas y químicas que los hacen persistentes una vez liberados al medio ambiente (permanecen intactos durante periodos de tiempo excepcionalmente largos), se pueden transportar largas distancias (por lo que se los puede encontrar alejados de la fuente

de emisión), se bioacumulan y biomagnifican, y son tóxicos para organismos no blanco (pueden provocar cáncer, alergias e hipersensibilidad, daños al sistema nervioso, trastornos reproductivos y alteraciones del sistema inmunológico) (UNEP 2019). Los COPs están prohibidos y regulados a nivel mundial por el Convenio de Estocolmo (PNUMA 2011).

Un plaguicida se define como “cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga incluyendo: los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y subproductos o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos (FAO & OMS 2023). El término incluye, entre otros: herbicidas, fungicidas, insecticidas, acaricidas, nematicidas, molusquicidas, reguladores del crecimiento, repelentes, rodenticidas y biocidas (Pórfido 2013, ECP 2024). En particular, los plaguicidas organoclorados, son aquellos compuestos orgánicos que presentan cloro dentro de su molécula, y son considerados COPs por su elevada toxicidad, lipofiliidad y resistencia a la degradación. Aldrin, clordano, dicloro difenil tricloroetano (DDT), dieldrin, endrin, heptachlor, hexaclorobenceno, mirex y toxafeno son ejemplos de POCs, y fueron los primeros plaguicidas listados en el Convenio de Estocolmo, dentro de la conocida “docena sucia” (UNEP 2019).

Los bifenilos policlorados (PCBs por sus siglas en inglés) son COPs que se producen por cloración de bifenilos y comprenden 209 congéneres individuales (UNEP 2019). Los PCBs presentan baja conductividad eléctrica y alta conductividad térmica por lo que fueron utilizados ampliamente en numerosas aplicaciones industriales. En la región, se han utilizado principalmente en equipos eléctricos. Los residuos de PCB de formulaciones comerciales (por ejemplo, Aroclor 1242, 1254, 1260 y productos equivalentes) son ubicuos en el ambiente (Barra et al. 2006). La toxicidad de los PCBs depende no sólo de su persistencia sino también del número y la posición de los átomos de cloro y sus mezclas (Klocke & Lein 2020, Liu et al. 2020).

Los éteres de bifenilo polibromados (PBDEs por sus siglas en inglés) son una familia de 209 congéneres, clasificados según el número y la posición de los átomos de bromo. Se utilizan ampliamente como retardantes de llama para productos electrónicos,

materiales de construcción, muebles, espumas, textiles y piezas de automóviles (Chen et al. 2013). Existen evidencias de efectos adversos en organismos que incluyen disrupción endócrina, genotoxicidad, neurotoxicidad e inmunotoxicidad (Berger et al. 2023). Los congéneres de PBDE en las mezclas comerciales de pentaBDE, octaBDE y decaBDE están incluidos como COPs en el Convenio de Estocolmo (UNEP 2019).

La diversidad en las características ecológicas y biológicas de las aves marinas evaluadas en la región, como la distribución, hábitos tróficos y migratorios, clases de edad, sexo, la condición corporal, entre otros factores, no permite identificar patrones claros de contaminación (Colabuono et al. 2012). Sin embargo, podemos mencionar a grandes rasgos que los PCBs y los POCs fueron los COPs más analizados. A pesar de estar prohibidos y regulados, la presencia de estos compuestos puede deberse a un gran uso en el pasado y a la gran persistencia en el ambiente. El grupo de proclorofenilos presentó los máximos niveles COPs en hígado (Fig. 2A), mientras que en *S. humboldti* se encontraron las mayores concentraciones en sangre (Fig. 2B). Los PBDEs fueron los compuestos que presentaron menores concentraciones en todas las matrices analizadas, en la mayoría de los casos por debajo del límite de detección y cuantificación (Anexo 1).

La presencia de POCs estaría relacionado con su aplicación intensiva en la actividad agrícola, la cual es predominante en muchas regiones de Sudamérica, siendo Brasil y Argentina los mayores usuarios de pesticidas en América del Sur (Girones et al. 2020). En términos de POCs individuales, el DDT y sus productos de degradación, los hexaclorociclohexanos (HCHs), y los endosulfanes fueron los más abundantes.

El DDT fue uno de los plaguicidas utilizados a nivel mundial, y en Sudamérica fue usado, producido y for-

mulado desde 1950 hasta 1990 (Girones et al. 2020). El efecto tóxico más conocido del DDT sobre la vida silvestre fue observado en aves, ya que se observó adelgazamiento de la cáscara de los huevos frente a la exposición a estos compuestos (Ratcliffe 1967). Está incluido en la lista “docena sucia” del Convenio de Estocolmo, aunque se permite su uso en ciertas regiones del mundo como control del mosquito vector de la malaria. Las mayores concentraciones de Σ DDTs en hígado correspondieron a aves marinas de Brasil, en coincidencia con los mayores niveles de este plaguicida observados en Brasil respecto al resto de la región (Girones et al. 2020). La distribución relativa del DDT y sus metabolitos se ha utilizado para estimar el tiempo transcurrido desde la aplicación de la mezcla comercial de este compuesto. En los organismos, una relación metabolitos (DDE +DDD) /parental superior a 1 es utilizada como como indicador de que ha transcurrido un tiempo prolongado desde la aplicación de la mezcla comercial (Quadri Adrogué et al. 2021). En la mayoría de los estudios revisados, el mayor compuesto detectado fue el metabolito DDE, lo que indica una exposición no reciente a estos compuestos. La aparición de DDE en aves marinas puede deberse tanto a la acumulación directa a través de la dieta como al metabolismo del DDT (Quadri-Adrogué et al. 2019).

El endosulfán es un insecticida y acaricida del grupo de los ciclodienos ampliamente utilizado en la región en cultivos de hortalizas, frutales, cereales, algodón, té, café, cacao, soja, entre otros (González et al. 2008, Villaamil Lepori et al. 2013). La presencia de endosulfán fue reportada en *S. magellanicus* (Quinete et al. 2020), *Larus atlanticus* (Commendatore et al. 2018, Quadri-Adrogué et al. 2021), *Daption capense*, *Thalassarche melanophrys* (Quadri-Adrogué et al. 2019). Si bien este compuesto se encuentra regulado dentro del Convenio de Estocolmo, su incorporación fue re-

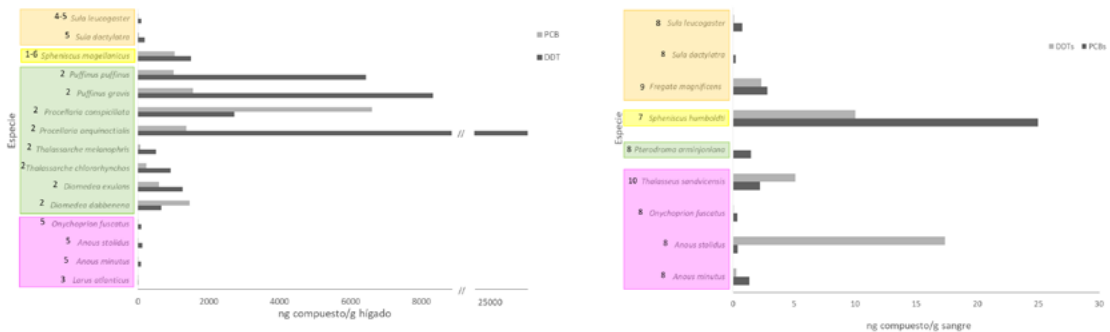


Figura 2. Concentraciones máximas de PCBs y DDTs reportadas en aves marinas de Sudamérica. A) hígado, B) sangre. 1. Baldassin et al. (2016), 2. Colabuono et al. (2012), 3. Commendatore et al. (2018), 4. Dias et al. (2013), 5. Dias et al. (2018), 6. Quinete et al. (2020), 7. Adkesson et al. (2018), 8. da Silva et al. (2023), 9. Sebastiano et al. (2016), 10. Sebastiano et al. (2017).

lativamente reciente comparada con otros POCs. Por lo tanto, es esperable encontrar concentraciones de endosulfán en las aves de Sudamérica teniendo en cuenta que los años de muestreo se encontraron dentro del período de mayor utilización.

La presencia de PCBs fue objeto de estudio en las aves marinas de la región. En general, los congéneres de PCBs encontrados en aves fueron los penta (ej., 99 y 118), hexa y hepta clorados. La mayoría de las aves son capaces de transformar y eliminar congéneres de PCB pero de bajo peso molecular (Maervoet et al. 2004), mientras que los PCBs con mayor número de cloros presentan tasas de excreción bajas, y por lo tanto tienden a acumularse. De todos modos, en ejemplares de *S. magellanicus* de Brasil se observó una disminución de las concentraciones de PCBs en hígado entre 2008 y 2012 (Baldassin et al. 2016), situación que también fue informada para otros grupos biológicos de la región, como el delfín Franciscana (*Pontoporia blainvillei*) de aguas argentinas (Arias et al. 2016). Torget et al. (2024) atribuye la disminución significativa en los niveles de POPs, incluyendo PCBs, a la regulación internacional. Sin embargo, se sugiere continuar con el monitoreo para evaluar esta tendencia temporal en otras especies y regiones de Sudamérica.

Como se mencionó anteriormente, factores como la dieta, condición corporal, sexo y estadio madurativo pueden influenciar las concentraciones de COPs en las aves. Por ejemplo, Quadri-Adrogué et al. (2019) encontró mayores niveles de COPs en machos comparados con hembras de *L. atlanticus*. Estas diferencias pueden atribuirse a la “detoxificación” de las hembras durante la formación de huevos, así como a diferencias en la dieta y la selección de áreas de alimentación (Borgå et al. 2007). En este mismo trabajo, se observaron concentraciones más elevadas de COPs en juveniles, en comparación con las de adultos y subadultos, hecho que podría estar reflejando la carga de contaminantes que se han incorporado desde el huevo durante la temporada de reproducción. Por el contrario, se hallaron mayores concentraciones de COPs en adultos comparados con juveniles por ejemplo en *A. minutus*, *O. fuscatus* y *S. dactylatra* (Dias et al. 2018) y en *A. minutus*, *T. sandvicensis* y *F. magnificens* (Sebastião et al. 2017), seguramente asociado a procesos de bioacumulación y a la diferencia en las dietas.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs o PAHs por sus siglas en inglés) son una serie de compuestos orgánicos persistentes (vida media > 6 meses)

formados por dos o más anillos aromáticos condensados y son constituyentes naturales del petróleo crudo, que conforman una fracción de hasta el 20% del total de sus hidrocarburos. De todos los hidrocarburos, este grupo de compuestos es potencialmente el más tóxico (Honda & Suzuki 2020). Las principales fuentes que afectan la presencia y distribución de estos compuestos en el ambiente marino son antropogénicas, como los grandes derrames de petróleo de buques cisterna o vertidos menores de buques, deposición atmosférica de compuestos resultantes de la quema de combustibles fósiles y actividades asociadas con la exploración y explotación de petróleo en alta mar (Almeida et al. 2018).

Las aves pueden acumular HAP en sus tejidos y presentan numerosos efectos a corto y largo plazo, incluyendo cambios patológicos en el sistema digestivo, hígado y riñón, anemia hemolítica, inmunotoxicidad y disrupción endocrina (Gurney et al. 2005, Troisi et al. 2016, King et al. 2021), incluso a concentraciones bajas. Debido a su toxicidad y persistencia en el medio ambiente, generan preocupación cuando son detectados en matrices biológicas.

En Sudamérica, existen numerosos reportes sobre las concentraciones de HAPs en diferentes matrices, principalmente asociados a los ambientes costeros (Nunes et al. 2021). Se han detectado HAPs en la biota marina y estuarial a lo largo de la costa sudamericana como en moluscos (Palma-Fleming et al. 2008, Commendatore et al. 2015, Primost et al. 2018, Magalhães et al. 2022), crustáceos (Nudi et al. 2010, Commendatore et al. 2018, Magalhães et al. 2022) y peces (da Silva et al. 2007, Burgos-Núñez et al. 2017, Oliva et al. 2017, de Albergaria-Barbosa et al. 2018, Recabarren-Villalon et al. 2019, Magalhães et al. 2022). Por lo tanto, la exposición en las aves podría producirse por la ingesta de especies contaminadas. A pesar de esta información, sólo tres trabajos reportaron las concentraciones de estos contaminantes en aves marinas (Tabla 1). Los niveles de PAHs totales en *S. magellanicus* muestreados en el sureste de Brasil fueron mayores en hígado (media: 1.71 µg/g) que en músculo (media: 0.14 µg/g) (Quinete et al. 2020). Estos valores se encontraron dentro del rango hallado en ambientes moderadamente y/o altamente contaminados (Albers & Loughlin 2003). Esto genera preocupación con respecto a la exposición ambiental a HAP para esta y otras especies de aves marinas, y los efectos adversos que la exposición crónica a hidrocarburos pueda generar. Los HAPs detectados con mayor frecuencia fueron trans-decalina (41%), naftaleno (46%), fenantreno (41%) y hopano-C30

(55%) indicando un origen petrogénico. En vertebrados, una vez que los HAPs son incorporados, los mismos son metabolizados en el hígado, y los metabolitos producidos se secretan en la bilis, almacenándose en la vesícula biliar para luego ser excretados en las heces (Ruddock et al. 2002). Barreto et al. (2020) analizaron por primera vez en *S. magellanicus* de Brasil metabolitos de hidrocarburos en muestras de bilis como biomarcadores de exposición. Los metabolitos de naftaleno seguidos por fenantreno fueron predominantes en las muestras biliares, lo que es indicativo de fuentes petrológicas, en concordancia con lo observado por Quinete et al. (2020) para la especie.

Burgos-Núñez et al. (2017) evaluaron las concentraciones de HAPs en distintas matrices de la Bahía de Cispatá en el norte de Colombia, incluidas dos especies de aves residentes (*Pelecanus occidentalis* y *Fregata magnificens*), y dos de aves migratorias (*Phalacrocorax brasilianus* y *Thalasseus maximus*). Se detectaron concentraciones de HAPs en todas las muestras analizadas, donde el naftaleno y fluoranteno presentaron las mayores concentraciones (26 y 6 ng/ml, respectivamente). Al igual que en los otros trabajos de la región, los resultados de perfiles de HAPs demuestran el origen petrogénico de estos compuestos, asociada a la actividad portuaria de la región.

A pesar de la intensa actividad de explotación petrolera, así como de otras actividades humanas que aportan HAPs al mar en los ambientes marinos y costeros de Sudamérica, son muy pocos los trabajos que evalúan estos contaminantes en aves en los últimos 20 años. Consideramos que es necesario extender este tipo de estudios en toda la región para una mejor comprensión de la biodisponibilidad de los HAPs y su

impacto en las aves marinas.

Elementos traza

Los elementos traza son metales y/o metaloides que ocurren naturalmente en el ambiente. Sin embargo, la actividad del hombre puede modificar sus ciclos biogeoquímicos y hacerlos más disponibles para la biota (Wang et al. 2021). Las fuentes naturales de los elementos traza son el vulcanismo, la erosión del suelo, los incendios forestales, así como los movimientos de surgencia en los océanos. La extracción, uso y una mala disposición final de los elementos y los productos que se generan, así como actividades como la extracción y refinamiento del petróleo aumentan las concentraciones de elementos en los ecosistemas (Akinlua & Smith 2010, Richir & Gobert 2016).

Los elementos traza se pueden clasificar en esenciales, por ejemplo cobre y zinc, y no esenciales, como cadmio y mercurio. Los primeros son requeridos por los organismos para poder realizar funciones vitales, y tanto una falta o exceso de los mismos pueden provocar efectos adversos (Duffus 2002, Palmar & Thakur 2013). Los elementos no esenciales son aquellos que no presentan funciones biológicas conocidas y muestran síntomas de toxicidad en los organismos dependiendo del tiempo y concentraciones de exposición (Engwa et al. 2019). En esta revisión, nos centraremos en la evaluación de elementos traza no esenciales con relevancia ecotoxicológica en aves marinas (Tabla 2), dado que son los que presentan una mayor preocupación a nivel ambiental.

En términos generales, el cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg), fueron los elementos más analizados en

Tabla 1. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos (PAHs) policíclicos en aves marinas de Sudamérica. HPLC/F: cromatografía líquida de alto rendimiento con detector de fluorescencia. *Incluye: *Pelecanus occidentalis* (n = 11), *Fregata magnificens* (n = 7), *Phalacrocorax brasilianus* (n = 10), *Thalasseus maximus* (n = 5).

Especie	Compuesto	País	Año de muestreo	N	Tejido	Concentración (media)	Rango	Unidad	Método de análisis	Referencia
<i>Spheniscus magellanicus</i>	Σmetabolito PAHs	Brasil	2008	79	bilis		<0.33–270	µg/g	HPLC/F	Barreto et al. (2020)
	ΣPAHs	Brasil	2012	9	hígado	1.71	0.11 – 8.77	µg/g p.s.	GC-MS/MS	Quinete et al. (2020)
	ΣPAHs	Brasil	2012	13	músculo	0.14	<LC – 1.02	µg/g p.s.	GC-MS/MS	
Aves marinas residentes y migratorias*	ΣPAHs	Colombia	2010–2011	32	plasma	0.066		µg/ml	GC-MS	Burgos-Núñez et al. (2017)

aves marinas. Al igual que para otros contaminantes, la cantidad de reportes de origen brasilero fue mayor. Las matrices más analizadas fueron plumas, hígado y sangre. Las concentraciones en plumas en juveniles pueden reflejar los niveles de exposición durante el crecimiento, mientras que en adultos reflejan las concentraciones de exposición entre mudas. Además, los diferentes tipos de pluma pueden dar información diferente. Por ejemplo, Bighetti et al. (2022) analizó las concentraciones de Hg en diferentes tipos de plumas de *S. leucogaster* y se identificaron diferencias entre ellas de acuerdo a la zona del cuerpo, seguramente debido a la fisiología, proponiendo a las plumas ventrales como matriz para el biomonitoreo de este metal, ya que presentó las mayores concentraciones (6.46 ± 1.19 µg/g). Por el contrario, Brasso et al. (2013) reportó baja variabilidad en las concentraciones de Hg entre distintos tipos de plumas de dos especies de pingüinos.

Los elementos traza no esenciales pueden sufrir procesos de bioacumulación (Barbieri et al. 2010), por lo tanto es esperable que los adultos presenten concentraciones mayores comparados con juveniles (o pichones, según el estudio). Esto quedó demostrado en algunos trabajos por ejemplo para las especies *S. magellanicus* (Frias et al. 2012), *S. leucogaster* (Bighetti et al. 2021), *L. dominicanus* (Barbieri et al. 2010).

En aves marinas el Cd se considera tóxico cuando se presenta en concentraciones mayores a 5 µg/g (Burger & Gochfeld 2004). En *L. dominicanus* de Chile (Cortés & Luna-Jorquera 2011) las concentraciones del metal estuvieron por encima de este valor, aunque estos valores no se asociaron a daño hepático en la especie. Se ha demostrado que las concentraciones elevadas de ciertos metales como Cd y zinc (Zn) en hígado y riñón, inducen la síntesis de metalotioneínas (MTs), proteínas de bajo peso molecular rica en cisteína. Las MTs actúan en la homeostasis de elementos esenciales y protegen contra la toxicidad de metales pesados, especialmente Cd (Stewart et al. 1996, Braune & Scheuhammer 2008). Esto podría explicar la ausencia de daño observada en *L. dominicanus*. En aves marinas de Sudamérica, se encontró una relación positiva entre los niveles de metalotioneínas y las concentraciones de Cd determinadas en *S. magellanicus* en Brasil (Kehrig et al. 2015), reforzando el papel protector y detoxificador de estas proteínas en aves.

El Hg presenta diversos efectos subletales perjudiciales para las aves (Chastel et al. 2022). La disminución del éxito reproductivo es la consecuencia más investigada y reportada de la exposición al Hg (Whitney & Cristol 2017). Se reportaron, por ejemplo, reducción del

número de huevos (Tartu et al. 2013), adelgazamiento de la cáscara y disminución del peso o volumen del huevo (Olivero-Verbel et al. 2013, Ibañez et al. 2024). También se reportaron efectos en el comportamiento, como disminución del tiempo de cuidado parental (Tartu et al. 2015) y del tiempo de forrajeo (Evers et al. 2008). Además, se observaron efectos neurotóxicos (Scheuhammer et al. 2008, Scoville & Lane 2013), alteraciones en los perfiles de algunas hormonas como corticosterona (Herring et al. 2012) y hormona luteinizante (Tartu et al. 2013, 2014), y efectos en el sistema inmunológico (Hoffman et al. 2009, Ibañez et al. 2024).

En las aves marinas de Sudamérica, especímenes de *P. occidentalis* y *F. magnificens* (Burgos-Núñez et al. 2017) presentaron concentraciones por encima del valor relacionado con efectos adversos en aves (5 µg Hg/g, Schreiber & Burger 2002). Los autores postulan que es posible que dada la capacidad de demetilación, y posterior acumulación como Hg inorgánico, estas aves marinas puedan tolerar estas concentraciones de metal. Se ha postulado que este grupo biológico puede ser menos susceptible a los efectos tóxicos del Cd y el Hg, por haber evolucionado con exposiciones naturales elevadas de estos elementos (Burger et al. 2009), aunque esta hipótesis debe ser confirmada para las especies evaluadas en cuanto a los mecanismos de detoxificación (dos Santos Lima et al. 2023).

Las concentraciones de Pb reportadas en aves marinas fueron bajas, y por lo general por debajo de las concentraciones (>4 mg/g) que se consideran inseguras para la biota (Tsipoura et al. 2011). Por lo tanto, si bien deben continuar los esfuerzos de monitoreo en diversas especies, los estudios llevados a cabo hasta el momento indican que el Pb no sería un problema para la salud de las aves marinas de Sudamérica.

En términos generales, las concentraciones reportadas en aves marinas de Sudamérica no estarían indicando niveles perjudiciales para la salud de los individuos y las poblaciones. Sin embargo, la presencia de elementos traza no esenciales, aún en niveles bajos, constituyen un riesgo para los organismos y, por lo tanto, se recomienda presentar la necesidad de monitoreos ambientales continuos, particularmente frente a un contexto de expansión humana continua.

Contaminantes emergentes

Los contaminantes de preocupación emergente o contaminantes emergentes (CEs) son compuestos que han sido detectados en el medio ambiente para los cuales actualmente no existen regulaciones o

son muy limitadas y cuyo destino, comportamiento y efectos ecotoxicológicos no se conocen en su totalidad (Thomaidis et al. 2012, Norman 2016, González-Rubio et al. 2021). Dentro de este grupo heterogéneo podemos mencionar los retardantes de llama nuevos o alternativos, sustancias perfluoroalquiladas (PFAS), productos farmacéuticos y de cuidado personal, drogas ilícitas y drogas de abuso, pesticidas polares, productos veterinarios, plásticos y aditivos, entre otros (Thomaidis et al. 2012). Las principales fuentes de CE son los efluentes domésticos e industriales, los escurrimientos de la agricultura, ganadería y acuicultura, y los lixiviados de la disposición final de residuos urbanos (Morin-Crini et al. 2022). Los datos publicados sobre la aparición y los posibles efectos toxicológicos de estos contaminantes en el ambiente marino de Sudamérica son limitados (Griffero et al. 2019, Reichert et al. 2019, Souza et al. 2022).

En esta sección se desarrollarán en detalle aquellos CE de los cuales se encontraron reportes en aves marinas de Sudamérica. Sin embargo, teniendo en cuenta la amplia y creciente variedad de CE que pueden encontrarse en el ambiente marino y que ya han sido reportados en este grupo biológico (ej., Lewis et al. 2020, 2022, Power et al. 2021, Bianchini et al. 2022, Distefano et al. 2022, Provencher et al. 2022, Sühling et al. 2022, Matos et al. 2024), es necesario mayores esfuerzos para futuros estudios.

Plaguicidas de uso actual. La prohibición de los plaguicidas incluidos en el convenio de Estocolmo (sección 1) ha devenido en el desarrollo de nuevos plaguicidas de uso actual (PUAs), los cuales suponen presentar menor persistencia en el ambiente (Gouin et al. 2008, Miglioranza et al. 2021). Sin embargo, considerando el uso amplio y continuo de los PUAs en diferentes actividades como agricultura, veterinaria, uso doméstico, sanitario entre otras; estos contaminantes pueden suponer un riesgo para la vida silvestre y comportarse como compuestos “pseudopersistentes” (de Souza Guida et al. 2018). Brasil y Argentina están dentro de los países con mayor consumo de PUAs del mundo (Pathak et al. 2022, Sabzevari & Hofman 2022), y existen registros de la presencia de compuestos (como por ejemplo: insecticidas clotianidina, imidacloprid y lambda-cialotrina, fungicidas azoxistrobina y carabendazim y el herbicida glifosato y su metabolito AMPA) en distintas matrices bióticas y abióticas (Climent et al. 2019, Pérez et al. 2021, Cezarette et al. 2024). En aves marinas de Sudamérica son escasos los reportes de PUAs, concentrándose los únicos tres (3) trabajos en Argentina, resultando ser el clorpirifós el

plaguicida analizado (Tabla 3). Este compuesto es un insecticida organofosforado ampliamente utilizado en cultivos como el maíz, la soja y trigo, y es el principal insecticida utilizado en Argentina, Uruguay y Brasil (CASAFE 2012, Meire et al. 2012, Bombardi 2017).

Las concentraciones de clorpirifós en plumas de *Daption capense*, *Thalassarche melanophris* (Quadri-Adrogué et al. 2019) y *Larus atlanticus* (Quadri-Adrogué et al. 2021) fueron las más elevadas (máximo: 4551 ng/g plumas) de todos los plaguicidas analizados en los trabajos. Los juveniles de *L. atlanticus* presentaron mayores niveles que los subadultos y adultos, reflejando una exposición previa en el huevo durante la temporada de reproducción. También se observaron diferencias entre sexos donde los machos tendieron a presentar niveles relativamente mayores a las hembras para las tres especies. Las diferencias entre sexos se han atribuido a la “detoxificación” durante el proceso de formación de huevos, la especialización de la dieta, el uso diferencial de las áreas de alimentación e incluso diferencias en el tamaño corporal (Borgă et al. 2007).

Debido a la vida media corta del clorpirifós (desde 2 semanas a 1 año; Chai et al. 2013) y el intenso uso en los años muestreados (2011-2016), las concentraciones encontradas en estas especies indican una exposición reciente al plaguicida. Si bien en la actualidad el clorpirifós se encuentra prohibido para su comercialización y uso en el territorio argentino (SENASA, Resolución 414/2021), existen cientos de otros PUAs ampliamente utilizados en la región. Por lo tanto, es importante ahondar en los estudios para comprender cuál puede ser el riesgo real al que están expuestas estas y otras especies de aves marinas en las costas argentinas y en el resto de los países con uso intensivo de los mismos.

Compuestos per y polifluoroalquilados. Las sustancias perfluoroalquiladas (PFAS por sus siglas en inglés) son una familia de compuestos químicos sintéticos que constan principalmente de una estructura de carbono con flúor que satura la mayoría de los carbonos y al menos un grupo funcional, como un ácido carboxílico, ácido sulfónico, amina u otro (Thomaidis et al. 2012). Esta estructura le da características únicas, siendo lipofóbicas e hidrofóbicas, pero el grupo funcional les permite interactuar con moléculas polares. Son resistentes a la degradación por lo que los PFAS se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales, comerciales y de consumo, como ser adhesivos, construcción, cerámicos, pinturas, productos de limpieza, cosméticos y productos de cuidado personal, productos electrónicos, plaguicidas, espumas

Tabla 2. Concentraciones de elementos traza no esenciales en aves marinas de Sudamérica. Los valores se expresan y como media ± DE o (rango) (µg/g). *indica que la unidad es µg/g peso seco.

Especie	Tejido	N	Cd	Pb	Hg	As	País	Año de muestreo	Referencia
Charadriiforme (Laridae)									
<i>Creagrurus furcatus</i>	pluma				9.43 ± 4.06		Ecuador	2011-2024	Zarn et al. (2020)
		10	0.07 ± 0.02	7.54 ± 1.66			Brasil	2005	Barbieri et al. (2010)
	pluma	27		(<0.01-6.48)	< LD		Brasil	2011-2013	Ebert et al. (2020)
		54	0.03 ± 0.04	5.97 ± 6.0	1.13 ± 0.13	0.75 ± 0.21	Chile	2008-2009	Sepúlveda & González-Acuña (2014)
<i>Larus dominicanus</i>	hígado	20	9.72 ± 0.11				Chile	2002	Cortés & Luna-Jorquera (2011)*
		7	(1.02-101)		(0.3-1.23)		Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
		7	1.28 ± 0.53			3.26 ± 0.42	Brasil	2010-2011	Moura et al. (2018a)
	músculo	30	0.4 ± 0.3	0.6 ± 3	3.1 ± 2	2.7±3	Brasil	2016-2018	Pedrobom et al. (2021)*
		7	0.22-2.47	0.53-0.86			Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
		8	0.37 ± 0.60			1.95 ± 0.42	Brasil	2010-2011	Moura et al. (2018a)
<i>Leucophaeus atricilla</i>	riñón		(10.2-491)				Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	sangre	20	<LD	0.06 ± 0.04	2.5 ± 1.4	1.5 ± 1.0	Guayana Francesa	2013	Sebastiano et al. (2017)
Charadriiforme (Sternidae)									
<i>Anous stolidus</i>	sangre	20	0.05 ± 0.02	0.02 ± 0.01	1.1 ± 0.1	8.4 ± 3.9	Guayana Francesa	2013	Sebastiano et al. (2017)
<i>Onychoprion fuscatus</i>	sangre	20	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.00	0.9 ± 0.2	10.7 ± 4.9	Guayana Francesa	2013	Sebastiano et al. (2017)
<i>Thalasseus acutiflavus</i>	músculo	6	0.44 ± 0.43			2.90 ± 0.71	Brasil	2003-2006	Moura et al. (2018a)
<i>Thalasseus maximus</i>	pluma	5	2.43 ± 0.59	0.04 ± 0.31	3.57 ± 1.37		Colombia	2010-2011	Burgos-Núñez et al. (2017)
	sangre	15	<LD	0.03 ± 0.03	2.6 ± 0.7	3.9 ± 2.6	Guayana Francesa	2013	Sebastiano et al. (2017)
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	sangre	20	<LD	0.02±<0.01	1.1 ± 0.3	8.7 ± 4.4	Guayana Francesa	2013	Sebastiano et al. (2017)
Pelecaniformes (Pelecanidae)									
<i>Pelecanus occidentalis</i>	pluma	11	2.01 ± 2.84	0.68 ± 0.25	5.15 ± 1.52		Colombia	2010-2011	Burgos-Núñez et al. (2017)
Phaethontiformes (Phaethontidae)									
<i>Phaethon aethereus</i>	pluma	99	1.17 ± 1.86	1.21 ± 2.61	0.89 ± 1.68	4.95 ± 9.47	Brasil	2019-2022	de Barros Bauer et al. (2024)
					7.47±3.64		Ecuador	2011-2022	Zarn et al. (2020)
	sangre	99	0.33 ± 0.56	0.55 ± 0.86	0.14 ± 0.20	3.08 ± 7.83	Brasil	2019-2022	de Barros Bauer et al. (2024)
Podicipediformes (Podicipedidae)									
<i>Podiceps major</i>	hígado	1	0.3	2.6	1.6		Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	riñón	1	1	2.4			Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
<i>Podiceps occipitales</i>	hígado	1	1.1	3.6			Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	riñón	1	4.4	2.2			Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
Procelariiformes (Diomedidae)									
<i>Phoebastria irrorata</i>	pluma	24	<LD	<LD			Ecuador	2011-2012	Jimenez-Uzcátegui et al. (2017)

Especie	Tejido	N	Cd	Pb	Hg	As	País	Año de muestreo	Referencia
	pluma	50	0.2	4.31			Argentina	2005	Seco Pon et al. (2011)*
<i>Thalassarche melanophrys</i>	hígado	1	3.9	<LD	0.9		Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	músculo	1	0.2	0.8			Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	riñón	1	31	<LD			Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
Procelariforme (Hydrobatidae)									
<i>Oceanodroma tethys tethys</i>	pluma				6.68±3.76		Ecuador	2011-2022	Zarn et al. (2020)
Procelariforme (Procellariidae)									
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	pluma	30	7.34 ± 1.70	33.05 ± 8.48	1.84 ± 2.48		Brasil	2006-2007	Carvalho et al. (2013)*
	sangre	30	2.93 ± 0.98	8.21 ± 3.53	3.20 ± 3.67		Brasil	2006-2007	Carvalho et al. (2013)*
<i>Procellaria conspicillata</i>	pluma	38	7.33 ± 1.57	32.26 ± 8.71	11.17 ± 3.78		Brasil	2006-2007	Carvalho et al. (2013)*
	sangre	38	3.31 ± 1.58	9.30 ± 4.33	3.41 ± 2.14		Brasil	2006-2007	Carvalho et al. (2013)*
<i>Puffinus gravis</i>	hígado	15	10.52 ± 4.8	0.28 ± 0.20			Brasil	2003	Barbieri et al. (2007)
	riñón	15	19.12 ± 11.68	0.21 ± 0.22			Brasil	2003	Barbieri et al. (2007)
<i>Puffinus griseus</i>	hígado	2	(2.2-4.2)	(0.7-3.5)	(0.2-0.4)		Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	músculo	2	(0.2-0.2)	(0.9-1.1)			Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	riñón	2	(23-24)	(<LD -2.4)			Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
<i>Puffinus puffinus</i>	hígado	20	22.33 ± 25.46	0.1 ± 0.06	7.19 ± 3.37		Brasil	2005-2011	Cardoso et al. (2014)*
	músculo	37	1.11 ± 1.72	0.16 ± 0.09	1.23 ± 0.53		Brasil	2005-2011	Cardoso et al. (2014)*
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	hígado	5	5.40 ± 5.33	0.015 ± 0.01	28.39 ± 30.4	12.33 ± 11.57	Brasil	2005-2011	Cardoso et al. (2014)*
<i>Thalassarche melanophris</i>	hígado	19	26.49 ± 32.85	0.024 ± 0.01	17.40 ± 27.7	26.59 ± 17.66	Brasil	2005-2011	Cardoso et al. (2014)*
Sphenisciformes (Spheniscidae)									
<i>Eudyptes chrysocome</i>	pluma	10			5.44 ± 0.67		Argentina	2008-2012	Brasso et al. (2013)
	pluma	29			1.21±0.27	5±0.2	Peru	2009	Adkesson et al. (2019)
<i>Spheniscus humboldti</i>		27			0.15±0.07		Peru	2009	Adkesson et al. (2019)
	sangre	30	(0.01-0.03)	(0.01-0.04)	0.11 - 0.03	0.04±0.01	Peru	2011	Adkesson et al. (2023)
	heces	20	42.47±45.55	12.79±9.97	0.61±0.40	7.86±4.88	Chile	2011-2012	Celis et al. (2014)*
		13	(2.83-33.5)	<LD	(0.47-2.19)		Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
		22	7.25 ± 4.71	0.58 ± 0.32	5.70 ± 3.73		Brasil		Kehrig et al. (2015)*
<i>Spheniscus magellanicus</i>	hígado	121			1.82 ± 1.61		Brasil	2006-2012	Moura et al. (2018b)
		35	24.4 ± 23.6	<LD	5.7 ± 4.1		Brasil	2006-2007	Vega et al. (2010)*
		16	0.14-3.31	0.36-1.63	0.36-0.56		Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	músculo	121			0.47 ± 0.28		Brasil	2006-2012	Moura et al. (2018b)
		35	<LD	<LD	<LD		Brasil	2006-2007	Vega et al. (2010)*
	riñón	13	18.5-93.6	0.45-2	0.29-0.43		Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
		22	46.50 ± 33.55	0.55 ± 0.30	2.47 ± 1.42		Brasil		Kehrig et al. (2015)*

Especie	Tejido	N	Cd	Pb	Hg	As	País	Año de muestreo	Referencia
<i>Spheniscus magellanicus</i>	pluma				1.67 ± 0.22		Argentina	2008-2012	Brasso et al. (2013)
		79			0.109 ± 0.1		Argentina	2007	Frias et al. (2012)
		26			0.68 ± 0.40		Argentina	2017	Quadri-Adrogué et al. (2022)
			263	0.86		234	Chile	2011	Celis et al. (2023)*
			0.13 ± 0.07	0.14 ± 0.08	0.78 ± 0.44		Brasil		Kehrig et al. (2015)*
<i>Spheniscus mendiculus</i>	pluma	28	<LD	193 ± 48.3			Ecuador	2011-2012	Jimenez-Uzcátegui et al. (2017)
Suliformes (Fregatidae)									
<i>Fregata magnificens</i>	hígado	9	0.57 ± 0.57			1.29 ± 0.38	Brasil	2000-2004	Moura et al. (2018a)
	músculo	7	0.23 ± 0.30			2.19 ± 0.34	Brasil	2000-2004	Moura et al. (2018a)
	pluma	7	0.36 ± 0.23		10.19 ± 4.99	0.51 ± 0.27	Colombia	2010-2011	Burgos-Núñez et al. (2017)
					6.07 ± 3.17		Ecuador	2011-2017	Zarn et al. (2020)
	sangre	20	<LD	0.02 ± 0.01	5.81 ± 1.27	2.35 ± 1.44	Guayana Francesa	2013	Sebastiano et al. (2016, 2017)
<i>Fregata minor</i>	pluma				7.32±2.9		Ecuador	2011-2017	Zarn et al. (2020)
Suliformes (Phalacrocoracidae)									
<i>Nannopterum brasilianus</i>	hígado	73	0.14 ± 0.17	0.05 ± 0.26	4.28 ± 3.92	0.81 ± 1.05	Brasil	2015-2022	dos Santos Lima et al. (2023)*
<i>Phalacrocorax atriceps</i>	hígado	1	1.6		1		Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	músculo	0.1	0.9				Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	riñón	2.4					Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
<i>Phalacrocorax bougainvillii</i>	sangre	92			1.0 ± 0.3		Peru	2009-2013	Le Croizier et al. (2022)
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	pluma	10	< LD	0.69 ± 0.06	4.99 ± 1.47		Colombia	2010-2011	Burgos-Núñez et al. (2017)
<i>Phalacrocorax gaimardi</i>	hígado	1	1.7		0.9		Argentina	1994-1995	Gil et al. (2006)
	músculo	1	0.1	1.3			Argentina	1994-1996	Gil et al. (2006)
<i>Phalacrocorax harrisi</i>	pluma	30	<LD	42.60 ± 8.52			Ecuador	2011-2012	Jimenez-Uzcátegui et al. (2017)
Suliformes (Sulidae)									
<i>Sula granti</i>	pluma				14.51±3.7		Ecuador	2011-2017	Zarn et al. (2020)
	hígado	20	1.24 ± 0.99			2.20 ± 0.44	Brasil	1984-1985	Moura et al. (2018a)
		39	6.33±2.66	41.15±12.31			Brasil	2007-2009	Ferreira (2013)
		19	0.26 ± 0.37			2.03 ± 0.40	Brasil	1984-1985	Moura et al. (2018a)
	riñón	39	6.57±2.63	39.63±12.6			Brasil	2007-2009	Ferreira (2013)
<i>Sula leucogaster</i>	sangre	96	0.20 ± 0.25	0.24 ± 0.35	0.22 ± 0.40	2.35 ± 5.30	Brasil	2019-2022	de Barros Bauer et al. (2024)*
	pluma	99	1.06 ± 1.57	1.03 ± 2.04	0.94 ± 1.31	5.95 ± 16.77	Brasil	2019-2022	de Barros Bauer et al. (2024)*
		51	0.05 ± 0.06			0.35 ± 0.18	Brasil	2013-2014	Dolci et al. (2017)*
		10			0.12 ± 0.01		Brasil	2018	Bighetti et al. (2021)
	huevo	47	0.03 ± 0.03			2.37 ± 1.01	Brasil	2013-2014	Dolci et al. (2017)*
<i>Sula nebouxii excisa</i>	plumas				6.56±3.7		Ecuador	2011-2019	Zarn et al. (2020)
<i>Sula sula</i>	plumas				9.8±1.25		Ecuador	2011-2020	Zarn et al. (2020)
<i>Sula variegata</i>	sangre	90			0.6 ± 0.1		Peru	2009-2013	Le Croizier et al. (2022)

contra incendios, entre tantos otros (Gaines 2023).

Estos compuestos son ubicuos y pueden transportarse hasta zonas remotas (Yamazaki et al. 2021). Se ha descrito que pueden provocar alteraciones en el metabolismo y en los sistemas endocrino e inmunológico (Eckbo et al. 2019, Ask et al. 2021, Sebastiano et al. 2021, 2023). Si bien el sulfonato de perfluorooctano (PFOS) y el ácido perfluorooctanoico (PFOA) se incluyeron en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes en 2009 y 2019, respectivamente (UNEP 2019), se los considera emergentes ya que nuevos PFAS son producidos y liberados continuamente al medio ambiente (Gordon 2011, Pan et al. 2018). En relación a las aves marinas, se han encontrado PFAS en huevos (Jang et al. 2022, Wells et al. 2024), plumas (Padilha et al. 2022, 2024), plasma (Ask et al. 2021, Wells et al. 2024) e hígado (Meyer et al. 2009, Sühning et al. 2022).

A pesar del gran uso de estos compuestos, en Sudamérica se han reportado niveles de PFAS en sólo dos especies de aves marinas (Tabla 3). Olivero-Verbel et al. (2006) estudiaron la distribución tisular de PFAS en el pelícano *Pelecanus occidentalis* en la Bahía de Cartagena en Colombia. Los autores encontraron PFOS en todos los tejidos examinados, incluyendo la bilis, siendo el bazo y el hígado los tejidos con mayores concentraciones. Además, se encontraron concentraciones detectables de perfluorooctanosulfonamida (PFOSA) en los tejidos excepto en el hígado, de perfluorohexanosulfonato (PFHxS), sólo en hígado y los pulmones, y de PFOA sólo en una muestra de bazo. Sin embargo, ninguna de las concentraciones encontradas en *P. occidentalis* superó la concentración prevista sin efecto de 350 ng/g (Newsted et al. 2005).

En el pingüino *Spheniscus humboldti* del área Ma-

rina Protegida Punta San Juan (Perú) se analizaron muestras de plasma por la técnica de manchas de sangre seca. En las mismas se reportaron niveles detectables de PFOA y PFOS en un rango de 0.32 a 1.49 ng/mL, valores que se encontraron dentro de lo reportado para otras especies de aves y por debajo de la concentración prevista sin efecto de 1000 ng/mL establecida para el suero (Newsted et al. 2005, Sun et al. 2023).

Sebastiano et al. (2022) menciona la importancia del estudio de estos CE's dado el amplio uso de las PFAS en la región. En particular, dado que los países latinoamericanos resultan ser el destino principal de las exportaciones de insecticidas en base a sulfluramida, y que en países como Brasil, Argentina y Uruguay se registra su uso intensivo tanto agrícola como domiciliario (Gilljam et al. 2016, Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo de Argentina 2018), es importante seguir trabajando sobre la detección de estos CE's para evaluar su concentración en el tiempo y determinar si son una amenaza para los ecosistemas marinos sudamericanos.

Plásticos. Los desechos marinos (también llamados basura marina) son cualquier material sólido persistente de origen antropogénico eliminados en el medio marino (Kumar et al. 2016). Los plásticos se definen como polímeros sintéticos con propiedades termoplásticas o termoestables (sintetizados a partir de materias primas de hidrocarburos o biomasa), elastómeros (por ejemplo, caucho butílico), fibras de materiales, líneas de monofilamento y revestimientos (GESAMP 2019), constituyendo el 80% de los desechos encontrados en el mar (UNEP 2016). Esto es el resultado de las actividades humanas tanto en tierra como marítimas, y se puede encontrar plásticos en las costas, suspendidos en la columna de agua, en los se-

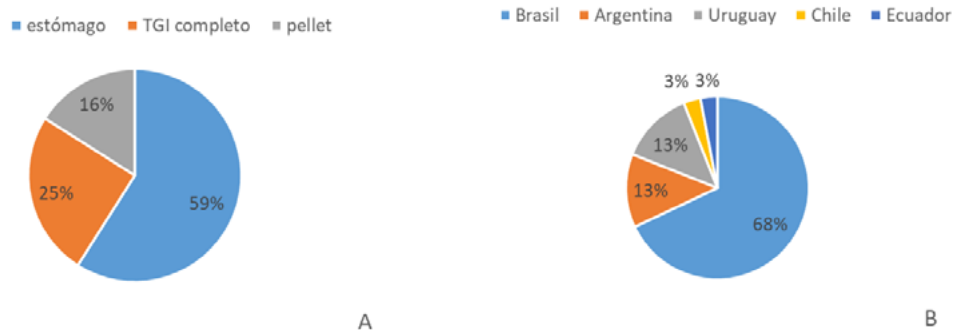


Figura 3. Reportes de desechos marinos en aves marinas de Sudamérica. A) porcentaje de muestras analizadas de acuerdo al tejido/órganos. B) porcentaje de publicaciones llevadas a cabo por país. TGI: tracto gastrointestinal.

Tabla 3. Contaminantes emergentes en aves marinas de Sudamérica. PUAs: plaguicidas de uso actual. PFAS: sustancias per y polifluoroalquiladas. PFOS: perfluorooctanosulfonato. PFOA: ácido perfluorooctanoico. GC-EDC: cromatografía gaseosa con detector de captura de electrones. HPLC/MS/MS: Cromatografía líquida de alta performance con detector de masas. LC/MS: Cromatografía líquida con detector de masas. a mediana.

Compuesto	Especie	País	Año de muestreo	N	Tejido	Concentración (media ± SD)	Rango	Unidad	Método de análisis	Referencia
PUAs										
Clorpirifós	<i>Daption capense</i>	Argentina	2011	19	pluma	84.66 ± 47.97		ng/g	GC-EDC	Quadri Adrogué et al. (2019)
Clorpirifós	<i>Thalasarche melanophris</i>	Argentina	2011	23	pluma	57.69 ± 23.82		ng/g	GC-EDC	Quadri Adrogué et al. (2019)
Clorpirifós	<i>Larus atlanticus</i>	Argentina	2013, 2014 y 2016	41	pluma		< LD - 4551	ng/g	GC-EDC	Quadri Adrogué et al. (2021)
PFAS										
PFOS	<i>Pelecanus occidentalis</i>	Colombia	2004	5	bazo	59.8	6.2-131.5	ng/g p.h.	HPLC/MS/MS	Olivero-Verbel et al. (2006)
					cerebro	3.5	1.3-11.4			
					corazón	2.1	1.7-6.9			
					hígado	36.65	4.02-55.73			
					músculo	0.8	0.7-2.7			
PFOA	<i>Spheniscus humboldti</i>	Peru	2011	30	pulmón	7.5	2.9-11.3		LC/MS	Adkesson et al. (2023)
					riñón	4.3	1.2-17.3			
					sangre	0.732 ± 0.261	0.36 - 1.49	ng/ml		
PFOS	<i>Spheniscus humboldti</i>	Peru	2011	30	sangre	0.5 a	0.32 - 0.96	ng/ml	LC/MS	Adkesson et al. (2023)

dimentos y en la biota, asociado a enredos o ingestión (Haarr et al. 2022). Los desechos plásticos se pueden clasificar en diferentes categorías según su tamaño: megaplásticos (> 1 m), macropásticos (2.5-100 cm), mesoplásticos (5-25 mm), micropásticos (0.001-5 mm) y nanopásticos (< 1 µm) (GESAMP 2019).

Estos desechos han sido el foco de estudio en aves marinas de Sudamérica asociado principalmente a estudios de dieta (Tabla 4). Brasil es el país con mayor cantidad de publicaciones sobre contenido de desechos marinos, seguidos por Argentina y Uruguay (Fig. 3B). En la mayoría de los trabajos se evaluaron plásticos en el tracto gastrointestinal (75%), aunque también hay reportes de análisis en pellets (Fig. 3A). En general, cuando se analizaron desechos antropogénicos, los plásticos fueron los desechos más comúnmente encontrados, reflejando una elevada incidencia de este tipo de basura en el mar. Dentro de los plásticos, la mayoría de los reportes se focalizan en macro y mesoplásticos.

Los micropásticos (MPs) pueden clasificarse en primarios y secundarios. Los primeros corresponden a aquellos que se fabrican intencionalmente para ser usados como granulados, polvos y abrasivos en productos domésticos e industriales. Los MPs secundarios provienen de la degradación de materiales más grandes (GESAMP 2015). La presencia de MPs en los organismos tiene gran relevancia ambiental, debido a que por su pequeño tamaño y estabilidad presentan una gran biodisponibilidad (Cole et al. 2013). Sin embargo, son escasos las evaluaciones de MPs en aves marinas de Sudamérica. Además, la caracterización de las partículas plásticas encontradas en aves en muchos casos es superficial (Recabarren-Villalon et al. 2023) y no indican parámetros importantes para su caracterización como tamaño, forma, color y composición química (GESAMP 2019).

Independientemente de la especie, existen algunas tendencias en relación a MPs y aves marinas de la región. Para ello se tuvieron en cuenta los trabajos de Carrillo et al. (2023), Muñoz et al. (2023), Recabarren-Villalon et al. (2023) y Vanstreels et al. (2021), los cuales analizan partículas en el rango de los MPs y las han caracterizado según los ítems propuestos para una mejor evaluación en aves marinas (tamaño, forma, color y tipo de polímero) (Provencher et al. 2017, 2019b, 2020). El tamaño de las partículas fue en promedio de 26 ± 28 mm (rango: 0.72-108 mm) para las aves reportadas por Vanstreels et al. (2021) donde los nano y micropásticos fueron los más abundantes (65% del total). En las aves procelariformes evaluadas por Muñoz et al.

(2023) el valor medio de tamaño fue 18 ± 14 mm, con un rango de 2.3 a 90.4 mm, donde los mesoplásticos fueron los que presentaron mayor frecuencia (55%). En *S. hirundo* el tamaño promedio fue 1.07 ± 0.86 mm (Carrillo et al. 2023) y para *S. magellanicus* el 91% de las partículas correspondía al rango de los micropásticos con tamaños dentro del rango de 1-3 mm las más abundantes (Recabarren-Villalon et al. 2023).

En cuanto a la forma, las fibras y los films fueron las más abundantes, entre un 28 y 97% del total de partículas. Esto coincide con la predominancia de las fibras reportadas en el ambiente marino (Arias et al. 2022, Díaz-Jaramillo et al. 2021, Hamilton et al. 2021). Los colores negro y transparente (o blanco/color claro) fueron los más comúnmente encontrados en aves marinas (alrededor del 35%). Para identificar el tipo de polímero se utilizó la espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), indicando la presencia y predominancia de ésteres de celulosa (CP), tereftalato de polietileno (PET), poliacrilonitrilo (PAN) y polipropileno (PP) en *S. hirundo* (Carrillo et al. 2023) y PP, poliéster, PET y poliestireno (PS) en *S. magellanicus* (Recabarren-Villalon et al. 2023).

Las partículas plásticas pueden contener una amplia variedad de productos químicos, incluyendo aquellos que se originaron durante la fabricación como sustancias químicas que se absorben del medio ambiente (GESAMP 2019). Entonces además de los efectos negativos que pueden provocar los plásticos en los organismos, se suman aquellos producidos por los contaminantes en su superficie. Un único reporte evaluó COPs en plásticos encontrados en el tracto gastrointestinal de procelariformes de Brasil (Colabuono et al. 2010). En dicho trabajo, se detectaron PCBs en partículas plásticas (pellets y fragmentos) en un rango de 243 a 491 ng/g. Entre los POCs, el p,p'-DDE presentó las concentraciones más elevadas con valores entre 68 y 99 ng/g. La presencia de HCB, clordanos, ciclodienos y mirex también fue reportada.

A pesar de la gran preocupación por los posibles efectos de los MP en el medio ambiente, falta conocimiento sobre su distribución, sus efectos biológicos y sus impactos a nivel de ecosistema, especialmente en los grandes vertebrados marinos (Duncan et al. 2019). Si bien existen algunos intentos sobre la validación y estandarización en la evaluación de plásticos en la región como por ejemplo Procelariformes (Gallo et al. 2021), futuros esfuerzos deben ir hacia la aplicación de protocolos estandarizados a fin de hacer comparables los estudios sobre plásticos en aves marinas en general, con énfasis en las partículas más pequeñas (micro y nanopásticos).

Tabla 4. Desechos marinos en aves marinas de Sudamérica. FO: frecuencia de observación. TGI: tracto gastrointestinal.

	Matriz	País	Año de muestreo	FO (%)	Referencias
Charadriiforme (Laridae)					
Larus dominicanus	TGI	Brasil	2017-2022	9.7-50	Baes et al. (2024), Vanstreels et al. (2021)
		Argentina	2012-2017	3.6	Yorio et al. (2020)
	Pellet	Uruguay	2001-2013	17.7-25	Burgues et al. (2020), Lenzi et al. (2016)
		Argentina	2012-2017	10.4	Yorio et al. (2020)
		Chile	2003	9.7-48.8	Ludynia et al. (2005)
Charadriiforme (Rynchopidae)					
Rynchops niger	TGI	Brasil	2017-2022	6.7	Baes et al. (2024)
Charadriiforme (Stercorariidae)					
Stercorarius maccormicki	TGI	Brasil	2017-2022	100	Baes et al. (2024)
Charadriiforme (Sternidae)					
Sterna hirundinacea	TGI	Brasil	2010-2022	3.1	Baes et al. (2024)
Sterna hirundo	TGI	Brasil	2017-2022	4.5-22	Baes et al. (2024), Tavares et al. (2017), Vanstreels et al. (2021)
		Argentina	2019-2020	100	Carrillo et al. (2023)
	Pellet	Brasil	1999-2000	0.6	Bugoni & Vooren (2004)
Thalasseus acuflavidus	TGI	Brasil	2017-2022	1.27-15	Baes et al. (2024), Vanstreels et al. (2021)
Procelariiforme (Diomedeidae)					
Diomedea dabbenena	TGI	Uruguay	2005-2012	33.3	Jimenez et al. (2015)
Diomedea epomorpha	TGI	Uruguay	2005-2012	17.4	Jimenez et al. (2015)
Diomedea sanfordi	TGI	Uruguay	2005-2012	38.9	Jimenez et al. (2015)
Phoebastria irrorata	TGI	Ecuador	2007	7	Anderson et al. (2008)
Thalassarche chlororhynchos	TGI	Brasil	1991-2022	5.8-60	Baes et al. (2024), Barbieri (2009), Colabuono & Vooren (2007), Colabuono et al. (2009, 2010), Tavares et al. (2017), Vanstreels et al. (2021)
Thalassarche melanophrys	TGI	Brasil	1991-2022	2-73.1	Baes et al. (2024), Barbieri (2009), Colabuono & Vooren (2007), Colabuono et al. (2009, 2010), do Nascimento et al. (2022), Petry et al. (2007), Tavares et al. (2017), Torinho et al. (2010)
		Uruguay	2005-2012	3.1-4.35	Jimenez et al. (2015), Muñoz et al. (2023)
Procelariiforme (Oceanitidae)					
Oceanites oceanicus	TGI	Brasil	2017-2022	25	Baes et al. (2024)
Procelariiforme (Procellariidae)					
Ardenna gravis	TGI	Brasil	2010-2022	56.3-68.1	Baes et al. (2024), Tavares et al. (2017)
		Uruguay	n.i.	100	Muñoz et al. (2023)
Ardenna grisea	TGI	Brasil	2017-2022	42.1	Baes et al. (2024)
Calonectris borealis	TGI	Brasil	1994-2022	20-80	Baes et al. (2024), Di Benedetto & Siciliano (2021), do Nascimento et al. (2022), Perez (2016), Tavares et al. (2017), Vanstreels et al. (2021)
Calonectris diomedea	TGI	Brasil	1994-2005	81-100	Colabuono et al. (2009), Petry et al. (2009)
Calonectris edwardsii	TGI	Brasil	2017-2022	100	Baes et al. (2024)
Daption capense	TGI	Brasil	200-2022	66.7-100	Baes et al. (2024), Barbieri (2009), Tavares et al. (2017)

	Matriz	País	Año de muestreo	FO (%)	Referencias
<i>Fulmarus glacialoides</i>	TGI	Brasil	1994-2022	33.3-79	Baes et al. (2024), Barbieri (2009), Colabuono et al. (2009)
<i>Halobaena caerulea</i>	TGI	Brasil	2017-2022	50	Baes et al. (2024)
<i>Macronectes giganteus</i>	TGI	Brasil	1994-2022	25-64.3	Baes et al. (2024), Barbieri (2009), do Nascimento et al. (2022), Tourinho et al. (2010)
<i>Macronectes halli</i>	TGI	Brasil	2011-2022	50-100	Baes et al. (2024), Leal et al. (2015)
		Uruguay	n.i.	100	Muñoz et al. (2023)
<i>Pachyptila belcheri</i>	TGI	Brasil	2000-2022	33.3-100	Baes et al. (2024), Barbieri (2009)
<i>Pachyptila desolata</i>	TGI	Brasil	2017-2022	62.5	Baes et al. (2024)
<i>Pachyptila vittata</i>	TGI	Brasil	2017-2022	66.7	Baes et al. (2024)
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	TGI	Brasil	1990-2022	21-100	Baes et al. (2024), Barbieri (2009), Colabuono & Vooren (2007), Colabuono et al. (2009, 2010), do Nascimento et al. (2022), Perez (2016), Petry & Benemann (2017), Tavares et al. (2017), Tourinho et al. (2010), Vanstreels et al. (2021)
		Uruguay	n.i.	47.6	Muñoz et al. (2023)
<i>Procellaria conspicillata</i>	TGI	Brasil	1991-2022	22-50	Baes et al. (2024), Colabuono & Vooren (2007), Colabuono et al. (2009, 2010)
	TGI	Uruguay	n.i.	75	Muñoz et al. (2023)
<i>Pterodroma incerta</i>	TGI	Brasil	2009-2019	37.7-100	do Nascimento et al. (2022), Perez (2016)
<i>Pterodroma mollis</i>	TGI	Brasil	2010-2022	48.6-50	Baes et al. (2024), Tavares et al. (2017)
<i>Puffinus gravis</i>	TGI	Brasil	1991-2015	72.4-100	Barbieri (2009), Colabuono et al. (2009, 2010), Di Benedetto & Siciliano (2021), Perez (2016), Petry et al. (2008), Tourinho et al. (2010)
<i>Puffinus griseus</i>	TGI	Brasil	1994-2007	59-100	Barbieri (2009), Petry et al. (2008), Tourinho et al. (2010)
<i>Puffinus puffinus</i>	TGI	Brasil	1991-2022	12.5-85.7	Baes et al. (2024), Barbieri (2009), Colabuono et al. (2009, 2010), do Nascimento et al. (2022), Petry et al. (2008), Tavares et al. (2017), Tourinho et al. (2010), Vanstreels et al. (2021)
Sphenisciformes (Spheniscidae)					
<i>Spheniscus magellanicus</i>	TGI	Brasil	1994-2022	14.6-89.1	Baes et al. (2024), Brandao et al. (2011), Di Benedetto et al. (2015), Di Benedetto & Siciliano (2017), Pinto et al. (2007), Marquez et al. (2018), Tourinho et al. (2010), Vanstreels et al. (2021)
		Argentina	2017-2021	15.5-100	Recabarren-Villalon et al. (2023), Seco Pon et al. (2023)
Suliformes (Fregatidae)					
<i>Fregata magnificens</i>	TGI	Brasil	2017-2022	8.2	Baes et al. (2024)
Suliformes (Phalacrocoracidae)					
<i>Nannopterum brasilianus</i>	TGI	Brasil	2017-2022	5.22	Baes et al. (2024)
Suliformes (Sulidae)					
<i>Sula dactylatra</i>	TGI	Brasil	2010-2013	50	Tavares et al. (2017)
<i>Sula leucogaster</i>	TGI	Brasil	2010-2022	7.9-23	Baes et al. (2024), Tavares et al. (2017), Vanstreels et al. (2021)

CONCLUSIÓN

En esta revisión se trató de proporcionar de manera sistemática y completa los datos sobre contaminantes en aves marinas de Sudamérica en los últimos 20 años. La disponibilidad de datos refleja tanto la capacidad de cada región para mantener programas de monitoreo, así como de los esfuerzos particulares de investigadores para la evaluación de los contaminantes, siendo Brasil el país que más aportó en la temática, no sólo por la cantidad de trabajos, sino por la diversidad de especies analizadas. Como era de esperar, los datos disponibles sobre contaminantes en aves marinas de América del Sur son relativamente escasos en comparación con otras regiones del mundo, por eso es necesario continuar con programas de apoyo a investigaciones tendientes a mejorar este tipo de conocimiento.

Si bien se han logrado grandes avances en el estudio de la presencia y dinámica de los contaminantes, son necesarios investigaciones continuas en el tiempo para evaluar el aumento o disminución de contaminantes persistentes y emergentes en estas matrices y regiones. Consideramos que es esencial la colaboración entre investigadores, para aumentar el conocimiento y de esa forma poder plasmar medidas concretas de conservación para las poblaciones de aves marinas en la región. Los resultados presentados en este trabajo proporcionan datos de referencia importantes para el seguimiento espacio-temporal de las aves marinas de Sudamérica.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Adkesson MJ, Levengood J, Scott J, Schaeffer D, Langan J, Cárdenas-Alayza S, de la Puente S, Majluf P, Yi S (2018) Assessment of polychlorinated biphenyls, organochlorine pesticides, and polybrominated diphenyl ethers in the blood of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) from the Punta San Juan Marine Protected Area, Peru. *Journal of Wildlife Diseases* 54:304-314. <https://doi.org/10.7589/2016-12-270>
- Adkesson MJ, Levengood J, Scott J, Schaeffer D, Panno B, Langan J, Cárdenas-Alayza S, James-Yi S (2019) Analysis of toxic and essential elements in the blood and feathers of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) at Punta San Juan, Peru. *Journal of Wildlife Diseases* 55:438-443. <https://doi.org/10.7589/2018-03-081>
- Adkesson MJ, Shlosberg A, Lehner AF, Rumbeiha WK, Cárdenas-Alayza S, Kannan K (2023) Measurement of persistent organic pollutants, perfluorinated compounds, and toxic metals in the blood of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) at Punta San Juan, Peru using dried blood spots. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 54(4):713-720. <https://doi.org/10.1638/2023-0047>
- Akinlua A, Smith R (2010) Subcritical water extraction of trace metals from petroleum source rock. *Talanta* 81 (4-5):1346-1349. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.02.029>
- de Albergaria-Barbosa ACR, da Silva DAM, da Silva Rocha AJ, Taniguchi S, Patire VF, Dias JF, Silva Fernandez W, Bicego MC (2018) Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons bioavailability on Santos Bay (Brazil) through levels of biliary metabolites. *Marine Pollution Bulletin* 129(2):822-828. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.006>
- Albers PH, Loughlin TR (2003) Effects of PAHs on marine birds, mammals and reptiles. Pp 243-261 en: Douben PET (ed) *PAHs: An Ecotoxicological Perspective*. John Wiley and Sons, New Jearsey, USA. <https://doi.org/10.1002/0470867132.ch13>
- Almeida M, do Nascimento D, de Oliveira P, Patire V, de Albergaria-Barbosa A (2018) Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of a Tropical Bay influenced by anthropogenic activities (Todos os Santos Bay, BA, Brazil). *Marine Pollution Bulletin* 137:399-407. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.040>
- Anderson DJ, Huyvaert KP, Awkerman JA, Proaño CB, Milstead WB, Jiménez-Uzcátegui G, Cruz S, Grace JK (2008) Population status of the Critically Endangered waved albatross *Phoebastria irrorata*, 1999 to 2007. *Endangered Species Research* 5:185-192. <https://doi.org/10.3354/ESR00089>
- Arias AH, Alfonso MB, Girones L, Marcovecchio JE, Piccolo MC (2022) Synthetic microfibers and tyre wear particles pollution in aquatic systems: relevance and mitigation strategies. *Environmental Pollution* 118607. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118607>
- Arias AH, Panebianco MV, Net S, Dumoulin D, Souissi S, Ouddane B, Cappozzo H, Marcovecchio JE (2016) Franciscana dolphins as PCBs marine biomonitors in Argentina, south-west Atlantic Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96:979-992. <https://doi.org/10.1017/S0025315415000776>
- Ask AV, Jenssen BM, Tartu S, Angelier F, Chastel O, Gabrielsen GW (2021) Per- and polyfluoroalkyl substances are positively associated with thyroid hormones in an Arctic seabird. *Environmental Toxicology and Chemistry* 40:820-831. <https://doi.org/10.1002/etc.4978>
- Baes L, Diniz Santiago C, Roman L, dos Santos Costa PC, Pugliesi E, Reigada C (2024) Beached seabirds as plastic biomonitors in Brazil from the Beach Monitoring Project of the Santos Basin (PMP-BS). *Marine Pollution Bulletin* 199:115847. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115847>
- Baldassin P, Taniguchi S, Gallo H, Maranhão A, Kolesni-

- kovas C, Amorim D, Mansilla M, Navarro R, Tabeira L, Bicego M, Montone R (2016) Persistent organic pollutants in juvenile Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) in South America. *Chemosphere* 149:391-399. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.016>
- Barbieri E (2009) Occurrence of plastic particles in procellariiforms, south of São Paulo state (Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52:341-348. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000200011>
- Barbieri E, Garcia C, de Andrade Passos E, Aragão K, Alves J (2007) Heavy metal concentration in tissues of *Puffinus gravis* sampled on the Brazilian coast. *Revista Brasileira de Ornithologia* 15(1):69-72
- Barbieri E, Passos E, Filippini A, dos Santos I, Garcia C (2010) Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (*Larus dominicanus*) sampled in the Florianópolis, SC, Brazilian coast. *Environmental Monitoring and Assessment* 169:631-638. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1202-4>
- Barra R, Colombo JC, Eguren G, Gamboa N, Jardim W, Mendoza G (2006) Persistent organic pollutants (POPs) in eastern and western South American countries. En: Ware, GW, Nigg HN, Doerge DR (eds) *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, vol 185. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/0-387-30638-2_1
- Barreto IS, de Albergaria-Barbosa ACR, Patire VF, Silva M, Baldassin P, Taniguchi S, Montone R, Gallo H, Maranhão A, Caruso Bicego M (2020) Bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons to penguins on the coast of southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 157:111306. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111306>
- de Barros Bauer A, de Andrade Linhares B, Nunes G, Costa P, Zebral Y, Bianchini A, Bugoni L (2024) Temporal changes in metal and arsenic concentrations in blood and feathers of tropical seabirds after one of the largest environmental disasters associated with mining. *Environmental Research* 248:118240. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118240>
- Berger M, Shaw S, Rolsky C, Chen D, Sun J, Rosing-Asvid A, Granquist S, Simon M, Bäcklin M, Roos A (2023) Alternative and legacy flame retardants in marine mammals from three northern ocean regions. *Environmental Pollution* 335:122255. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122255>
- Bianchini K, Mallory ML, Braune BM, Muir DCG, Provencher JF (2022) Why do we monitor? Using seabird eggs to track trends in Arctic environmental contamination. *Environmental Reviews* 30(2):245-267. <https://doi.org/10.1139/er-2021-0078>
- Bighetti G, Padilha J, Cunha L, Kasper D, Malm O, Mancini P (2021) Bioaccumulation of mercury is equal between sexes but different by age in seabird (*Sula leucogaster*) population from southeast coast of Brazil. *Environmental Pollution* 285:117222. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117222>
- Bighetti G, Padilha J, Cunha L, Malm O, Mancini P (2022) Ventral feathers contained the highest mercury level in brown booby (*Sula leucogaster*), a pantropical seabird species. *Chemosphere* 298:134305. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134305>
- Bombardi LM (2017) Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia Larissa Mies Bombardi.-São Paulo: FFLCH-USP, 296 p. ISBN:978-85-7506-310. <https://web.archive.org/web/20210904064155/>. URL: <https://conexaoaqua.mpf.mp.br/arquivos/agrotoxicos/05-larissa-bombardi-atlas-agrotoxico-2017.pdf>
- Borgå K, Hop H, Skaare J, Wolkers H, Gabrielsen G (2007) Selective bioaccumulation of chlorinated pesticides and metabolites in Arctic seabirds. *Environmental Pollution* 145(2):545-553. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.04.021>
- Brasso R, Drummond B, Borrett S, Chiaradia A, Polito M, Rey A (2013) Unique pattern of molt leads to low intraindividual variation in feather mercury concentrations in penguins. *Environmental Toxicology and Chemistry* 32(10):2331-2334. <https://doi.org/10.1002/etc.2303>
- Braune BM, Scheuhammer AM (2008) Trace element and metallothionein concentrations in seabirds from the Canadian Arctic. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 27(3):645-651. <https://doi.org/10.1897/07-269.1>
- Bugoni L, Vooren C (2004) Feeding ecology of the Common Tern *Sterna hirundo* in a wintering area in southern Brazil. *Ibis* 146(3):438-453. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2004.00277.x>
- Burger J, Gochfeld M (2004) Marine birds as sentinels of environmental pollution. *EcoHealth* 1:263-274. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0096-4>
- Burger J, Gochfeld M, Jeitner C, Burke S, Volz C, Snigaroff R, Snigaroff D, Shukla T, Shukla S (2009) Mercury and other metals in eggs and feathers of glaucous-winged gulls (*Larus glaucescens*) in the Aleutians. *Environmental Monitoring Assessment* 152(1-4):179-194. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0306-6>
- Burgos-Núñez S, Navarro-Frómata A, Marrugo-Neigrete J, Enamorado-Montes G, Urango-Cárdenas I (2017) Polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in the Cispata Bay, Colombia: A marine tropical ecosystem. *Marine Pollution Bulletin* 120 (1-2):379-386. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.016>
- Burgues M, Lenzi J, Machín E, Genta L, de Mello F (2020) Temporal Variation of Kelp Gull's (*Larus dominicanus*) Diet on a Coastal Island of the Rio de la Plata Estuary, Uruguay: Refuse as an Alternative Food Source. *Waterbirds* 43(1):65-74. <https://doi.org/10.1675/063.043.0107>
- Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFA) (2012) Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios. <http://www.casafe.org/publicaciones/estadisticas>

- Cardoso M, de Moura J, Tavares D, Gonçalves R, Colabuono F, Roges E, de Souza R, Dos Prazeres Rodrigues L, Montone R, Siciliano S (2014) The Manx shearwater (*Puffinus puffinus*) as a candidate sentinel of Atlantic Ocean health. *Aquatic Biosystems* 10:6. <https://doi.org/10.1186/2046-9063-10-6>
- Carravieri A, Bustamante P, Churlaud C, Fromant A, Cherel Y (2014) Moulting patterns drive within-individual variations of stable isotopes and mercury in seabird body feathers: implications for monitoring of the marine environment. *Marine Biology* 161:963-968. <https://doi.org/10.1007/s00227-014-2394-x>
- Carrillo M, Archuby D, Castresana G, Lunardelli M, Montalti D, Ibañez A (2023) Microplastic ingestion by common terns (*Sterna hirundo*) and their prey during the non-breeding season. *Environmental Pollution* 327:121627. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121627>
- Carvalho PC, Bugoni L, McGill RAR, Bianchini A (2013) Metal and selenium concentrations in blood and feathers of petrels of the genus *Procellaria*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 32:1641-1648. <https://doi.org/10.1002/etc.2204>
- Celis J, Espejo W, González-Acuña D, Jara S, Barra R (2014) Assessment of trace metals and porphyrins in excreta of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) in different locations of the northern coast of Chile. *Environmental Monitoring and Assessment* 186:1815-1824. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3495-6>
- Celis J, Squadrone S, Berti G, Abete M, Sandoval M, Espejo W (2023) Burden of rare earth elements and trace elements in feathers of magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) from the southern Chilean Patagonia. *Marine Pollution Bulletin* 194:115364. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115364>
- Cezarette GN, Souza MCO, Rocha BA, González N, Nadal M, Domingo JL, Barbosa F (2024) Levels and health risk assessment of twenty-one current-use pesticides in urban and riverside waters of the Brazilian Amazon Basin. *Environmental Research* 252:119027. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119027>
- Chai L, Wong M, Hansen H (2013) Degradation of Chlorpyrifos in humid tropical soils. *Journal of Environmental Management* 125:28-32. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.04.005>
- Chastel O, Fort J, Ackerman JT, Albert C, Angelier F, Basu N, et al. (2022) Mercury contamination and potential health risks to Arctic seabirds and shorebirds. *Science of the Total Environment* 844:156944. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156944>
- Chen S, Feng A, He M, Chen M, Luo X, Mai B (2013) Current levels and composition profiles of PBDEs and alternative flame retardants in surface sediments from the Pearl River Delta, southern China: comparison with historical data. *Science of the Total Environment* 444:205-211. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.104>
- Climent MJ, Coscollá C, López A, Barra R, Urrutia R (2019) Legacy and current-use pesticides (CUPs) in the atmosphere of a rural area in central Chile, using passive air samplers. *Science of the Total Environment* 662:646-654. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.302>
- Colabuono FI, Barquete V, Domingues BS, Montone RC (2009) Plastic ingestion by Procellariiformes in southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 58(1):93-96. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.08.020>
- Colabuono F, Taniguchi S, Montone R (2010) Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in plastics ingested by seabirds. *Marine Pollution Bulletin* 60(4): 630-634. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.01.018>
- Colabuono F, Taniguchi S, Montone R (2012) Organochlorine contaminants in albatrosses and petrels during migration in South Atlantic Ocean. *Chemosphere* 86(7):701-708. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.10.043>
- Colabuono FI, Vooren CM (2007) Diet of black-browed *Thalassarche melanophrys* and Atlantic yellow-nosed *T. chlororhynchos* albatrosses and white-chinned *Procellaria aequinoctialis* and spectacled *P. conspicillata* petrels off southern Brazil. *Marine Ornithology* 35:9-20
- Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Goodhead R, Moger J, Galloway T (2013) Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science and Technology* 47(12):6646-6655. <https://doi.org/10.1021/es400663f>
- Commendatore MG, Franco MA, Gomes Costa P, Castro IB, Fillmann G, Bigatti G, Esteves JL, Nieves ML (2015) Butyltins, polyaromatic hydrocarbons, organochlorine pesticides, and polychlorinated biphenyls in sediments and bivalve mollusks in a mid-latitude environment from the Patagonian coastal zone: organic pollutants in sediments and bivalves from Patagonia. *Environmental Toxicology and Chemistry* 34:2750-2763. <https://doi.org/10.1002/etc.3134>
- Commendatore M, Yorío P, Scenna L, Ondarza P, Suárez N, Marinao C, Miglioranza K (2018) Persistent organic pollutants in sediments, intertidal crabs, and the threatened Olrog's gull in a northern Patagonia salt marsh, Argentina. *Marine Pollution Bulletin* 136:533-546. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.010>
- Cortés M, Luna-Jorquera G (2011) Efecto de la edad y la localidad en la concentración de cadmio y cobre en el hígado de la gaviota dominicana *Larus dominicanus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 46(2):287-292. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572011000200020>
- Di Benedetto APM, Dos Santos R, Rosa K, Siciliano S (2015) Magellanic penguins: stomach contents and isotopic profiles to assess the feeding demands of juveniles in a wintering area off Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of*

- the United Kingdom* 95(2):423-430. <https://doi.org/10.1017/S0025315414001532>
- Di Benedetto APM, Siciliano S (2017) Marine debris boost in juvenile Magellanic penguins stranded in south-eastern Brazil in less than a decade: insights into feeding habits and habitat use. *Marine Pollution Bulletin* 125(1-2):330-333. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.044>
- Di Benedetto APM, Siciliano S (2021) Itens alimentares, parasitas e plásticos: Notas sobre o conteúdo estomacal de aves marinhas no Rio de Janeiro Food items, parasites and plastics: Notes on the stomach content of seabirds in Rio de Janeiro. *Brazilian Journal of Development* 7(7):73015-73024. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n7-465>
- Dias P, Cipro C, Taniguchi S, Montone R (2013) Persistent organic pollutants in marine biota of São Pedro and São Paulo Archipelago, Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 74(1):435-440. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.025>
- Dias P, Cipro C, Colabuono F, Taniguchi S, Montone R (2018) Persistent organic pollutants and stable isotopes in seabirds of the Rocas Atoll, Equatorial Atlantic, Brazil. *Marine Ornithology* 46: 139-148
- Díaz-Jaramillo M, Islas MS, Gonzalez M (2021) Spatial distribution patterns and identification of microplastics on intertidal sediments from urban and semi-natural SW. *Atlantic estuaries Environmental Pollution* 273:116398. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116398>
- Distefano GG, Zangrando R, Basso M, Panzarin L, Gambaro A, Volpi Ghirardini A, Picone M (2022) The ubiquity of neonicotinoid contamination: Residues in seabirds with different trophic habits. *Environmental Research* 206:112637. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112637>
- Dolci N, Sá F, da Costa Machado E, Krul R, Rodrigues Neto R (2017) Trace elements in feathers and eggshells of brown booby *Sula leucogaster* in the Marine National Park of Currais Islands, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 189:1-14. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6190-1>
- Duffus J (2002) "Heavy metals"—meaningless term? *Pure Applied Chemistry* 74 (5):793–807. <https://doi.org/10.1351/pac200274050793>
- Duncan E, Broderick A, Fuller W, Galloway T, Godfrey M, Hamann M, Limpus C, Lindeque P, Mayes A, Omeyer L, Santillo D, Snape R, Godley B (2019) Microplastic ingestion ubiquitous in marine turtles. *Global Change Biology* 25(2):744–752. <https://doi.org/10.1111/gcb.14519>
- Ebert L, Branco J, Barbieri E (2020) Evaluation of trace elements in feathers of young kelp gull *Larus dominicanus* along the coast of Santa Catarina, Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 160:111676. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111676>
- Eckbo N, Le Bohec C, Planas-Bielsa V, Warner NA, Schull Q, Herzke D, Zahn SA, Haarr GW, Borgå GK (2019) Individual variability in contaminants and physiological status in a resident Arctic seabird species. *Environmental Pollution* 249:191-199. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.025>
- Eeva T, Raivikko N, Espín S, Sánchez-Virosta P, Ruuskanen S, Sorvari J, Rainio M (2020) Bird feces as indicators of metal pollution: pitfalls and solutions. *Toxics* 8(4):124. <https://doi.org/10.3390/toxics8040124>
- Engwa AG, Udoka F, Nweke N, Unachukwu M (2019) Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. poisoning in the modern world—new tricks for an old dog?. *IntechOpen* 10:70-90. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82511>
- Espín S, García-Fernández AJ, Herzke D, Shore RF, van Hattum B, Martínez-López E, Coeurdassier M, Eulaers I, Fritsch C, Gómez-Ramírez P, Jaspers VLB, Krone O, Duke G, Helander B, Mateo R, Movalli P, Sonne C, van den Brink NW (2016) Tracking pan-continental trends in environmental contamination using sentinel raptors—what types of samples should we use? *Ecotoxicology* 25:777–801. <https://doi.org/10.1007/s10646-016-1636-8>
- European Commission Pesticides (ECP) (2024) Disponible en: https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en
- Evers DC, Savoy LJ, DeSorbo CR, et al. (2008) Adverse effects from environmental mercury loads on breeding common loons. *Ecotoxicology* 17:69–81. <http://doi.org/10.1007/s10646-007-0168-7>
- FAO y OMS (2023). Comisión del Codex Alimentarius Manual de Procedimiento. Vigésima octava edición. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc5042es>
- Ferreira AP (2013) Trace metals analysis in brown booby (*Sula leucogaster*) collected from Ilha Grande bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Uniandrade* 11(2):41-54
- Frias J, Gil M, Esteves J, Borboroglu P, Kane O, Smith J, Boersma P (2012) Mercury levels in feathers of Magellanic penguins. *Marine Pollution Bulletin* 64(6):1265-1269. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.02.024>
- Gaines LG (2023) Historical and current usage of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A literature review. *American Journal of Industrial Medicine* 66(5):353-378. <https://doi.org/10.1002/ajim.23362>
- Gallo L, Uhart MM, Pereira A, Pereira Serafini P (2021) Métodos para Avaliação da Exposição a Poluentes Plásticos em Procellariiformes: Revisão e Padronização de Protocolos. *Biodiversidade Brasileira* 11(3):1-16. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v11i3.1829>
- GESAMP (2015) Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment (part 1). <http://www.gesamp.org/publications/reports-and-studies-no-90>
- GESAMP (2019) Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the

- ocean. En: Kershaw PJ, Turra A, Galgani F (Eds.), GESAMP Reports and Studies, No. 99. GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, London
- Gil M, Torres A, Harvey M, Esteves J (2006) Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Revista de biología marina y oceanografía* 41(2):167-176. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572006000200004>
- Gilljam J, Leonel J, Cousins I, Benskin J (2016) Is ongoing sulfluramid use in South America a significant source of perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Production inventories, environmental fate, and local occurrence. *Environmental Science & Technology* 50(2):653-659. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04544>
- Gimeno M, Rossell L, Julià L, Giménez J, Sanpera C, Coll M, Bustamante P, Ramírez F (2024) Assessing mercury contamination in Southern Hemisphere marine ecosystems: The role of penguins as effective bioindicators. *Environmental Pollution* 343:123159. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123159>
- Girones L, Oliva AL, Marcovecchio JE, Arias AH (2020) Spatial distribution and ecological risk assessment of residual organochlorine pesticides (OCPs) in South American marine environments. *Current Environmental Health Reports* 7:147-160. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00272-7>
- González FB, Casadinho CJS, Weber JM, Zugasti CG, Prado EE, Ruiz BB, Acosta M, Cárcamo MI, Muñoz FR (2008) *El endosulfán y sus alternativas en América Latina* RAP-AL, IPEN González FB (ed.). 1º edición, México
- González Carman V, Denuncio P, Vassallo M, Berón MP, Álvarez KC, Rodríguez-Heredia S (2021) Charismatic Species as Indicators of Plastic Pollution in the Río de la Plata Estuarine Area, SW Atlantic. *Frontiers in Marine Science* 8:699100. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.699100>
- González-Rubio S, Ballesteros-Gómez A, Asimakopoulou AG, Jaspers VL (2021) A review on contaminants of emerging concern in European raptors (2002– 2020). *Science of The Total Environment* 760:143337. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143337>
- Gordon S (2011) Toxicological evaluation of ammonium 4, 8-dioxo-3H-perfluorononanoate, a new emulsifier to replace ammonium perfluorooctanoate in fluoropolymer manufacturing. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 59(1):64-80. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2010.09.008>
- Gouin T, Wania F, Ruepert C, Castillo EL (2008) Field testing passive air samplers for current use pesticides in a tropical environment. *Environmental Science & Technology* 42(17):6625-6630. <https://doi.org/10.1021/es8008425>
- Gouveia D, Almunia C, Cogne Y, Pible O, Degli-Esposti D, Salvador A, et al. (2019) Ecotoxicoproteomics: A decade of progress in our understanding of anthropogenic impact on the environment. *Journal of Proteomics* 198:66-77. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2018.12.001>
- Griffero L, Alcantara-Duran J, Alonso C, Rodríguez-Gallego L, Moreno-Gonzalez D, García-Reyes JF, Molina-Díaz A, Perez-Parada A (2019) Basin-scale monitoring and risk assessment of emerging contaminants in South American Atlantic coastal lagoons. *Science of The Total Environment* 697:134058. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134058>
- Gurney K, Williams T, Smit J, Wayland M, Trudeau S, Bendell-Young L (2005) Impact of oil-sands based wetlands on the growth of mallard (*Anas platyrhynchos*) ducklings. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24(2):457-463. <https://doi.org/10.1897/03-575.1>
- Haarr ML, Falk-Andersson J, Fabres J (2022) Global marine litter research 2015–2020: Geographical and methodological trends. *Science of The Total Environment* 820:153162. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153162>
- Hamilton BM, Bourdages MPT, Geoffroy C, Vermaire JC, Mallory ML, Rochman CM, Provencher JF (2021) Microplastics around an Arctic seabird colony: particle community composition varies across environmental matrices. *Science of The Total Environment* 15 773:145536. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145536>
- Harrison P, Perrow M, Larsson H (2021) *Seabirds: The New Identification Guide*. Barcelona: Lynx Editions, 608 pp
- Herring G, Ackerman JT, Herzog MP (2012) Mercury exposure may suppress baseline corticosterone levels in juvenile birds. *Environmental Science and Technology* 46:6339–6346. <https://doi.org/10.1021/es300668c>
- Hoffman DJ, Henny CJ, Hill EF, Grove RA, Kaiser JL, Stebbins KR (2009) Mercury and drought along the lower Carson River, Nevada: III. Effects on blood and organ biochemistry and histopathology of snowy egrets and black-crowned night-herons on Lahontan reservoir, 2002–2006. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 72:1223–1241. <https://doi.org/10.1080/15287390903129218>
- Honda M, Suzuki N (2020) Toxicities of polycyclic aromatic hydrocarbons for aquatic animals. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(4):1363. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041363>
- Ibañez AE, Mills WF, Bustamante P, Morales LM, Torres DS, d'Astak B, Mariano-Jelicich R, Phillips R, Montalti D (2024) Deleterious effects of mercury contamination on immunocompetence, liver function and egg volume in an Antarctic seabird. *Chemosphere* 346:140630. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140630>
- Jang M, Shim W, Han G, Ha S, Cho Y, Kim M, Hong S (2022) Spatial distribution and temporal trends

- of classical and emerging persistent organic pollutants (POPs) in black-tailed gull (*Larus crassirostris*) eggs from Korea. *Science of the Total Environment* 845:157244. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157244>
- Jaspers VL, Covaci A, Herzke D, Eulaers I, Eens M (2019) Bird feathers as a biomonitor for environmental pollutants: prospects and pitfalls. *Trends in Analytical Chemistry* 118:223-226. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.019>
- Jiménez S, Domingo A, Brazeiro A, Defeo O, Phillips, RA (2015) Marine debris ingestion by albatrosses in the southwest Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 96(1-2):149-154. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.034>
- Jimenez-Uzcategui G, Vinueza R, Urbina A, Egas D, Garcia C, Cotin J, Sevilla C (2017) Lead and cadmium levels in Galapagos penguin *Spheniscus mendiculus*, flightless cormorant *Phalacrocorax harrisi*, and waved albatross *Phoebastria irrorata*. *Marine Ornithology* 45:159-163
- Kehrig H, Hauser-Davis R, Seixas T, Fillmann G (2015) Trace-elements, methylmercury and metallothionein levels in Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) found stranded on the Southern Brazilian coast. *Marine Pollution Bulletin* 96(1-2):450-455. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.006>
- King M, Elliot J, Williams T (2021) Effects of Petroleum Exposure on Birds: A Review. *Science of the Total Environment* 755:142834. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142834>
- Klocke C, Lein PJ (2020) Evidence Implicating Non-Dioxin-Like Congeners as the Key Mediators of Polychlorinated Biphenyl (PCB) Developmental Neurotoxicity. *International Journal of Molecular Sciences* 21(3):1013. <https://doi.org/10.3390/ijms21031013>
- Kumar A, Sivakumar R, Sai Rutwik Reddy Y, Bhagya Raja MV, Nishanth T, Revanth V (2016) Preliminary study on marine debris pollution along Marina beach, Chennai, India. *Regional Studies in Marine Science* 5:35-40. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2016.01.002>
- Le Bohec C, Whittington J, Le Maho Y (2013) Polar monitoring: seabirds as sentinels of marine ecosystems. En Verde C, di Prisco G (eds.) *Adaptation and Evolution in Marine Environments*, Volume 2, Springer Berlin Heidelberg
- Le Croizier G, Point D, Renedo M, Munaron J, Espinoza P, Amezcua-Martinez F, Lanco S, Lorrain A (2022) Mercury concentrations, biomagnification and isotopic discrimination factors in two seabird species from the Humboldt Current ecosystem. *Marine Pollution Bulletin* 177:113481. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113481>
- Leal F, Brusmarello A, dos Santos R, Petry M (2015) New record on the occurrence of Northern Giant Petrel (*Macronectes halli*) and analysis of stomach contents in southern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 10(4):309-314
- Lehman-McKeeman LD (2008) Absorption, distribution, and excretion of toxicants. Pp 131-159 en Klaassen CD (Ed.), *Casarett & Doull's toxicology: The basic science of poisons*. McGraw Hill Medical
- Lenzi J, Burgues M, Carrizo D, Machin E, Teixeira-de Mello F (2016) Plastic ingestion by a generalist seabird on the coast of Uruguay. *Marine Pollution Bulletin* 107(1):71-76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.016>
- Lewis PJ, Lashko A, Chiaradia A, Allinson G, Shimeta J, Emmerson L (2022) New and legacy persistent organic pollutants (POPs) in breeding seabirds from the East Antarctic. *Environmental Pollution* 309:119734. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119734>
- Lewis PJ, McGrath TJ, Chiaradia A, McMahon CR, Emmerson L, Allinson G, Shimeta J (2020) A baseline for POPs contamination in Australian seabirds: little penguins vs. short-tailed shearwaters. *Marine Pollution Bulletin* 159:111488. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111488>
- Liu J, Tan Y, Song E, Song Y (2020) A critical review of polychlorinated biphenyls metabolism, metabolites, and their correlation with oxidative stress. *Chemical Research in Toxicology* 33(8):2022-2042. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.0c00078>
- Llorca M, Farré M, Eljarrat E, Díaz-Cruz S, Rodríguez-Mozaz S, Wunderlin D, Barcelo D (2017) Review of emerging contaminants in aquatic biota from Latin America: 2002-2016. *Environmental Toxicology and Chemistry* 36(7): 1716-1727. <https://doi.org/10.1002/etc.3626>
- Ludynia K, Garthe S, Luna-Jorquera G (2005) Seasonal and regional variation in the diet of the Kelp Gull in northern Chile. *Waterbirds* 28(3):359-365. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2005\)028\[0359:SARVIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2005)028[0359:SARVIT]2.0.CO;2)
- Maervoet, J, Chu SG, Vos D, Covaci A, Voorspoels S, Schrijver D, Schepens P (2004) Accumulation and tissue distribution of selected polychlorinated biphenyl congeners in chickens. *Chemosphere* 57(1):61-66. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.06.015>
- Magalhães KM, Carreira RS, Rosa Filho JS, Rocha PP, Santana FM, Yogui GT (2022) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in fishery resources affected by the 2019 oil spill in Brazil: Short-term environmental health and seafood safety. *Marine Pollution Bulletin* 175:113334. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113334>
- Marques FP, Cardoso L, Haimovici M, Bugoni L (2018) Trophic ecology of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) during the non-breeding period. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 210 1:09-122. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.06.001>
- Matos DM, Ramos JA, Brandão ALC, Baeta A, Rodrigues I, Dos Santos I, Antunes S, Silva V, Paiva VH (2024) Microplastics ingestion and endocrine disrupting chemicals (EDCs) by breeding seabirds in the east tropical Atlantic: Associations with tro-

- phic and foraging proxies ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$). *Science of The Total Environment* 912:168664. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119734>
- Meire RO, Lee SC, Yao Y, Targino AC, Torres JPM, Harner T (2012) Seasonal and altitudinal variations of legacy and current-use pesticides in the Brazilian tropical and subtropical mountains. *Atmospheric Environment* 59:108-116. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.05.018>
- Meyer J, Jaspers V, Eens M, de Coen W (2009) The relationship between perfluorinated chemical levels in the feathers and livers of birds from different trophic levels. *Science of the Total Environment* 407:5894-5900. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.07.032>
- Miglioranza K, Ondarza P, Costa P, de Azevedo A, Gonzalez M, Shimabukuro V, Grondona S, Mitton F, Barra R, Wania F, Fillmann G (2021) Spatial and temporal distribution of Persistent Organic Pollutants and current use pesticides in the atmosphere of Argentinean Patagonia. *Chemosphere* 266:129015. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129015>
- Morin-Crini N, Lichtfouse E, Liu G, et al. (2022) Worldwide cases of water pollution by emerging contaminants: a review. *Environmental Chemistry Letters* 20:2311-2338. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01447-4>
- Moura J, Tavares D, Lemos L, Acevedo-Trejos E, Saint-Pierre T, Siciliano S, Merico A (2018a) Interspecific variation of essential and non-essential trace elements in sympatric seabirds. *Environmental Pollution* 242:470-479. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.092>
- Moura J, Tavares D, Lemos L, Silveira V, Siciliano S, Hauser-Davis R (2018b) Variation in mercury concentration in juvenile Magellanic penguins during their migration path along the Southwest Atlantic Ocean. *Environmental Pollution* 238:397-403. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.021>
- Muñoz J, Forselledo R, Domingo A, Jiménez S (2023) Interspecific variability in plastic ingested by Procellariiformes off the Uruguayan coast. *Marine Pollution Bulletin* 197:115725. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115725>
- do Nascimento G, Pereira A, Brito G, Kolesnikovas C, Pereira Serafini P (2022) Prevalência e Tipos de Plásticos em Albatrozes e Petréis (Aves: Procellariiformes): Recorte Espacial da Costa Sudeste e Sul do Brasil, de 2015 a 2019. *Biodiversidade Brasileira* 12(1):15-24. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v12i1.1855>
- Newsted JL, Jones PD, Coady K, Giesy JP (2005) Avian toxicity reference values for perfluorooctane sulfonate. *Environmental Science and Technology* 39:9357-9362. <https://doi.org/10.1021/es050989v>
- Norman (2016) List of emerging contaminants. URL: <https://www.norman-network.com/?q=node/19>
- Nudi AH, Wagener A, Francioni E, Sette C, Sartori AV, Scofield A (2010) Biomarkers of PAHs exposure in crabs *Ucides cordatus*: laboratory assay and field study. *Environmental Research* 110:137-145. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2009.10.014>
- Nunes ZB, Zanardi-Lamardo E, Choueri RB, Castro ÍB (2021) Marine protected areas in Latin America and Caribbean threatened by polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Pollution* 269:116194. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116194>
- Oliva AL, La Colla NS, Arias AH, Blasina GE, Lopez Cazorla A, Marcovecchio JE (2017) Distribution and human health risk assessment of PAHs in four fish species from a SW Atlantic estuary. *Environmental Science and Pollution Research* 24(23):18979-18990. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9394-6>
- Olivero-Verbel J, Agudelo-Frias D, Caballero-Gallardo K (2013) Morphometric parameters and total mercury in eggs of snowy egret (*Egretta thula*) from Cartagena Bay and Totumo Marsh, north of Colombia. *Marine Pollution Bulletin* 69:105-109. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.013>
- Olivero-Verbel J, Tao L, Johnson-Restrepo B, Guette-Fernández J, Baldiris-Avila R, O'byrne-Hoyos I, Kannan K (2006) Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in biological samples from the north coast of Colombia. *Environmental Pollution* 142: 367-372. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.09.022>
- Pacyna-Kuchta AD (2023) What should we know when choosing feather, blood, egg or preen oil as biological samples for contaminants detection? A non-lethal approach to bird sampling for PCBs, OCPs, PBDEs and PFASs. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 53(5):625-649. <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2077077>
- Padilha J, de Carvalho GO, Willems T, Lepoint G, Cunha L, Pessoa A, Eens M, Prinsen E, Costa E, Torres J, Dorneles P, Das K, Bervoets L, Groffen T (2022) Perfluoroalkylated compounds in the eggs and feathers of resident and migratory seabirds from the Antarctic Peninsula. *Environmental Research* 214: 114157. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114157>
- Padilha JAG, Santos S, Willems T, Souza-Kasprzyk J, Leite A, Cunha L, Costa E, Pessôa A, Eens M, Prinsen E, Torres J, Das K, Lepoint G, Dorneles P, Bervoets L, Groffen T (2024) Assessing the trophic ecology and migration on the exposure of cape petrels and Wilson's storm petrels from Antarctica to perfluoroalkylated substances, trace and major elements. *Environmental Research* 244:117827. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117827>
- Palma-Fleming H, Cornejo C, Gonzalez M, Perez V, González M, Gutierrez E, Sericano JL, Seeger M (2008) Polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in coastal environments of Valdivia and Valparaíso, Chile. *Journal of the Chilean Chemical Society* 53(2):1533-1538. <http://>

- dx.doi.org/10.4067/S0717-97072008000200020
- Palmar M, Thakur L (2013) Heavy metal Cu, Ni and Zn: toxicity, health hazards and their removal techniques by low cost adsorbents: a short overview. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 3(3):143–157
- Pan Y, Zhang H, Cui Q, Sheng N, Yeung L, Sun Y, Guo Y, Dai J (2018) Worldwide distribution of novel perfluoroether carboxylic and sulfonic acids in surface water. *Environmental Science and Technology* 52:7621–7629. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b00829>
- Pathak VM, Verma VK, Rawat BS, Kaur B, Babu N, Sharma A, Dewali S, Yadav M, Kumari R, Singh S, Mohapatra A, Pandey V, Rana N, Cunill JM (2022) Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology* 13:962619. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>
- Pedrobom J, Menegário A, Gemeiner H, Sulato E, Elias L, Serafini P, Rodriguez C, Barreto A, de Araújo Júnior M (2021) Intraspecific variation of trace elements in the kelp gull (*Larus dominicanus*): influence of age, sex and location. *Heliyon* 7(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05994>
- Perez MS (2016) Conteúdo gastrointestinal de petréis (Aves: Procellariiformes) no Litoral do Rio Grande do Sul, Brasil: análise dos itens alimentares e resíduos poliméricos. Tesis de Maestría, Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 39pp
- Pérez DJ, Iturburu FG, Calderon G, Oyesqui LAE, De Gerónimo E, Aparicio V (2021) Ecological risk assessment of current-use pesticides and biocides in soils, sediments and surface water of a mixed land-use basin of the Pampas region, Argentina. *Chemosphere* 263:128061. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128061>
- Petry M, Benemann V (2017) Ingestion of marine debris by the White-chinned Petrel (*Procellaria aequinoctialis*): Is it increasing over time off southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin* 117(1-2):131-135. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.073>
- Petry M, da Silva Fonseca V, Krüger-Garcia L, da Cruz Piuco R, Brummelhaus J (2008) Shearwater diet during migration along the coast of Rio Grande do Sul, Brazil. *Marine Biology* 154:613-621. <https://doi.org/10.1007/s00227-008-0954-7>
- Petry M, Fonseca V, Scherer A (2007) Analysis of stomach contents from the black-browed albatross, *Thalassarche melanophris*, on the Coast of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Polar Biology* 30:321-325. <https://doi.org/10.1007/s00300-006-0186-6>
- Petry M, Krüger L, da Silva Fonseca V, Brummelhaus J, da Cruz Piuco R (2009) Diet and ingestion of synthetics by Cory's Shearwater *Calonectris diomedea* off southern Brazil. *Journal of Ornithology* 150:601-606. <https://doi.org/10.1007/s10336-009-0373-7>
- Pinto M, Siciliano S, Di Benedetto A (2007) Stomach contents of the Magellanic penguin *Spheniscus magellanicus* from the northern distribution limit on the Atlantic coast of Brazil. *Marine Ornithology* 35:77-78
- Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, COPS (2018) Actualización en la República Argentina / coordinación general de Leila Devia; dirigido por Leila Devia.-1a ed.-San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial-INTI
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2011). Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP). 48 pp
- Pórfido OD (2013) Los plaguicidas en la República Argentina/Osvaldo Daniel Pórfido con colaboración de Eduardo Butler *et al.* 1a ed.-Buenos Aires. Ministerio de Salud de la Nación. <https://www.fundacionfemeba.org.ar/blog/farmacologia-7/post/osvaldo-daniel-porfido-los-plaguicidas-en-la-republica-argentina-43290>
- Power A, White P, McHugh B, McGovern E, Murphy S, Berrow S, Schlittermann M, Gately C, Tannian M, Newton S, Crowley D, O'Hea L, Boyle B, O'Connor I (2021) Legacy and emerging contaminants in common guillemot *Uria aalge* eggs in Ireland and Wales. *Chemosphere* 283:131161. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131161>
- Primost MA, Commendatore M, Torres PJ, Bigatti G (2018) PAHs contamination in edible gastropods from north Patagonian harbor areas. *Marine Pollution Bulletin* 135:828-831. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.021>
- Provencher JF, Bond AL, Avery-Gomm S, Borrelle SB, Rebolledo ELB, Hammer S, Kühn S, Lavers J, Mallory M, Trevaill A, van Franeker J (2017) Quantifying ingested debris in marine megafauna: a review and recommendations for standardization. *Analytical Methods* 9(9):1454-1469. <https://doi.org/10.1039/C6AY02419J>
- Provencher JF, Borrelle SB, Bond AL, Lavers JL, Van Franeker JA, Kühn S, et al. (2019b) Recommended best practices for plastic and litter ingestion studies in marine birds: Collection, processing, and reporting. *Facets* 4(1):111-130. <http://dx.doi.org/10.1139/facets-2018-0043>
- Provencher JF, Borrelle S, Sherley RB, Avery-Gomm S, Hodum, P, Bond A, et al. (2019a) Seabirds. Pp 133-162 en *World seas: An Environmental Evaluation (Second Edition)* Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00007-3>
- Provencher JF, Covernton GA, Moore RC, Horn DA, Conkle JL, Lusher AL (2020) Proceed with caution: the need to raise the publication bar for microplastics research. *Science of the Total Environment* 748:141426. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141426>
- Provencher JF, Malaisé F, Mallory ML, Braune BM, Pi-

- rie-Dominix L, Lu Z (2022) 44-year retrospective analysis of ultraviolet absorbents and industrial antioxidants in seabird eggs from the Canadian Arctic (1975 to 2019). *Environmental Science & Technology* 56(20):14562-14573. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05940>
- Provencher JF, Vermaire JC, Avery-Gomm S, Braune BM, Mallory ML (2018) Garbage in guano? Microplastic debris found in faecal precursors of seabirds known to ingest plastics. *Science of the Total Environment* 644:1477-1484. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.101>
- Quadri-Adrogué A, Gómez-Ramírez P, García-Fernández A, García G, Seco-Pon J, Miglioranza K (2022) Feather mercury levels in beached Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) in northern Argentina during the non-breeding season. *Environmental Science and Pollution Research* 29(17):24793-24801. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17539-7>
- Quadri-Adrogué A, Miglioranza KSB, Copello S, Favero M, Seco Pon JP (2019) Pelagic seabirds as biomonitors of persistent organic pollutants in the Southwestern Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 149:110516. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110516>
- Quadri-Adrogué A, Seco Pon JP, García GO, Castano MV, Copello S, Favero M, Miglioranza KSB (2021) Chlorpyrifos and persistent organic pollutants in feathers of the near threatened Olrog's Gull in southeastern Buenos Aires Province, Argentina. *Environmental Pollution* 272:115918. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115918>
- Quinete N, Hauser-Davis RA, Lemos LS, Moura JF, Siciliano S, Gardinali PR (2020) Occurrence and tissue distribution of organochlorinated compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons in Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) from the southeastern coast of Brazil. *Science of the Total Environment* 749:141473. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141473>
- Ratcliffe DA (1967) Decrease in eggshell weight in certain birds of prey. *Nature* 215:208-210. <http://dx.doi.org/10.1038/215208a0>
- Recabarren-Villalon T, Ronda A, Arias A (2019) Polycyclic aromatic hydrocarbons levels and potential biomarkers in a native South American marine fish. *Regional Studies in Marine Science* 29:100695. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100695>
- Recabarren-Villalon T, Ronda A, La Sala L, Sanhueza C, Díaz L, Pirani L, Picone A, Romano R, Petracci P, Arias A (2023) First assessment of debris pollution in the gastrointestinal content of juvenile Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) stranded on the west south Atlantic coasts. *Marine Pollution Bulletin* 188:114628. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114628>
- Reichert G, Hilgert S, Fuchs S, Azevedo JCR (2019) Emerging contaminants and antibiotic resistance in the different environmental matrices of Latin America. *Environmental Pollution* 255:113140. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113140>
- Richir J, Gobert S (2016) Trace elements in marine environments: occurrence, threats and monitoring with special focus on the Costal Mediterranean. *Journal of Environmental and Analytical Toxicology* 6(1). <https://doi.org/10.4172/2161-0525.1000349>
- Ruddock PJ, Bird DJ, McCalley DV (2002) Bile metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons in three species of fish from the Severn Estuary. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 51(2):97-105. [https://doi.org/10.1016/s0048-9697\(02\)00292-9](https://doi.org/10.1016/s0048-9697(02)00292-9)
- Rutkowska M, Płotka-Wasyłka J, Lubinska-Szczygeł M, Róžańska A, Możejko-Ciesielska J, Namieśnik J (2018) Birds' feathers—suitable samples for determination of environmental pollutants. *Trends in Analytical Chemistry* 109:97-115. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.09.022>
- Sabzevari S, Hofman J (2022) A worldwide review of currently used pesticides' monitoring in agricultural soils. *Science of The Total Environment* 812:152344. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152344>
- dos Santos Lima G, Menegario A, Suarez C, Kamazuka S, Gemeiner H, Sánchez-Sarmiento A, Beneton Ferioli R, Barreto A (2023) Pelagic and estuarine birds as sentinels of metal (loid) s in the South Atlantic Ocean: Ecological niches as main factors acting on bioaccumulation. *Environmental Pollution* 326:121452. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121452>
- Scheuhammer AM, Basu N, Burgess NM, Elliott JE, Campbell GD, Wayland M, Champoux L, Rodrigue J (2008) Relationships among mercury, selenium, and neurochemical parameters in common loons (*Gavia immer*) and bald eagles (*Haliaeetus leucocephalus*). *Ecotoxicology* 17:93-101. <https://doi.org/10.1007/s10646-007-0170-0>
- Schreiber E, Burger J (2002) Biology of Marine Birds. *CRC Press*: 485-527
- Scoville SA, Lane OP (2013) Cerebellar abnormalities typical of methylmercury poisoning in a fledged saltmarsh sparrow, *Ammodramus caudatus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 90:616-620. <https://doi.org/10.1007/s00128-013-0974-y>
- Sebastiano M, Bustamante P, Costantini D, Eulaers I, Malarvannan G, Mendez-Fernandez P, Churlaud C, Blévin P, Hauselmann A, Dell'Omo G, Covaci A, Eens M, Chastel O (2016) High levels of mercury and low levels of persistent organic pollutants in a tropical seabird in French Guiana, the Magnificent frigatebird, *Fregata magnificens*. *Environmental Pollution* 214:384-393. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.03.070>
- Sebastiano M, Bustamante P, Eulaers I, Malarvannan G, Mendez-Fernandez P, Churlaud C, Blévin P, Hauselmann A, Covaci A, Eens M, Costantini D, Chastel O (2017) Trophic ecology drives contaminant concentrations within a tropical seabird community. *Environmental Pollution* 227:183-193. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.04.040>
- Sebastiano M, Costantini D, Eens M, Pineau K, Busta-

- mante P, Chastel O (2022) Possible interaction between exposure to environmental contaminants and nutritional stress in promoting disease occurrence in seabirds from French Guiana: a review. *Regional Environmental Change* 22(2):63. <http://dx.doi.org/10.3389/fevo.2022.963512>
- Sebastiano M, Jouanneau W, Blévin P, Angelier F, Parenteau C, Gernigon J, Lemesle JC, Robin F, Pardon P, Budzinski H, Labadie P, Chastel O (2021) High levels of fluoroalkyl substances and potential disruption of thyroid hormones in three gull species from South Western France. *Science of The Total Environment* 765:1144611. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144611>
- Sebastiano M, Jouanneau W, Blévin P, Angelier F, Parenteau C, Pallud M, Ribout C, Gernigon J, Lemesle JC, Robin F, Pardon P, Budzinski H, Labadie P, Chastel O (2023) Physiological effects of PFAS exposure in seabird chicks: a multi-species study of thyroid hormone triiodothyronine, body condition and telomere length in South Western France. *Science of The Total Environment* 901:165920. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165920>
- Seco Pon JP, Álvarez VA, Torres Nicolini A, Rosenthal AF, García GO (2023) Ingestion of marine debris by juvenile Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) in wintering grounds of coastal Argentina. *Marine Pollution Bulletin* 193: 115247. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115247>
- Seco Pon JP, Beltrame O, Marcovecchio J, Favero M, Gandini P (2011) Trace metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn) in feathers of black-browed albatross *Thalassarche melanophrys* attending the Patagonian Shelf. *Marine Environmental Research* 72(1-2):40-45. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2011.04.004>
- Sepúlveda M, González-Acuña D (2014) Comparison of heavy metals from resident *Larus dominicanus* and migratory *Leucophaeus pipixcan* collected in Talcahuano, Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 46(2):299-304
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) (2021) Resolución 414 – Clorpirifos etil y clorpirifos metil – Prohibición de importación. URL: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-414-2021-352683>
- Signa G, Mazzola A, Vizzini S (2021) Seabird influence on ecological processes in coastal marine ecosystems: An overlooked role? A critical review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 250:107164. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107164>
- da Silva TF, de Almeida Azevedo D, de Aquino Neto FR (2007) Polycyclic aromatic hydrocarbons in fishes and sediments from the Guanabara Bay, Brazil. *Environmental Forensics* 8(3):257-264. <https://doi.org/10.1080/15275920701506433>
- da Silva D, Colabuono F, Taniguchi S, Petry M, Montone R (2023) Persistent organic pollutant patterns in seabirds from marine protected areas in the tropical Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 186:114461. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114461>
- Souza MCO, Rocha BA, Adeyemi JA, Nadal M, Domingo JL, Barbosa F Jr (2022) Legacy and emerging pollutants in Latin America: A critical review of occurrence and levels in environmental and food samples. *Science of the Total Environment* 848:157774. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157774>
- de Souza Guida Y, Meire RO, Torres JPM, Malm O (2018) Air contamination by legacy and current-use pesticides in Brazilian mountains: an overview of national regulations by monitoring pollutant presence in pristine areas. *Environmental Pollution* 242 (Part A):19–30. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.061>
- Stewart FM, Furness RW, Monteiro LR (1996) Relationships between heavy metal and metallothionein concentrations in lesser black-backed gulls, *Larus fuscus*, and Cory's shearwater, *Calonectris diomedea*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 30:299–305. <https://doi.org/10.1007/BF00212287>
- Süßring R, Baak JE, Letcher RJ, Braune BM, de Silva A, Dey C, Fernie K, Lu Z, Mallory ML, Avery-Gomm S, Provencher JF (2022) Co-contaminants of microplastics in two seabird species from the Canadian Arctic. *Environmental Science and Technology* 12:100189. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2022.100189>
- Sun J, Xing L, Chu J (2023) Global ocean contamination of per-and polyfluoroalkyl substances: A review of seabird exposure. *Chemosphere* 330:138721. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138721>
- Tartu S, Angelier F, Wingfield JC, Bustamante P, Labadie P, Budzinski H, Weimerskirch H, Bustnes JO, Chastel O (2015) Corticosterone, prolactin and egg neglect behavior in relation to mercury and legacy POPs in a long-lived Antarctic bird. *Science of the Total Environment* 505:180–188. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.008>
- Tartu S, Bustamante P, Goutte A, Cherel Y, Weimerskirch H, Bustnes JO, Chastel O (2014) Age-related mercury contamination and relationship with luteinizing hormone in a long-lived Antarctic bird. *PLoS One* 9(7): e103642. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103642>
- Tartu S, Goutte A, Bustamante P, Angelier F, Moe B, Clément-Chastel C, Bech C, Gabrielsen GW, Bustnes JO, Chastel O (2013) To breed or not to breed: endocrine response to mercury contamination by an Arctic seabird. *Biology Letters* 9(4):20130317. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0317>
- Tavares D, de Moura J, Merico A, Siciliano S (2017) Incidence of marine debris in seabirds feeding at different water depths. *Marine Pollution Bulletin* 119(2):68-73. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.012>
- Thomaidis NS, Asimakopoulou AG, Bletsou AA (2012) Emerging contaminants: a tutorial mini-review. *Global NEST Journal* 14(1):72-79. <https://doi.org/10.30955/gnj.000823>

- Torget V, Bernhoft A, Müller MH, Polder A, Viljugrein H, Madslie K, Lyche JL (2024) The red listed eagle owl (*Bubo bubo*) population in Norway is exposed to POP levels exceeding threshold values for adverse health effects. *Environment International* 186:108650. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108650>
- Tourinho PS, do Sul J, Fillmann G (2010) Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin* 60(3):396-401. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.10.013>
- Troisi G, Barton S, Bexton S (2016) Impacts of oil spills on seabirds: Unsustainable impacts of non-renewable energy. *International Journal of Hydrogen Energy* 41(37):16549-16555. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.04.011>
- Tsipoura N, Burger J, Newhouse M, Jeitner C, Gochfeld M, Mizrahi D (2011) Lead, mercury, cadmium, chromium, and arsenic levels in eggs, feathers, and tissues of Canada geese of the New Jersey Meadowlands. *Environmental Research* 111(6):775-784. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.05.013>
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2016) Marine plastic debris and microplastics—global lessons and research to inspire action and guide policy change. Nairobi, 252 pp
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2019) Ninth Meeting of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention, 2019. UNEP. UNEP/POPS/COP.9/SC-9/12. <http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/tabid/5837/Default.aspx>
- Vanstreels RET, Gallo L, Serafini PP, Santos AP, Egert L, Uhart MM (2021) Ingestion of plastics and other debris by coastal and pelagic birds along the coast of Espírito Santo, Eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 173113046. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113046>
- Vega C, Siciliano S, Barrocas P, Hacon S, Campos R, do Couto J, Ott P (2010) Levels of cadmium, mercury, and lead in magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) stranded on the Brazilian Coast. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 58:460-468. <https://doi.org/10.1007/s00244-009-9349-0>
- Villaamil Lepori EC, Mitre GB, Nassetta M (2013) Situación actual de la contaminación por plaguicidas en Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29:25-43. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37028958002>
- Wang H, Fan Z, Kuang Z, Yuan Y, Liu H, Huang H (2021) Heavy metals in marine surface sediments of daya bay, southern China: spatial distribution, sources apportionment, and ecological risk assessment. *Frontiers in Environmental Science* 9:755873. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.755873>
- Wells MR, Coggan TL, Stevenson G, Singh N, Askeland M, Lea MA, Philips A, Carver S (2024) Per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in little penguins and associations with urbanisation and health parameters. *Science of The Total Environment* 912:169084. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169084>
- Whitney MC, Cristol DA (2017) Impacts of sublethal mercury exposure on birds: a detailed review. Pp 113-163 en: de Voogt P (ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Springer International Publishing, Cham, Switzerland. https://doi.org/10.1007/398_2017_4
- Yamazaki E, Taniyasu S, Wang X, Yamashita N (2021) Per- and polyfluoroalkyl substances in surface water, gas and particle in open ocean and coastal environment. *Chemosphere* 272:129869. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129869>
- Yin X, Xia L, Sun L, Luo H, Wang Y (2008) Animal excrement: a potential biomonitor of heavy metal contamination in the marine environment. *Science of the Total Environment* 399(1-3):179-185. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.005>
- Yorio P, Marinao C, Kasinsky T, Ibarra C, Suárez N (2020) Patterns of plastic ingestion in Kelp Gull (*Larus dominicanus*) populations breeding in northern Patagonia, Argentina. *Marine Pollution Bulletin* 156:111240. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111240>
- Zarn A, Valle C, Brasso R, Fetzner W, Emslie S (2020) Stable isotope and mercury analyses of the Galápagos Islands seabird community. *Marine Ornithology* 48:71-80



SÍNTESIS Y REVISIÓN CRÍTICA DEL USO DE BIO-REGISTRADORES PARA AVES MARINAS EN SUDAMÉRICA

SYNTHESIS AND CRITICAL REVIEW OF THE USE OF BIO-LOGGERS FOR SEABIRDS IN SOUTH AMERICA

Flavio Quintana¹, Rory Wilson² & Agustina Gómez-Laich^{3*}

¹Instituto de Biología de Organismos Marinos (IBIOMAR), Laboratorio de Predadores Tope Marinos, CONICET. Puerto Madryn, Chubut, Argentina

²Biosciences Department, Swansea Lab for Animal Movement, School of Biosciences, Geography and Physics, Swansea University. Swansea, UK

³Departamento de Ecología, Genética y Evolución & Instituto de Ecología Genética y Evolución de Buenos Aires (IEGEB), CONICET, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

*agomezlaich@ege.fcen.uba.ar

RESUMEN: El desarrollo y utilización de complejos registradores electrónicos de movimiento y comportamiento animal, con múltiples sensores que registran datos a más de 50 Hz, produjo destacados avances en el conocimiento de la ecología de muchas especies de aves marinas. Sin embargo, en Sudamérica, la mayoría de los estudios se enfocan en una primera línea de conocimiento, relacionada casi exclusivamente con el uso del espacio. El mayor grado de desarrollo de este tipo de tecnología y del análisis de los datos derivados, han sido aplicados solo en unas pocas especies y sitios de estudio. Si bien la combinación del uso de sofisticados sensores (i.e., acelerómetros y magnetómetros) y el desarrollo de programas innovadores para el análisis y la visualización de los datos a partir de métricas novedosas han abierto nuevos escenarios de investigación a escala fina de los movimientos y comportamientos, estas herramientas están aún subutilizadas. Este trabajo ofrece una síntesis de la variedad de herramientas tecnológicas, de sus alcances y las métricas disponibles para el estudio de la ecología del movimiento animal. A su vez, presenta una revisión crítica del uso de bio-registradores en aves marinas y reflexiona sobre la necesidad de profundizar en el conocimiento de la ecología de este grupo en la región.

PALABRAS CLAVE: *aves marinas, bio-registradores, Sudamérica, telemetría*

ABSTRACT: The development and use of complex electronic recorders of animal movement and behavior, with multiple sensors that record data at more than 50 Hz, produced outstanding advances in the knowledge of the ecology of many seabird species. However, in South America, most studies focus primarily on spatial usage, representing only a preliminary level of knowledge. The highest level of technological development and data analysis has been applied to only a few species and study sites. Although the combination of the use of sophisticated sensors (i.e., accelerometers and magnetometers) and the development of innovative programs for data analysis and visualization based on novel metrics have opened new scenarios for fine-scale research on movements and behaviors, these tools are still underutilized. This paper provides a synthesis of the variety of technological tools, their scope and the metrics available for the study of animal movement ecology. At the same time, it presents a critical review of the use of bio-recorders in seabirds and reflects on the need to deepen the knowledge of the ecology of this group in the region.

KEYWORDS: *biologgers, GPS, seabirds, South America, telemetry*

Nuestro sentido primario es la visión y, sin dudas, ha sesgado nuestra forma de describir e interrogar a la naturaleza. Estudios recientes utilizando imágenes de series de uranio mediante ablación láser muestran que la observación y registro de animales en la naturaleza se remonta a unos 50 000 años, aproximadamente (Oktaviana et al. 2024). Sin embargo, la sistematización y documentación de este tipo de observaciones corresponde a épocas más recientes como las de las civilizaciones egipcia (3100 a.C.) y griega (s. VIII a.C.) (Teske 1997). Desde entonces, la observación directa de los animales ha sido una herramienta fundamental para su estudio, ofreciendo descripciones con mayor o menor grado de expresión académica, filosófica o artística.

La observación directa del comportamiento y movimiento animal, con registros sistemáticos adaptados a las preguntas de interés biológico y adecuadamente contenidos en un marco teórico, es, aún en la actualidad, una herramienta esencial en distintas disciplinas de la ecología. Sin embargo, quienes se adentren en estas líneas de investigación, deberán advertir que las limitaciones de nuestra capacidad visual pueden ser mejoradas por tecnologías relacionadas con el concepto de Telemetría (del griego *tele*, remoto, distante y *metros*, medición). Los métodos de medición remota facilitan la investigación del comportamiento animal, sin las limitaciones impuestas por la visibilidad del animal, terrenos difíciles, ubicaciones remotas, condiciones climáticas, las escalas geográficas del uso del espacio y la perturbación introducida por la presencia de un observador (Masello et al. 2023). Un bio-registrador (*bio-logger*, en inglés) (Naito 2004) es básicamente un dispositivo electrónico pequeño que se adhiere a un animal o se implanta en él para registrar datos biológicos y de comportamiento durante un período de tiempo. Estos dispositivos pueden recopilar (y en algunos casos transmitir) información como la posición geográfica, la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca, la actividad física, la motilidad gástrica y otros parámetros fisiológicos o ambientales. Los bio-registradores se utilizan comúnmente en investigaciones ecológicas, de conservación y estudios del comportamiento animal, proporcionando datos cruciales sobre los movimientos, los hábitos de alimentación y las interacciones de los animales en su entorno natural. Dada la enorme capacidad de almacenamiento de datos disponible en la actualidad, múltiples variables pueden ser evaluadas simultáneamente con tasas de registro y resolución increíblemente altas (i.e., 1000 veces por segundo y 16 bits) (Holton et al. 2021). Así, el bio-registro permite a los científicos obtener información de múltiples varia-

bles biológicas, del movimiento y del comportamiento de animales silvestres a lo largo de períodos de tiempo prolongados (Williams et al. 2020).

Como para la gran mayoría de los vertebrados, los avances en la tecnología electrónica han cambiado enormemente la forma en que estudiamos a las aves marinas, proporcionando información sin precedentes sobre su locomoción, fisiología, comportamiento, alimentación, migración, demografía y exposición a riesgos antropogénicos derivados de las actividades humanas tanto en tierra como en el mar (Williams et al. 2020). Este trabajo ofrece una síntesis de la variedad de herramientas tecnológicas de bio-registro, de sus alcances y las métricas disponibles para el estudio de la ecología del movimiento y comportamiento animal, con énfasis en las investigaciones realizadas en aves marinas en Sudamérica. Presentaremos tanto una revisión y síntesis crítica del uso de bio-registradores en este grupo de aves en la región, así como un breve resumen de las diferentes tecnologías (útil para quienes se inicien en la temática). Posteriormente, analizaremos brevemente los alcances y limitaciones de cada tecnología presentada refiriéndonos a ejemplos de investigaciones realizadas en especies que reproducen en Sudamérica. Finalmente, ofreceremos consideraciones científicas y éticas acerca del uso de bio-registradores.

LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para este trabajo se realizó una revisión sistemática de artículos científicos en aves marinas que reproducen en Sudamérica en los cuales se proporcionaba información sobre el empleo de algún dispositivo de bio-registro (i.e., VHF, GLS, transmisor satelital, GPS, registradores de múltiples sensores, etc.) (ver abajo). Como plataforma de búsqueda se utilizó Google Académico y durante la revisión utilizamos palabras clave y las siguientes fórmulas de búsqueda: 1) “nombre de la especie en inglés” AND (gps OR gls OR vhf OR satelital OR ptt OR accelerometer OR magnetometer OR tdr) y 2) “nombre de la especie en español” AND (gps OR gls OR vhf OR satelital OR ptt OR acelerómetros OR magnetómetro OR tdr).

La búsqueda solo incluyó artículos científicos y no consideró informes, capítulos de libro, tesis doctorales, etc. Solo se incluyeron trabajos donde las aves equipadas presentaban sitios de nidificación en países de Sudamérica (incluidas las Islas Malvinas). Se excluyeron sitios de nidificación de Antártida y e islas sub-antárticas. Los nombres comunes y científicos de

las especies mencionadas se obtuvieron de <https://birdsoftheworld.org/bow/home>. La base de datos quedó constituida por 247 artículos científicos.

DE LOS RADIO-TRANSMISORES A LOS SENSORES PORTÁTILES

Radio-transmisores

Los transmisores de radio VHF convencionales (Quan & Barnes 2005) han sido utilizados en aves marinas desde antes de 1990 básicamente para monitorear el patrón de presencia-ausencia en la colonia y los movimientos de alimentación en aguas cercanas a los sitios de nidificación (Anderson & Ricklefs 1987). Si bien esta tecnología tiene severas limitaciones en precisión de ubicación y alcance (menos de 15-20 km desde un punto de observación elevado), ha sido útil para estudiar el comportamiento en el mar en aves marinas que se alimentan en aguas cercanas a la costa. En Sudamérica, la técnica ha sido tempranamente utilizada para la determinación de las áreas de alimentación y el análisis del comportamiento de buceo de las cuatro especies de cormoranes que reproducen en la costa de Patagonia, Argentina (Quintana 1999, 2001, Frere et al. 2002, Sapoznikow & Quintana 2002, 2003, Quintana et al. 2004, Retana & Quintana 2009) (Tabla 1). Esta tecnología también ha sido utilizada para determinar las áreas de alimentación y el uso del espacio marino-costero en dos especies de gaviotas (Yorio et al. 2004, 2005, Suarez & Yorio 2005, Beron et al. 2007, Suarez et al. 2012), tres especies de gaviotines (Bugoni et al. 2005, Gatto et al. 2019), el Prión Pico Fino *Pachyptila belcheri* (Quillfeldt et al. 2010) y el Pingüino de Humboldt *Spheniscus humboldti* (Culik et al. 1998, Taylor et al. 2001, 2004) (Tabla 1). En todos los casos, las aves portadoras de radio-transmisores deben ser monitoreadas desde puestos fijos de recepción (preferentemente elevados) equipados con antenas y un equipo radio receptor. A partir de cambios en la intensidad y otras características de la señal es posible identificar cuando las aves se encuentran en la colonia, volando, sobre la superficie del mar o debajo del agua (ver detalles en Wanless & Harris 1993). En los trabajos mencionados, fue posible determinar las áreas de alimentación en el mar y en algunos casos el tiempo de vuelo hacia y desde la colonia. La localización de las áreas de forrajeo puede ser determinada mediante métodos de triangulación, a partir de las direcciones provenientes de las señales emitidas por los radio-transmisores (ver Quintana et al. 2002). Al menos dos direcciones deben ser tomadas en forma simultánea desde los puestos de recepción equipados con antenas tipo *Yagi* (Quan & Barnes 2005).

Las áreas de alimentación pueden obtenerse como la intersección de los dos ángulos determinados por la dirección de las señales, con un error de 5-20° (ver Quintana et al. 2002).

En el caso de las aves marinas buceadoras, debido a que la señal de radio se interrumpe durante las inmersiones y se restaura cuando los individuos regresan a la superficie, es posible identificar una secuencia de buceos como una serie de cortes regulares de la señal (Quintana 1999). Así, es posible registrar el inicio y fin de cada una de las inmersiones y obtener métricas tales como el número de buceos, la duración de cada uno de ellos y de los intervalos de recuperación en superficie, y la tasa y eficiencia de buceo (Quintana 1999, Quintana et al. 2002, 2004, Frere et al. 2002, Retana & Quintana 2009).

La novedad tecnológica y la hegemonía de las posiciones

El uso de radio transmisores VHF tuvo una aplicación relativamente corta por dos razones principales: sus limitaciones de alcance (la mayoría de las especies de aves pueden alejarse varias decenas de kilómetros de las colonias, aun durante los viajes más cortos en la etapa de crianza de pichones) y, fundamentalmente por el advenimiento de dispositivos electrónicos más sofisticados, que utilizaban sensores específicos o tecnología satelital para determinar las posiciones (i.e., Lat., Long.) y los movimientos de las aves, independizándose de la tediosa búsqueda y recepción de señales de radio a través de antenas y equipos pesados.

Una tecnología ampliamente utilizada para obtener posiciones de aves marinas que se trasladan grandes distancias es la conocida como Sistema de Localización Global o GLS (por su nombre en inglés, *Geolocation System*). La geolocalización, utiliza cambios en los niveles de luz ambiente para estimar el amanecer, el atardecer y la duración del día permitiendo determinar la longitud y latitud donde se encuentra un animal en un momento dado (Wilson et al. 1992). La resolución espacial de las posiciones (una o dos por día) no es precisa (error medio de 185-200 km) (Phillips et al. 2004) pero puede ser ajustada cuando los GLSs se utilizan con sensores de temperatura. Los registros de temperatura superficial del agua de mar permiten el ajuste de las posiciones entre 1-2° (Teo et al. 2004, Shaffer et al. 2005). A pesar de sus limitaciones, esta tecnología tiene varias ventajas. El consumo de energía es mínimo, porque los datos se almacenan y no se transmiten, permitiendo el uso de baterías pequeñas y, por lo tanto, reduciendo el tamaño y peso general de todo el dispositivo (~ 1.5 g). A su vez, estos dispositivos pueden registrar datos durante un lapso de tiempo que va entre 2 y 10 años.

Tabla 1. Número de publicaciones científicas por Orden, Familia y Especie de aves marinas de Sudamérica en los que se menciona el uso de al menos un tipo de bio-registrador* para estudios de movimiento y/o comportamiento.
(*) VHF: Radiotransmisor, GLS: Geolocalizador, PTT: Transmisor satelital, GPS: Geoposicionador satelital, DR: Dead-reckoner, TDR: Registrador de profundidad, ACC: Acelerómetro, RMS: Registrador de múltiples sensores.

Orden–Familia–Especie	VHF	GLS	PTT	GPS	DR	TDR	ACC	RMS
CHARADRIIFORMES								
Laridae								
Gaviota Austral	1			3			1	
Gaviota Cocinera				2				
Gaviota de Olrog	4	1		1				
Gaviota Garuma				2				
Gaviota de las Galápagos		1						
Gaviotín Golondrina	1							
Gaviotín Pico Amarillo	1							
Gaviotín Real	1							
Gaviotín Peruano		1						
Stercorariidae								
Skúa Antártico		1						
PELECANIFORMES								
Pelecanidae								
Pelicano Peruano				1				
PHAETHONTIFORMES								
Phaethontidae								
Ave del trópico de Cola Blanca				3				
Ave del trópico de Pico Rojo		1		1				
PROCELLARIIFORMES								
Diomedeidae								
Albatros Cabeza Gris			1					
Albatros Ceja Negra		6	10	13		2	1	2
Albatros de las Galápagos			4	4			1	
Procellariidae								
Pardela Oscura		4		3		2		
Pardela Patas rosas			2	2		1		
Petrel de Anteojos			1					
Petrel de Trinidad		5						
Petrel Gigante del Sur			10	1				
Prión Pico Fino	1	6		1				
Yunco de Humboldt		1				1		
Hydrobatidae								
Oceanitidae								

Orden–Familia–Especie	VHF	GLS	PTT	GPS	DR	TDR	ACC	RMS
SPHENISCIFORMES								
Spheniscidae								
Pingüino de Galápagos				1		2		
Pingüino de Humboldt	3		5	3		7		1
Pingüino de Magallanes		7	22	26	2	27	5	24
Pingüino Papua			6	9		6	2	
Pingüino Penacho Amarillo		4	7	9		11		2
Pingüino Rey		2	7			3		
SULIFORMES								
Fregatidae								
Ave Fragata			1					
Rabihorcado Grande				1				
Phalacrocoracidae								
Biguá	1							
Cormorán Cuello Negro	6			2		1		
Cormorán de Galápagos				1		1		
Cormorán Gris	2					2		
Cormoran Guanay				4		5		
Cormorán Imperial	2	1		12	2	6	2	17
Sulidae								
Piquero de Nazca				4		1		
Piquero de Patas Azules					1	1		
Piquero de Patas Rojas				2				
Piquero Enmascarado				4		3		
Piquero Pardo				1				
Piquero Peruano		1		9	1	7		1

En Sudamérica este tipo de sensores de posición ha sido utilizado para estudiar los movimientos en el mar de al menos 15 especies de aves marinas (Tabla 1). Los trabajos pioneros fueron desarrollados por Wilson y colaboradores en el Pingüino de Magallanes *Spheniscus magellanicus* (Wilson et al. 1995) y se han extendido hasta la actualidad en esta (Wilson et al. 2002, 2005, Yamamoto et al. 2019, Barrionuevo et al. 2020, 2023, Dodino et al. 2021) y otras especies de pingüinos tales como el Pingüino Penacho Amarillo *Eudyptes chrysocome* (Ratcliffe et al. 2014, Thiebot et al. 2015, Oehler et al. 2018, Green et al. 2023) y el Pingüino Rey *Aptenodytes patagonicus* (Pütz 2002, Pütz & Cherel 2005) (Tabla 1). Esta tecnología también fue exitosamente utilizada en la Gaviota de las Galápagos *Creagrurus furcatus* (Cruz et.

al. 2013), la Gaviota de Olrog *Larus atlanticus* (Copello et al. 2020), el Gaviotín Peruano *Sternula lorata* (Ryan et al. 2022), el Skua Antártico *Stercorarius antarcticus* (Phillips et al. 2007), el Ave del Trópico Pico Rojo *Phaethon aethereus* (Nunes et al. 2022), el Albatros Ceja Negra *Thalassarche melanophris* (Granadeiro et al. 2011, 2014, 2018, Catry et al. 2013, Baylis et al. 2021, Beal et al. 2021), la Pardela Oscura *Ardenna grisea* (Hedd et al. 2012, Bonnet-Lebrun et al. 2020, Baylis et al. 2021, Beal et al. 2021), el Petrel de Trinidad *Pterodroma arminjoniana* (Krüger et al. 2016, Leal et al. 2017, 2021, Ramos et al. 2017, Nunes et al. 2022), el Prión Pico Fino (Quillfeldt et al. 2012, 2013, 2014, 2015, 2017, 2019), el Yunco de Humboldt *Pelecanoides garnotii* (Fernández et al. 2023), el Cormorán Imperial *Leucocarbo atriceps*

(Harris et al. 2013) y el Piquero Peruano *Sula variegata* (Ludynia et al. 2010) (Tabla 1). La mayoría de los trabajos revela principalmente los movimientos post-reproductivos de las especies estudiadas, aunque, en algunos casos, se los ha asociado al comportamiento de buceo al incluir registros provenientes de sensores de profundidad (ver abajo) (Pütz & Cherel 2005, Ludynia et al. 2010, Yamamoto et al. 2019, Bonnet-Lebrun et al. 2020). Una excepción al uso de geolocalizadores para la determinación exclusiva de posiciones se refleja en la investigación realizado por Quillfeldt y colaboradores (2019) en priones y Harris y colaboradores (2013) en cormoranes imperiales. En ambos trabajos, los autores utilizan dispositivos GLS combinados con sensores de luz e inmersión para estudiar la dinámica de asistencia a la colonia (Quillfeldt et al. 2019) y la segregación sexual en la dinámica temporal de alimentación durante el periodo reproductivo y no reproductivo (Harris et al. 2013).

Desde el trabajo pionero de Jouventin y Weimerskirch (1990), ha habido una avalancha de estudios que utilizan telemetría por satélite (PTTs, por su nombre en inglés, *Platform Terminal Transmitters*) en aves marinas. Este tipo de transmisores utiliza el sistema Argos-CLS, que puede proporcionar hasta algunas decenas de posiciones por día dependiendo de los parámetros específicos de seguimiento, la cobertura satelital y las condiciones ambientales. La precisión de las localizaciones típicamente varía entre 150 y 1500 m dependiendo de la cantidad de satélites involucrados (i.e., cobertura satelital) (<https://www.argos-system.org/wp-content/uploads/2023/01/CLS-ArgosWeb-User-Manual.pdf>). En la actualidad, los instrumentos de transmisión satelital pueden llegar a pesar menos de 9 g, y algunos incorporan energía solar para reducir el tamaño de la batería y aumentar su vida útil. Dado que los datos de ubicación se transmiten y no se almacenan, la recuperación de estos dispositivos no es necesaria, y los convierte en una herramienta tecnológica clave para evaluar movimientos, uso del hábitat e incluso la dispersión post reproductiva de juveniles para los que la recuperación de los instrumentos es prácticamente imposible (Weimerskirch et al. 2006).

Al igual que en el resto del mundo, en Sudamérica esta tecnología ha sido principalmente utilizada en aves marinas pelágicas de gran porte (i.e., albatros y grandes petreles). En la región, los primeros trabajos sobre este grupo corresponden al Albatros de Galápagos *Phoebastria irrorata* (Fernández et al. 2001) y al Petrel Gigante del Sur *Macronectes giganteus* (Quintana & Dell'Arciprete 2002) (Tabla 1). A partir de entonces, las plataformas

satelitales fueron usadas en otras dos especies de albatros (i.e., Cabeza Gris *Thalassarche chrysostoma* y Ceja Negra) (Wakefield et al. 2011, Copello et al. 2013, 2014, 2016, Robertson et al. 2014, Augé et al. 2018, Oppel et al. 2018, Baylis et al. 2019, Beal et al. 2021, Paz et al. 2021) y una especie de pardela de mediano porte, la Pardela de Patas Rosas *Ardenna creatopus* (Guicking et al. 2001, Felis et al. 2019) y el Petrel de Antojos *Procellaria conspicillata* (Bugoni et al. 2009) (Tabla 1). En Sudamérica, el Petrel Gigante del Sur del norte de Patagonia, Argentina (i.e., Islas Arce y Gran Robredo) ha sido una de las especies de Procelarififormes más estudiada a través de esta tecnología (Quintana & Dell'Arciprete 2002, Copello & Quintana 2009, Quintana et al. 2010, Copello et al. 2011, 2016, Blanco & Quintana 2014, Blanco et al. 2015, 2017, 2022a, Beal et al. 2021).

A pesar de que el uso de transmisores satelitales con antenas externas compromete significativamente el gasto de energía relacionado con el desplazamiento debajo del agua (i.e., un incremento de hasta el 150% de acuerdo a la velocidad de natación, la rigidez, el largo, el diámetro y la posición de la antena) (Wilson et al. 2004), este tipo de dispositivos ha sido (y sigue siendo) utilizado en varias especies de pingüinos. Así, solo para el Pingüino de Magallanes existen al menos 22 trabajos publicados en los que se han instrumentado individuos con este tipo de bio-registradores (Stokes et al. 1998, 2014, Boersma et al. 2007, 2009, 2015, Pütz et al. 2007, 2016, Boersma & Rebstock 2009, Skewgar et al. 2014, Rebstock & Boersma 2018, Rebstock et al. 2022a, Silva et al. 2022, entre otros) (Tabla 1). En la región, otras tres especies de pingüinos también fueron estudiadas mediante la colocación de plataformas satelitales: el Pingüino de Humboldt (Culik & Luna-Jorquera 1997a, 1997b, Culik et al. 2000, Boersma et al. 2007, Pütz et al. 2016), el Pingüino Papua *Pygoscelis papua* (Boersma et al. 2002, Clausen & Pütz 2003, Baylis et al. 2019, 2021, entre otros), el Pingüino Penacho Amarillo (Boersma et al. 2002, Pütz et al. 2006b, Raya Rey et al. 2007, entre otros) y el Pingüino Rey (Pütz et al. 2014, 2021, Baylis et al. 2015; entre otros) (Tabla 1).

Una alternativa tecnológica más ágil y precisa se desarrolló a partir del surgimiento de los dispositivos GPS, capaces de registrar hasta una posición geográfica por segundo (i.e., 1 Hz) con precisión de unos pocos metros de la ubicación real (Burger & Shaffer 2008). Por otra parte, los dispositivos GPS resultaron relativamente económicos comparados con los costos de las plataformas y los servicios satelitales antes mencionados. La miniaturización de los GPS (en la

actualidad existen dispositivos de 1 g) (De Pascalis et al. 2021) fue otra de las ventajas que ampliaron marcadamente su uso en muchas especies de aves marinas (e.g. Grémillet et al. 2004). Su resolución espacial, permitió indagar en el estudio de movimientos a escala fina, revelar detalles sin precedentes de la velocidad horizontal de desplazamiento (i.e., distancia recorrida por unidad de tiempo) y el comportamiento de búsqueda de alimento de áreas restringidas (Harris et al. 2014a). Sin embargo, a pesar de su potencial para el estudio de movimientos finos (debido a la alta frecuencia de registros), su uso ha estado prácticamente restringido a la determinación de trayectorias a mayor escala y la determinación de áreas de uso en el mar (i.e., patrones de uso horizontal del espacio).

En Sudamérica, el uso de dispositivos GPS ha sido ampliamente difundido abarcando 28 especies de aves marinas pertenecientes a nueve familias y cinco órdenes: el Pelicano Peruano *Pelecanus thagus* (Zavala-ga et al. 2011), el Prión de Pico Fino (Quillfeldt et al. 2022), el Petrel Gigante del Sur (Blanco et al. 2022a), la Fragata Grande *Fregata minor* (Nourani et al. 2022), dos especies de aves del trópico (Santos et al. 2019, Nourani et al. 2022), dos especies de albatros (Awkerman et al. 2005, 2014, Granadeiro et al. 2011, 2014, 2018, Arata et al. 2014, Robertson et al. 2014, Campioni et al. 2017, Nourani et al. 2022, entre otros), dos especies de pardelas (Adams et al. 2019, Baylis et al. 2019, 2021, Carle et al. 2019, Bonnet-Lebrun et al. 2020), cuatro especies de gaviotas (Masello et al. 2013, Augé et al. 2018, Kasinsky et al. 2018, 2021, Oppel et al. 2018, Ravasi et al. 2019, Aguilar-Pulido et al. 2021, Catoni et al. 2021, Petracci et al. 2024), cuatro especies de cormoranes (Wilson et al. 2008b, 2012, Masello et al. 2010, Yorio et al. 2010, Quintana et al. 2011, Harris et al. 2012, 2014a, 2014b, 2016a, 2016b, Weimerskirch et al. 2012, Boyd et al. 2015, Roy et al. 2022), cinco especies de piqueros (Weimerskirch et al. 2010, Zavala-ga et al. 2010a, 2010b, 2012, Bertrand et al. 2012, Boyd et al. 2014, 2015, Lerna et al. 2020a, 2020b, Mendez et al. 2020, Howard et al. 2021, Clark et al. 2022, Nourani et al. 2022, Nunes et al. 2022, McKee et al. 2023) y cinco especies de pingüinos (Wilson et al. 2005, 2015, Steinfurth et al. 2008, Masello et al. 2010, Raya Rey et al. 2010, 2013, Yorio et al. 2010, 2011, 2021, Sala et al. 2012, 2014, 2015, 2017, Ludynia et al. 2013, Gómez-Laich et al. 2015, Ciancio et al. 2016, Rosciano et al. 2016, 2018, 2022, Harris et al. 2020, 2023, Quispe et al. 2020, Blanco et al. 2022a, Quintana et al. 2022, Rebstock et al. 2022b, entre otros) (Tabla 1).

En su mayoría, las publicaciones mencionadas

acerca del uso de dispositivos GPS en aves marinas de Sudamérica, también se enfocan en una primera línea de conocimiento, relacionada con la ubicación de los animales y el uso del espacio. Sin embargo, existen otras herramientas metodológicas, de análisis y nuevas métricas que permiten profundizar en el estudio de los movimientos y comportamiento de las aves marinas de la región. Según esta revisión, dichas alternativas tecnológicas y metodológicas no son de uso extendido. Un intento de respuestas al por qué de este fenómeno podría basarse en el desconocimiento de tecnologías alternativas, en el desacuerdo respecto a su uso, en un mayor costo económico o, simplemente en juzgar inútil su aplicación. Con la agilidad y fluidez de la información de los tiempos actuales, es difícil pensar que quien trabaja con bio-registradores no conozca la existencia de herramientas diferentes a aquellas que solo permiten ubicar a un animal en el espacio. Por otra parte, no existen publicaciones que fundamenten críticas sustanciales referidas al uso de sensores complementarios o alternativos a los que registran posición y, el costo económico total de dichos dispositivos, en algunos casos podría ser más alto que el de los registradores con múltiples sensores alternativos y más complejos. Finalmente, lo que sí parece adecuado pensar es que los estudios (o los objetivos de la investigación) sobre movimiento y comportamiento animal no necesariamente requieran de una mayor complejidad tecnológica, ni en lo referido al registro ni al análisis de los datos. En definitiva, la tecnología es solo una herramienta de investigación más y no el objetivo de estudio en sí. Todo depende de la pregunta, el contexto teórico en el que encuadramos nuestro trabajo y/o en los objetivos planteados. A nuestro entender, para quien hace uso de bio-registradores en aves marinas o cualquier otro grupo animal, resulta esencial comprender, a priori, cuales son los alcances de los datos y resultados obtenidos, las limitaciones y errores de la tecnología utilizada y el nivel real de conocimiento alcanzado acerca del fenómeno estudiado.

En el mundo científico del bio-registro (y en la ciencia en general), cuando todo parece satisfacer nuestra curiosidad sobre un fenómeno natural y nos disponemos a disfrutar de un cálido espacio de confort, siempre aparecen nuevas y/o mejores herramientas tecnológicas que nos vuelven a desvelar ante la posibilidad de profundizar en el conocimiento adquirido con las herramientas precedentes, aun cuando, en ocasiones, lo nuevo se basa en conceptos y principios más antiguos. Así, aunque inicialmente un registro de datos a 1 Hz (i.e., GPS, ver arriba) puede parecer un exceso de información, dependiendo de

la escala en la que se produzcan los movimientos que queremos estudiar, podríamos estar perdiendo parte o incluso la mayoría de los datos relevantes. En algunos casos, en tan solo un segundo pueden suceder múltiples eventos que permanecen invisibles, aún bajo una prometedora frecuencia de muestreo de 1 Hz. El registro de posiciones en el espacio a lo largo del tiempo a través de la técnica de *dead-reckoning* es un ejemplo claro de ello.

Los *dead-reckoners* (DR, instrumentos de navegación por estima o cálculo de rumbo) registran cada cambio en el azimut (o dirección) varias veces por segundo a medida que un animal se mueve y permiten recrear sus trayectorias a partir de la suma de vectores direccionales y la velocidad estimada (Benvenuti et al. 1998). Dado que las velocidades (terrestres u horizontales) varían con la velocidad del viento y la dirección del vuelo, este método funciona mejor en especies de aves no voladoras como los pingüinos con un rango de velocidades de traslado más limitado ($1\text{--}3\text{ m s}^{-1}$) (Wilson et al. 1991). A pesar de su extrema precisión en la determinación del movimiento de traslado, los DR han sido muy poco utilizados en estudios de movimiento de aves marinas en Sudamérica y los pocos trabajos publicados han sido realizados por Wilson y colaboradores en el Pingüino de Magallanes (Wilson et al. 2003, 2007), el Cormorán Imperial (Quillfeldt et al. 2011) y dos especies de piqueros (Zavalaga et al. 2008, Ludynia et al. 2010) (Tabla 1). Una refinación de la técnica de navegación por estima ha sido incorporada en un nuevo diseño de bio-registrador llamado *Daily Diary* (Wilson et al. 2008a) (ver abajo).

El registro de la profundidad

A partir de los deslumbrantes trabajos seminales de Kooyman (1965) sobre las técnicas para medir la capacidad de buceo de las focas de Weddell *Leptonychotes weddellii*, el uso de registradores de profundidad o *time-depth recorders* (TDR, por sus siglas en inglés) se hizo extensivo en muchas otras especies de mamíferos marinos desde fines de la década de 1980 para luego extenderse a estudios con aves marinas. Básicamente, los TDR reducen la información sobre el comportamiento espacial tridimensional de los animales buceadores a solo dos dimensiones, profundidad y tiempo. Los registros son frecuentemente analizados a partir de programas (ej. MT-DIVE Jensen Software) (<https://www.jensen-software.com/mt-dive.html>) o paquetes específicos de Software de acceso libre (R) como diveMove (Luque 2024) que muestran gráficamente los datos de profundidad en función del

tiempo. Así, para cada inmersión es posible determinar los siguientes parámetros: tiempo de inicio y fin, duración y velocidad de las fases de descenso, fondo y ascenso, profundidad máxima alcanzada, y duración de cada buceo. Con el tiempo, el uso exclusivo de registradores de profundidad ha sido reemplazado y extendido por la incorporación de sensores de profundidad a los dispositivos GPS.

En Sudamérica, los registradores exclusivos de duración y profundidad de buceo han sido principalmente utilizados en cinco especies de pingüinos (Luna-Jorquera & Culik 1999, Mills 2000, Taylor et al. 2001, 2004, Schiavini & Raya Rey 2004, Hennicke & Culik 2005, Pütz et al. 2006a, Raya Rey et al. 2009, Masello et al. 2010, Gherardi-Fuentes et al. 2019), aunque la mayoría de las publicaciones (al menos 11) refiere al Pingüino de Magallanes (Peters et al. 1998, Simeone & Wilson 2003, Walker & Boersma 2003, Wilson 2003a, 2003b, Wilson et al. 2003, Raya Rey et al. 2012, Scioscia et al. 2016, entre otros) (Tabla 1). Su uso también se extendió a estudios específicos del comportamiento de buceo del Cormorán Imperial (Wilson & Quintana 2004, Quintana et al. 2007, Retana & Quintana 2009, Quillfeldt et al. 2011) (Tabla 1). Como se mencionó, la incorporación de sensores de profundidad a los dispositivos GPS, amplió el abanico de especies estudiadas en relación al comportamiento de alimentación de otras familias de aves marinas de la región tales como: Procellariidae (Adams et al. 2019, Bonnet-Lebrun et al. 2020, Baylis et al. 2021) y Suliidae (Weimerskirch et al. 2010, 2012, Zavalaga et al. 2010a, 2010b, Bertrand et al. 2012, Boyd et al. 2015, Lerma et al. 2020a, 2020b, Roy et al. 2022) (Tabla 1).

Los acelerómetros y magnetómetros como herramientas para la profundización del conocimiento del movimiento y comportamiento animal

Lo descripto hasta el momento, refleja una cierta hegemonía establecida por los dispositivos de posición (principalmente PTT y GPS) en el estudio del movimiento y comportamiento de las aves marinas que reproducen en Sudamérica. Esta observación es tan cierta para la región como para el resto del mundo. Si bien la posición geográfica de un animal es una fuente de información importante, resulta inútil para cualquier análisis en la tercera dimensión del espacio (i.e., altura y profundidad) y solo revela aspectos que apenas exploran la superficie del conocimiento referido a la ecología del movimiento y/o comportamiento. Por otro lado, en líneas generales, quienes se inician en esta disciplina desconocen (o conocen parcialmen-

te) los alcances (y las limitaciones) de la información recolectada por otro tipo de sensores diferente a los exclusivamente habilitados para obtener la posición de un animal en el espacio.

El objetivo de esta sección es introducir en forma breve, dos sensores ampliamente utilizados para estudiar el comportamiento y movimiento animal: los acelerómetros y los magnetómetros, y presentar las potencialidades y limitaciones de la información brindada por cada uno de ellos. Los acelerómetros tri-axiales, miden el cambio de velocidad de un cuerpo (o parte de él) que los porta y permiten cuantificar tanto la postura corporal como el movimiento a escala fina y precisa (Wilson et al. 2008a). La información provista por los acelerómetros corresponde a dos componentes principales: la aceleración estática, que permite calcular los ángulos de rolido y cabeceo y la aceleración dinámica que se relaciona con la frecuencia e intensidad del movimiento en los tres ejes del espacio (Fig. 1). El primer estudio en utilizar acelerómetros (en solo dos dimensiones) para determinar comportamientos fue realizado por Yoda y colaboradores (1999), en pingüinos de Adelia *Pygoscelis adeliae*. Este trabajo pionero fue capaz de mostrar si los animales estaban erguidos o en posición horizontal, si estaban caminando o saltando, y si se deslizaban o permanecían inmóviles.

Los sensores de aceleración han sido generalmente utilizados en forma combinada con otro tipo de sensores (ej. posición, profundidad, etc.) y nos referiremos a estos trabajos más adelante (ver Registradores multi-sensores). Sin embargo, el uso exclusivo de diminutos y livianos (< 3 g) sensores de aceleración en dos y tres dimensiones (i.e., como único dispositivo), constituye una poderosa herramienta a la hora de estudiar a escala fina la orientación y el movimiento de un cuerpo o parte de él. Un ejemplo claro de la profunda y detallada escala de análisis que es posible alcanzar con el uso de acelerómetros, lo constituye el

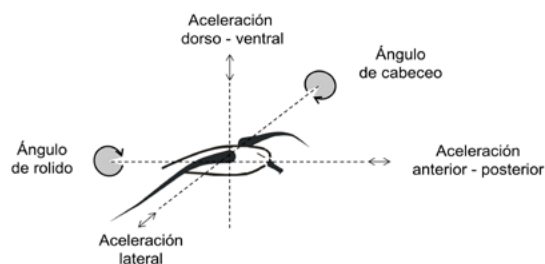


Figura 1. Diagrama ilustrando la relación entre la medición de la aceleración en cada una de las tres dimensiones, el ángulo de cabeceo y el ángulo de rolido con los movimientos corporales de un Albatros Ceja Negra (*Thalassarche melanophris*).

estudio realizado por Wilson y colaboradores (2017) en dos especies de aves marinas buceadoras: el Pingüino de Magallanes y el Cormorán Imperial. En este trabajo, los autores utilizaron sensores miniaturizados de aceleración ($4 \times 10 \times 40$ mm, < 3 g) colocados sobre la espalda y la cabeza de las aves y analizaron las diferencias de movimiento entre las respectivas partes del cuerpo en relación al balance energético durante la alimentación de ambas especies. Siguiendo una línea metodológica similar, Del Caño y colaboradores (2021) analizaron los movimientos a escala fina del cuerpo y la cabeza de pingüinos de Magallanes durante los buceos de alimentación, con el fin de determinar eventos de captura de presas mediante el uso de registros de aceleración (Fig. 2). En la actualidad, los mismos autores han desarrollado y utilizado, sensores miniaturizados de aceleración que, colocados sobre la cabeza de adultos y pichones de Cormorán Imperial, permitieron estudiar en detalle los comportamientos de solicitud, entrega, y cantidad de alimento transferido de padres a pichones durante los eventos de alimentación (Del Caño et al. 2024). Resulta evidente que el uso de acelerómetros como único bio-registro, o en forma combinada con otro tipo de sensores, es útil para identificar e incluso cuantificar con precisión, comportamientos y movimientos extremadamente sutiles y discretos. Por otra parte, también pueden develar comportamientos novedosos difíciles de registrar y cuantificar a simple vista o mediante registradores menos específicos. Recientemente, Guilford y colaboradores (2022) utilizaron sensores de aceleración en tres dimensiones y evidenciaron que sumergirse y realizar una búsqueda activa de presas puede ser una adaptación conductual significativa para algunas especies de albatros.

Una métrica importante, derivada de los sensores de aceleración, es el gasto energético que resulta de un movimiento y/o comportamiento realizado (Wilson et al. 2020). La determinación del gasto energético es importante incluso en cuestiones relacionadas a la conservación ya que constituye una medida clara de cuánto los animales deben esforzarse para alimentarse y sobrevivir, lo que obviamente varía con las circunstancias ambientales. La aceleración dinámica puede ser utilizada como un proxy del gasto energético a través de dos métricas: el ODBA (*Overall Dynamic Body Acceleration*) y el VeDBA (*Vectorial Dynamic Body Acceleration*). Si bien ambas medidas están fuertemente correlacionadas, el ODBA se utiliza principalmente cuando se quiere relacionar la información de acelerometría con gasto energético medido en términos de consumo de oxígeno (Qasem et al. 2012).

Trabajos experimentales realizados con pingüinos de Magallanes y Penacho Amarillo han mostrado un alto coeficiente de correlación (>0.8) entre ODBA y consumo de oxígeno, mientras las aves caminaban a diferentes velocidades sobre una cinta de entrenamiento aeróbico (Halsey et al. 2009, 2011). Claramente, la relación entre ODBA y gasto metabólico es actividad dependiente (Gómez-Laich et al. 2011) y, la utilidad de la acelerometría como indicador del gasto energético disminuye cuanto mayor es la proporción de actividades que implican inversión energética pero no involucran movimiento (ejemplo, la termorregulación) (Wilson et al. 2020). Los trabajos que hacen uso de la aceleración como indicador del gasto energético de aves marinas de la región son escasos y se limitan al Pingüino de Magallanes (Wilson et al. 2010, Sala et al. 2015), el Cormorán Imperial (Shepard et al. 2009, Gómez-Laich et al. 2011, Wilson et al. 2012, Gómez-Laich et al. 2013, 2022), el Pingüino Papua (Masello et al. 2017) y el Piquero Peruano (Clark et al. 2022) (Tabla 1). En 2012, Wilson y colaboradores, presentaron el

concepto de Paisaje Energético (*Energy Landscape*), un concepto innovador que hace referencia al costo energético que enfrentan las aves al alimentarse en una u otra zona del océano (Wilson et al. 2012). Los paisajes energéticos tienen el potencial de explicar por qué individuos de una población particular forrajean donde lo hacen y, además, establece conexiones entre el comportamiento de forrajeo, el éxito reproductivo, la dieta consumida e, incluso, los parámetros poblacionales. A pesar de la importancia de este concepto, solo ha sido considerado en una especie de pingüino *Pygoscelis papua* en Islas Malvinas (Masello et al. 2017).

Por su parte, los magnetómetros (i.e., sensores de campo magnético) colocados sobre un cuerpo permiten determinar la orientación del mismo respecto al campo magnético terrestre (Cotter 1978). Estos sensores, en comparación a los acelerómetros, son menos sensibles a la posición del cuerpo donde se los coloca, pero más sensibles a errores de medición generados por distorsiones magnéticas (Gebre-Egziabher et al.

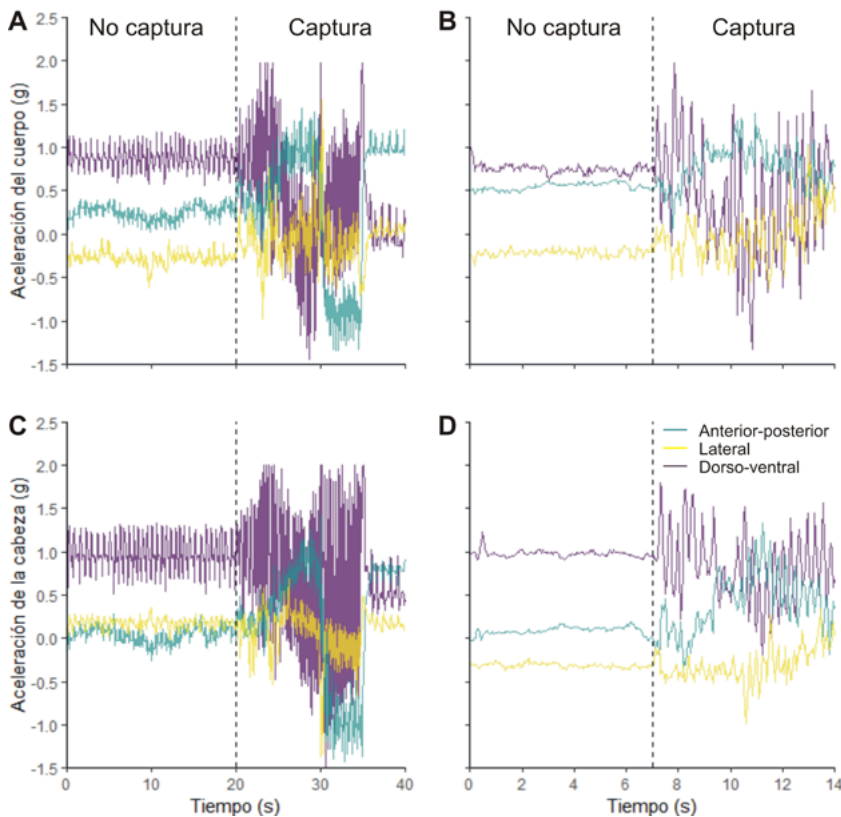


Figura 2. Registros de aceleración de los canales anterior-posterior, lateral y dorso-ventral del cuerpo y de la cabeza de un Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) durante un periodo control y durante la captura de una presa en la fase de fondo de un buceo (A y C) y en la fase de ascenso de un buceo (B y D). *Figura extraída de Del Caño et al. 2021.*

2006). El uso combinado y de manera simultánea de sensores de aceleración y campo magnético (ver abajo dispositivos *Daily Diary*) permite una reconstrucción sumamente detallada de una trayectoria con registros que pueden superar los 100 datos por segundo (100 Hz). A diferencia de otras tecnologías de reconstrucción de trayectorias como la telemetría satelital (PTT

y GPS), este método no requiere la transmisión de una señal, por lo tanto, como se mencionó anteriormente, mediante navegación por estima (cálculo de rumbo) es posible reconstruir en forma detallada, la trayectoria de un animal que se encuentra bajo tierra, debajo del agua (Fig. 3), o en ambientes completamente cubiertos de vegetación densa que limitarían o impedirían la transmisión de cualquier tipo de señal. Williams y colaboradores (2017) identificaron patrones de movimiento de varias especies de animales, incluido el Pingüino de Magallanes, con el uso de magnetómetros tri-axiales. En Sudamérica, la incorporación de magnetómetros combinados con sensores de aceleración ha sido utilizada solo para estudiar movimientos a escala fina de pingüinos de Magallanes desplazándose en tierra y agua (Gunner et al. 2021a, 2021b, Quintana et al. 2022) (Tabla 1).

Si bien el desarrollo tecnológico actual permite una frecuencia muy alta (> 100 Hz) de registro de datos de aceleración y campo magnético, a medida que dicha frecuencia aumenta, disminuye la cantidad de horas que un dispositivo puede registrar debido a las restricciones impuestas por los tamaños de las baterías. Por otra parte, la capacidad de almacenamiento en las memorias de los bio-registradores está sometida al compromiso y la necesidad de mantener los dispositivos lo más pequeños y livianos posibles (ver abajo, efectos de los bio-registradores). Para optimizar la relación entre la precisión en la identificación o determinación del movimiento o comportamiento y la frecuencia de registros es aconsejable seguir la regla de Nyquist o *Sampling Theorem* (Shannon 1949). La misma establece que la frecuencia de toma de datos debe ser al menos el doble que la frecuencia del movimiento o comportamiento a estudiar (e.g. Yu et al. 2023).

Registradores multi-sensores, el caso del Daily Diary

Como se mencionó anteriormente, tanto en Sudamérica como en el resto del mundo, los registradores de posición han sido utilizados en una amplia variedad de aves marinas. Su uso se concentró fundamentalmente en el estudio de los patrones de uso del espacio horizontal y su aplicación a cuestiones de conservación, como la determinación de áreas marinas protegidas (Lascelles et al. 2012) y más específicamente, de áreas marinas de importancia para las aves (Falabella et al. 2009, Dellacasa et al. 2018). Sin embargo, si bien importante, el manejo exclusivo de este tipo de registros no es suficiente para considerar las causas subyacentes de las amenazas a las que las

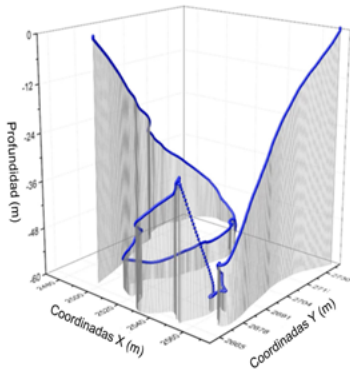


Figura 3. Perfil de buceo y trayectoria debajo del agua de un Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) alimentándose frente a las costas de Argentina. Figura adaptada de Wilson et al. 2008

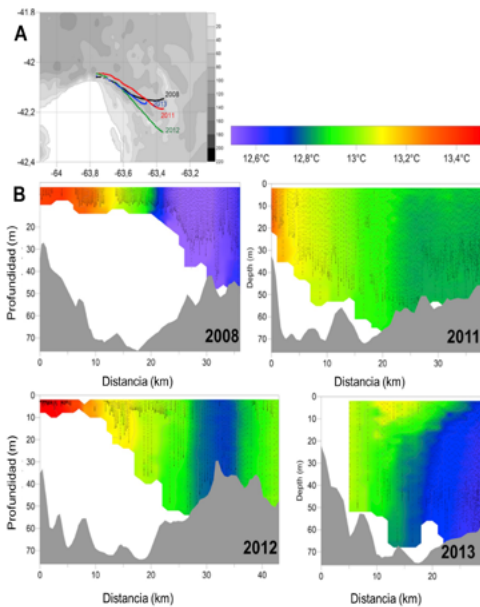


Figura 4. Perfiles de temperatura y profundidad de la columna de agua explorada por pingüinos de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) durante los buceos de alimentación de cuatro temporadas reproductivas. A) Localización espacial de las secciones de cuatro viajes de alimentación seleccionados durante diferentes años. B) Perfiles de temperatura, i.e., secciones verticales de temperatura vs. distancia a la posición más occidental. La zona en gris corresponde a la topografía del fondo del área explorada. Los puntos negros representan la posición de los registros obtenidos por los dispositivos. Figura extraída de Sala et al. 2017.

poblaciones están expuestas ya que por su complejidad podrían no resultar evidentes en el corto plazo. Por lo tanto, el registro simultáneo de una serie de variables biológicas importantes a partir del uso de registradores multi-sensores (RMS), no solo esclarece la interpretación de los fenómenos biológicos, sino que puede acelerar y mejorar la utilidad de las medidas de conservación (e.g. Sequeira et al. 2019). Esto advierte fuertemente acerca de la necesidad e importancia del uso simultáneo de dispositivos electrónicos capaces de registrar múltiples parámetros para obtener una imagen más completa del comportamiento, la ecología y los requerimientos de las especies estudiadas.

Los *Daily Diaries* (DD, *sensu* R.P. Wilson) (Wilson et al. 2008a) son sofisticados instrumentos que fueron concebidos para estudios integrales sobre comportamiento y ecología de vertebrados, incluyendo peces, reptiles, aves y mamíferos. Sin embargo, en sus primeras versiones, estos dispositivos multi-sensores fueron diseñados y utilizados en investigaciones sobre pingüinos, principalmente en el Pingüino de Magallanes (e.g. Wilson et al. 2001, Wilson 2004) (Tabla 1). El Cormorán Imperial es otra especie, cuyo comportamiento, movimiento y energética fueron detallada y ampliamente estudiados a través de registradores multi-sensores tecnológicamente avanzados (Wilson et al. 2006, Gómez-Laich et al. 2008, 2012, Shepard et al. 2009, Quintana et al. 2011, Gómez-Laich et al. 2013, Bidder et al. 2014, Krishnan et al. 2022) (Tabla 1).

Básicamente, los DD miden cuatro elementos principales: la ubicación y el movimiento, el comportamiento, el gasto de energía y las características del ambiente donde los animales se desenvuelven (ver abajo). El DD utiliza el principio de navegación por estima para determinar los movimientos de los animales (ver arriba). Este cálculo requiere conocer una posición inicial (nominalmente la posición de liberación del animal equipado), y posteriormente, se utiliza el conocimiento de la velocidad del animal, la dirección y el cambio en la altura en cálculos vectoriales para derivar nuevas posiciones con respecto a las conocidas previamente (Wilson et al. 2007). El uso de la navegación por estima en lugar de la telemetría de transmisión para determinar la posición del animal (la metodología estándar utiliza telemetría acústica o de radio) permite que el DD funcione continuamente, independientemente de las condiciones, y así puede proporcionar datos sobre los movimientos sin importar si el portador del dispositivo está bajo el agua, bajo tierra, etc. (Fig. 3). En las trayectorias reconstruidas por navegación por estima, los

errores en la posición absoluta tienden a acumularse con el tiempo (aunque los errores en la posición relativa se reducen con una menor separación temporal de los datos), y el grado de estos errores depende críticamente de si el animal equipado es terrestre, volador o acuático (Wilson et al. 2008a).

En resumen, los DD constituyen un bio-registrador bastante más complejo que un GPS y presentan una combinación de sensores de movimiento dentro de un mismo dispositivo, que los convierte en una herramienta tecnológica precisa y eficiente para la determinación de comportamientos en base a la caracterización del movimiento o la falta de él (Wilson et al. 2008a). Así, los DD utilizan un acelerómetro de tres ejes (o dimensiones) en tándem con una brújula direccional (o magnetómetro) y permiten monitorear la aceleración, el movimiento corporal y la orientación del cuerpo de un animal en movimiento en tres dimensiones. Algunos ejemplos de este tipo de estudios en aves marinas de Sudamérica han sido citados recientemente y hasta el alcance de nuestro conocimiento, esta potente tecnología no ha sido utilizada en otras especies de aves marinas en la región.

Las características del ambiente

Las aves marinas pueden ser fácilmente utilizadas como plataformas biológicas de registro y monitoreo de variables ambientales cuando son equipadas con registradores que incluyen sensores capaces de medir las propiedades físicas y químicas del océano (Sala et al. 2017). En el contexto actual de cambio climático y la modificación rápida del hábitat, la comprensión de los factores ambientales que determinan los movimientos de las aves marinas y su distribución se torna crucial para predecir su capacidad de respuesta frente a las condiciones cambiantes y, en última instancia, las consecuencias ulteriores sobre la dinámica de las poblaciones (Nathan 2008, Fort et al. 2012).

Típicamente, los sensores de temperatura y luz han sido de los primeros incluidos en diferentes tipos de bio-registradores (ver Wilson et al. 2002 para una descripción detallada). A partir de los trabajos pioneros en aves marinas de Antártida (Wilson 1992), la idea de registrar las características del ambiente donde las aves marinas se alimentaban fue cobrando cada vez más entusiasmo en el ambiente científico e incluso alcanzó el ámbito de la conservación marina con intento de enfoque ecosistémico. Sin embargo, aunque este concepto haya ganado cierta popularidad, nunca se desarrolló una evaluación crítica de las características tecnológicas necesarias que lo hicieran

genuinamente factible, principalmente en relación a la calidad de los registros. Por otra parte, tampoco se ha examinado en profundidad qué características del comportamiento de las aves marinas podrían resultar claramente ventajosas para el registro de las características físicas del mar. Así, al equipar aves marinas como plataformas de muestreo del ambiente, es necesario tener en cuenta tres detalles principales: la precisión de las posiciones, la calidad de los datos ambientales registrados y la utilidad del régimen de muestreo que las aves proporcionan en virtud de su comportamiento (Wilson et al. 2002). Como se mencionó, hasta la fecha, la temperatura y la luz son los parámetros ambientales que se han monitoreado con mayor frecuencia a través de las aves marinas. Sin embargo, dados los avances actuales en tecnología de estado sólido, la situación ha comenzado a cambiar y otras características físicas y químicas del océano comienzan a ser registradas y cuantificadas (ver abajo).

En Sudamérica, existen muy pocos estudios publicados en los que se hayan equipado individuos con el fin de estudiar las características del ambiente

que utilizan y mucho menos su relación con la distribución y abundancia de las presas principales. Una excepción a esta regla puede encontrarse en Sala et al. 2017. En dicho trabajo, los autores utilizaron pequeños dispositivos colocados en 33 pingüinos de Magallanes a partir de los cuales obtuvieron más de 20 000 perfiles geolocalizados de temperatura en toda la columna de agua. Los registros de la temperatura superficial del mar, fueron comparados con aquellos obtenidos por sensores remotos satelitales. A su vez, los registros de temperatura en toda la columna de agua fueron utilizados para describir la dinámica y la variación interanual de las termoclinas dentro del frente de marea de Península Valdés, Argentina (Fig. 4). Interesantemente, los perfiles geolocalizados de profundidad y temperatura obtenidos a partir de los registros provenientes de bio-registradores, también han sido utilizados en modelos multidimensionales para estudiar la segregación espacio-temporal de las áreas de forrajeo de cuatro especies de aves marinas en colonias de las Islas Malvinas (Masello et al. 2010).

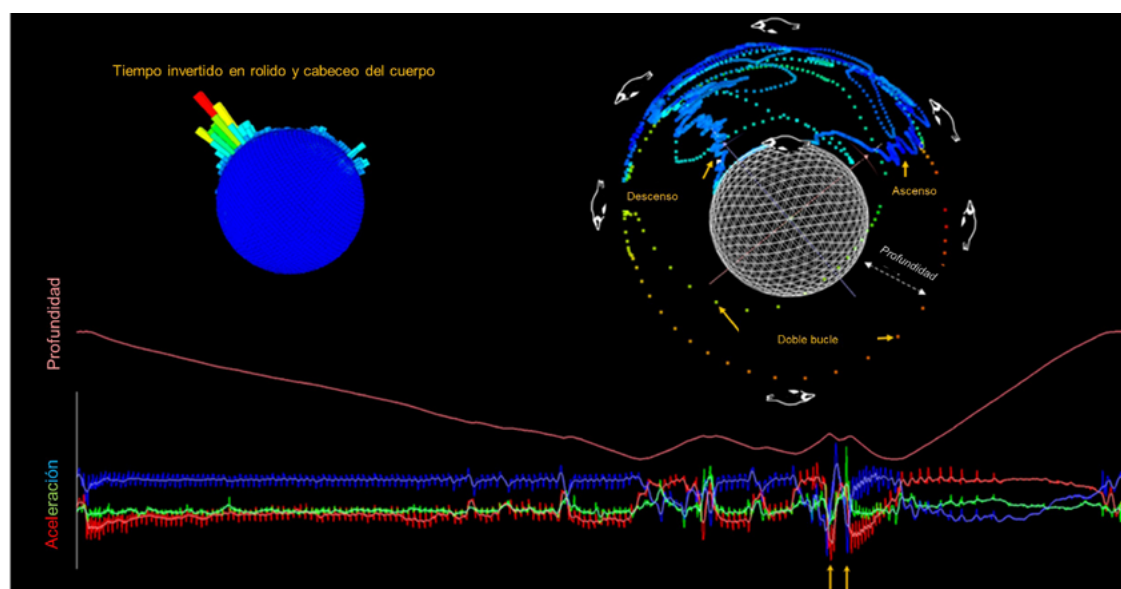


Figura 5. Ilustración sobre cómo las técnicas de visualización permiten identificar comportamientos. La figura muestra el perfil de profundidad de un buceo de un Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) (profundidad máxima 38.7 m, duración 107 s) y las señales de aceleración en tres dimensiones (azul, aceleración dorso-ventral; rojo, aceleración anterior-posterior; verde, aceleración lateral). La misma información puede ser representada por una g-esfera (a la derecha) donde se muestra la cantidad de tiempo que el animal presente un determinado ángulo de rolido y de cabeceo (derivados de los datos de aceleración). Cuando el ave tiene el cuerpo horizontal (hacia arriba), los datos se sitúan en el polo norte. Con el cuerpo totalmente invertido, los datos se sitúan en el polo sur. Un ave que cabecea hacia abajo a 90° ocupa el extremo izquierdo de la esfera, mientras que un ave que cabecea hacia arriba a 90° ocupa el extremo derecho de la esfera. La profundidad se indica mediante la distancia radial desde la esfera. La secuencia temporal de la inmersión se indica con la línea de puntos (datos espaciados cada 0,025 s), comenzando en la superficie del agua (con el pingüino en el polo norte de la esfera). Los puntos de datos se colorean además según la desviación de la suma vectorial de los datos de aceleración con respecto a 1 g, donde colores más cálidos indican valores más altos, es decir cuando el ave gira rápidamente ("g más alto"). Las representaciones normales de una g-esfera muestran que los datos de las inmersiones de los pingüinos ocupan casi por completo la mitad superior de la esfera. Los puntos de datos que pasan dos veces por debajo de la esfera, indican que el pingüino hizo un doble giro de su cuerpo (doble bucle, indicado por dos flechas amarillas en los datos 2D de aceleración vs. tiempo). Este comportamiento no había sido observado nunca luego del examen de miles de inmersiones de pingüinos de Magallanes. La esfera de la izquierda representa la densidad de puntos en la g-esfera, indicando cuánto tiempo el ave pasó en diferentes ángulos de inclinación del cuerpo durante toda la inmersión.

Los dispositivos integrados al cuerpo ("wearable sensors")

Muchos de los sensores y de la tecnología portátil diseñada en la actualidad para los seres humanos, podrían ser adaptados a los organismos marinos para aumentar la capacidad de monitoreo de los océanos y obtener registros relacionados con la condición corporal (i.e., parámetros sanguíneos, variables fisiológicas, etc.) de los individuos instrumentados. Recientemente, Kaidorova y colaboradores (2023), han analizado el potencial de una variedad de tecnologías de sensores flexibles, adaptables e imperceptibles para ser modificadas para su uso en diversos animales marinos y han resaltado la necesidad de considerar simultáneamente sistemas de comunicación submarina compatibles para facilitar la recuperación de los datos provistos a partir de estas innovaciones tecnológicas. En este sentido, modernos sensores basados en nanomateriales pueden permitir la evaluación de cambios fisiológicos en animales marinos mediante la medición de parámetros internos, tales como hormonas y metabolitos (Xiao et al. 2016), así como la química de los fluidos corporales y tejidos (Saylan et al. 2019), además de la temperatura corporal (Davaji et al. 2017), la frecuencia respiratoria (Kano et al. 2017), la actividad cardíaca (Parpura 2016), la actividad neural (Kumar et al. 2017) y las actividades locomotoras (Chen et al. 2014). Por otra parte, el desarrollo reciente de nanosensores de fluorescencia implantables, sensores basados en micro-agujas, sensores epidérmicos tipo tatuaje, sensores multifuncionales de grafeno y los sistemas de piel magnética (ver Kaidorova et al. 2023) constituyen un enfoque prometedor para adquirir simultáneamente conjuntos de datos fisiológicos previamente inaccesibles en organismos marinos. Sin bien es excitante, toda esta gama de sensores adheribles al cuerpo se encuentra aún bajo un escenario tecnológicamente desafiante debido a la brecha tecnológica actual de las herramientas desarrolladas para operaciones humanas en tierra y en el espacio en comparación con las del océano.

ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN DE DATOS PROVENIENTES DE BIO-REGISTRADORES

Un problema fundamental en el análisis de datos provenientes de registradores de múltiples sensores es cómo interpretar de la mejor manera tal riqueza de información y transformarla en resultados concretos y válidos. Muchas veces, lo que consideramos concreto y válido, representa solo un conocimiento parcial de una realidad posible y, en la mayoría de los casos nos conformamos con la indagación superficial del

tema de estudio, presionados por el deber de publicar, el agotamiento derivado de la innovación y la profundización del conocimiento, o porque simplemente creemos que los resultados obtenidos son suficientes y justifican su publicación ante escenarios de falta de datos o información referida al objeto o tema de estudio. Obviamente, las "estadísticas estándar" funcionan lo suficientemente bien, pero la complejidad de la información y por lo tanto de su análisis, puede dar lugar a pasar por alto resultados importantes. Una manera relativamente novedosa de abordar dicha complejidad es mediante una adecuada visualización de los datos, donde los parámetros pueden ser contrastados entre sí en gráficos multidimensionales que incorporan posición, color y tamaño, entre otras herramientas visuales, de modo que los resultados se vuelvan aparentes (Fig. 5). Por otra parte, es importante destacar que, dentro de los sofisticados programas de visualización, los datos crudos y sus derivados (como datos suavizados o diferenciales) pueden ser cambiados y examinados de manera efectiva e instantánea. Los seres humanos tienen una capacidad enormemente desarrollada para identificar tendencias visuales, por lo que este enfoque se presta a una inspección emocionante de los datos (Banissi et al. 2014). Este es un campo de análisis aún muy poco explorado en el rico dominio del bio-registro. La figura 5 muestra un claro ejemplo de la utilidad de las nuevas herramientas de visualización para la interpretación, análisis e incluso el descubrimiento de movimientos y/o comportamientos novedosos.

Otra poderosa herramienta particularmente útil para el análisis de grandes volúmenes de datos como aquellos provenientes de los bio-registradores (ej. aceleración), es el uso de los algoritmos provenientes del Aprendizaje de Máquinas o *Machine Learning*. Los trabajos con aves marinas de Sudamérica que aplican dicha herramienta son recientes y se limitan a solo dos especies: el Pingüino de Magallanes (Del Caño et al. 2021, ver arriba) y el Cormorán Imperial (Del Caño et al. 2024, ver arriba).

EL LADO OSCURO DE LOS BIO-REGISTRADORES Y SU USO RESPONSABLE

Si bien los dispositivos electrónicos colocados sobre las aves pueden proporcionar información increíble sobre la biología, movimiento y comportamiento de los animales portadores, el valor científico de esa información depende de que los animales se muevan y comporten de manera normal. Además, tenemos el

deber moral de minimizar cualquier perjuicio animal y maximizar su bienestar. En este análisis, deliberadamente ignoraremos el papel de los estresores relacionados a la captura y manipulación de los individuos a ser equipados con tecnología, aunque reconocemos su existencia e importancia (Wilson & McMahon 2006), y nos concentraremos en una síntesis referida al perjuicio derivado de los propios instrumentos. El objetivo específico es alertar a quienes se adentren en el uso de bio-registradores acerca de un uso consciente y responsable, tanto ética como científicamente.

El cuestionamiento básico para aquellos investigadores que pretendan estimar el efecto de los dispositivos es considerar, cómo su uso podría cambiar la biología de los animales. Frecuentemente, esto básicamente se resuelve comparando variables biológicas de individuos con y sin dispositivos. Algunos ejemplos en aves marinas incluyen el análisis de las duraciones de los viajes de alimentación, las tasas de aprovisionamiento y crecimiento de pichones, etc. (Vandenberg et al. 2011). Si bien válido, este enfoque se basa en las consecuencias más que en los mecanismos del efecto a estudiar y no resulta ideal ya que existe una variedad casi infinita de parámetros biológicos que podrían modificarse al equipar aves u otras especies con dispositivos de cualquier tipo. A nuestro entender, es más criterioso y aconsejable pensar primero de manera mecanicista acerca de los efectos de los dispositivos. Después, podremos aplicar nuestro razonamiento a los posibles cambios biológicos una vez que tengamos una idea más clara del impacto físico causado por los instrumentos.

Las leyes de la mecánica clásica (Newton mediante) nos indican que un punto de partida crítico es reconocer que es imposible instrumentar a un ave sin afectar su capacidad de operación. El desafío es cuantificar este cambio. Las aves marinas tienen que moverse en dos medios muy diferentes, aire y agua, y los efectos físicos de los dispositivos se manifiestan de manera diferente. Sin embargo, ya sea en el aire o bajo el agua, las aves marinas en movimiento se enfrentan a cuatro fuerzas principales: el peso, la sustentación, el empuje y el arrastre. Consideraremos primero el vuelo. Cuando un ave se involucra en vuelo nivelado, su peso debe ser equilibrado por la sustentación y esta sustentación se genera por el movimiento del aire sobre las alas. Cuanto más rápido se mueva el aire, mayor será la sustentación, de manera que, para contrarrestar su propio peso, un ave que vuela normalmente debe tener una velocidad de aire apropiada (Pennycuik 2008). Si esa ave se vuelve más pesada

debido a la sujeción (interna o externa) de cualquier dispositivo, debe volar más rápido para proporcionar una mayor sustentación y hacer frente al peso adicional. La velocidad proviene del empuje impartido por las alas y eso requiere energía. En resumen, las aves que vuelan más rápido usan más energía por unidad de tiempo (i.e., potencia). Además, una velocidad aumentada produce un incremento del arrastre, una fuerza que se opone a la dirección del movimiento. La potencia requerida para vencer el arrastre aumenta con el cubo de la velocidad. Esto resulta crítico desde el punto de vista energético ya que las aves que vuelan más rápido para proporcionar suficiente sustentación y compensar un dispositivo anexo a su cuerpo, rápidamente se encuentran con costos energéticos que aumentan desproporcionadamente. Esta situación empeora cuando los dispositivos se colocan en la parte externa del cuerpo ya que aumentan el arrastre por encima del generado por el propio cuerpo de las aves. Existen pocas mediciones del arrastre causado por dispositivos externos en aves vivas, pero Pennycuik y colaboradores (2012) señalaron que el arrastre total de los estorninos rosados en un túnel de viento aumentó en un 50% cuando tenían una protuberancia dorsal simple (virtualmente sin peso) de solo 6 mm. Los autores razonaron que el arrastre adicional se debió a que la protuberancia causaba la separación de la capa límite sobre la parte posterior y superior del cuerpo del ave. Por lo tanto, incluso los dispositivos externos más pequeños pueden causar un gasto energético adicional significativo.

Por otra parte, se espera que la resistencia también aumente con el aumento del área transversal de un dispositivo. Así, la altura de los instrumentos desempeña un papel clave y específico. Los dispositivos más altos provocan un aumento de la resistencia al encontrar velocidades más altas del flujo de aire en la medida que se alejan del cuerpo del ave (el flujo de aire inmediatamente adyacente al cuerpo del animal es más bajo debido a la 'fricción de la piel', y aumenta con la distancia). Esto es particularmente relevante para estudios de aves marinas buceadoras que utilizan dispositivos provistos de antenas externas (ver abajo), aunque el uso de antenas más delgadas y flexibles proyectadas hacia atrás puede ayudar a reducir este perjuicio (Wilson et al. 2004).

El efecto del peso de los instrumentos también varía con la posición en la que están colocados en el cuerpo. Al igual que con las aeronaves, el efecto de un peso adicional dado, depende de la distancia de ese peso al centro de gravedad. Nuevamente, esto está

bien descrito por conceptos simples de la física. Una medida de las fuerzas ejercidas por un dispositivo depende del torque (Nm), que es equivalente a la fuerza ejercida por dicho dispositivo (en Newtons) como resultado de su peso multiplicado por la distancia al centro de gravedad (en metros). Su equivalente se conoce como torque inducido por carga en la industria de la aviación (ver Vandenabeele et al. 2014). Así, resulta sencillo calcular el torque ejercido por un dispositivo como un porcentaje de la masa corporal y, dicha información podría ser proporcionada por los investigadores. Aunque es algo más complejo cuantificar el efecto del torque sobre la energética del vuelo, es razonable pensar que torques más altos resultarán en problemas crecientes de control de vuelo. Ejemplos claros de los efectos físicos del torque pueden observarse cuando los dispositivos son colocados en las plumas de la cola de las aves (esperando se produzca una resistencia total más baja que la de un instrumento montado en el centro del cuerpo (Bannasch et al. 1994). En este sentido, Vandenabeele et al. (2014) observaron que los alcatraces equipados en la cola cambiaron los típicos desplazamientos en planeo por vuelos con aleteo que resultan energéticamente mucho más costosos.

En el mundo del bio-registro existe un paradigma generalizado y mansamente aceptado referido al *status quo* del uso de registradores que representen menos del 5% de la masa corporal de los individuos portadores (Kenward 2001). Dicho paradigma, no tiene un basamento teórico robusto. De hecho, el modelado de los costos de vuelo en aves con y sin dispositivos indica claramente que esta regla no equivale a un incremento energético del vuelo del 3-5% y que rápidamente puede ascender al doble de ese valor (Vandenabeele et al. 2012). La aceptación sin miramientos de la normativa de menos del 5% no es razón suficiente para suponer la ausencia de efectos de los dispositivos sobre la operatividad de los individuos portadores.

Para las aves marinas que se desplazan bajo el agua, la situación cambia ligeramente. En primer lugar, el peso del instrumento generalmente se ve en gran parte compensado o anulado por el empuje provocado hacia la superficie por la columna de agua. Esto se debe a que la fuerza total ejercida hacia abajo por el instrumento (exceptuando otras posibles fuerzas generadas por la forma del mismo) está dada por la masa del dispositivo menos la fuerza de empuje hacia arriba, dada por el volumen del registrador multiplicado por la densidad del agua de mar. Así, la fuerza total ejercida hacia abajo puede ser fácilmente calculada (ver Vandenabeele et al. 2014) y su valor, referido en

las investigaciones realizadas. Cuando la densidad del dispositivo es exactamente la misma que la del agua de mar, no hay una fuerza total ejercida hacia abajo (ni hacia arriba). Todas las aves marinas bajo el agua, excepto algunos cormoranes, presentan una flotabilidad general positiva (Wilson et al. 1992), por lo que el uso de instrumentos más densos que el agua de mar puede incluso reducir el gasto energético del desplazamiento debajo del agua. Por otra parte, debajo del agua, donde las fuerzas ejercidas hacia abajo por los dispositivos se encuentran reducidas, también se anula en gran medida el problema de torque que mencionamos para las aves en vuelo (ver arriba). En contraposición, debajo del agua, los problemas de arrastre, tal como se describen para las aves voladoras, pueden ser severos. En este sentido, trabajos experimentales utilizando pingüinos como especies modelo, han demostrado que la colocación de instrumentos en el extremo posterior de la espalda (i.e., espalda baja) es la más adecuada, ya que el arrastre incremental causado por el dispositivo aumenta progresivamente detrás del punto de sujeción (Bannasch et al. 1994). Muchas aves marinas buceadoras nadan sorprendentemente rápido bajo el agua (los pingüinos son un claro ejemplo) (Watanabe et al. 2011), por lo que se espera que los problemas de arrastre debido a los registradores externos sean sustanciales. Debido a la forma y otras características de sus cuerpos, los buceadores de persecución presentan coeficientes de arrastre notablemente bajos. De hecho, los pingüinos tienen el coeficiente de arrastre más bajo que cualquier cuerpo medido, artificial o de otro tipo (Ainley & Wilson 2023), por lo que el incremento de la fuerza de arrastre derivada de un dispositivo puede tener efectos profundos en la energética de la natación (Ainley & Wilson 2023) y en las velocidades máximas que estas aves pueden alcanzar debajo del agua (Vandenabeele et al. 2015). Los efectos potenciales del arrastre deben ser analizados para ambos parámetros considerando las velocidades normales de nado, las velocidades de captura de presas, el tipo de presa y la distribución y abundancia de las mismas. Las aves marinas que se alimentan principalmente de presas bentónicas, como la mayoría de los cormoranes, se mueven relativamente despacio a lo largo del fondo (Wilson et al. 1988), extendiendo sus largos cuellos para capturar presas que intentan escapar (Wilson et al. 2017). Por ende, mientras se desplazan en el lecho marino, no experimentan un arrastre notablemente elevado, incluso con dispositivos adheridos (aunque lo experimentarán durante descensos y ascensos rápidos), dado que no alcanzan velocidades donde el incremento cúbico de la potencia con respecto a la velocidad

(como se mencionó anteriormente) sea significativo. Así, es razonable pensar que aquellas especies de aves marinas que bucean a altas velocidades, como los pingüinos que se desplazan más rápido que cualquier otro vertebrado marino (Ainley & Wilson 2023), estén especialmente afectadas por el aumento del arrastre causado por la portación de dispositivos externos. El incremento del arrastre no solo reduce la máxima velocidad de desplazamiento, lo que probablemente impida la captura de presas rápidas (Vandenabeele et al. 2015), sino que también aumenta el costo del movimiento, reduce la duración de las inmersiones y la profundidad máxima alcanzada (Ropert-Coudert et al. 2000). Ante un aumento del arrastre, las aves pueden mantener su potencia de nado normal disminuyendo la velocidad, como se ha observado en el caso del Pingüino Africano *Spheniscus demersus* (Wilson et al. 1986), o continuar nadando a velocidad normal, con mayor

gasto energético. Ambas opciones resultan en un mayor costo de transporte (Ainley & Wilson 2023) y hacen que la búsqueda de alimento sea menos eficiente en términos energéticos. Dado que la mayoría de los estudios realizados en aves marinas han sido realizados durante la temporada de crianza de pichones, cuando los adultos trabajan arduamente para alimentar a su descendencia, la interacción de la energética del movimiento con la accesibilidad de las presas puede ser crítica. Un estudio llevado a cabo en Argentina (Wilson et al. 2015) evaluó los impactos de dispositivos de diversos tamaños en la capacidad de los pingüinos de Magallanes para alimentar eficientemente a sus crías, señalando un aumento desproporcionado y acelerado de los efectos negativos de los dispositivos a medida que la abundancia de presas disminuía. Esto se relaciona con un trabajo realizado en el Océano Índico en el Pingüino Rey, que demostró un aumento de la mor-

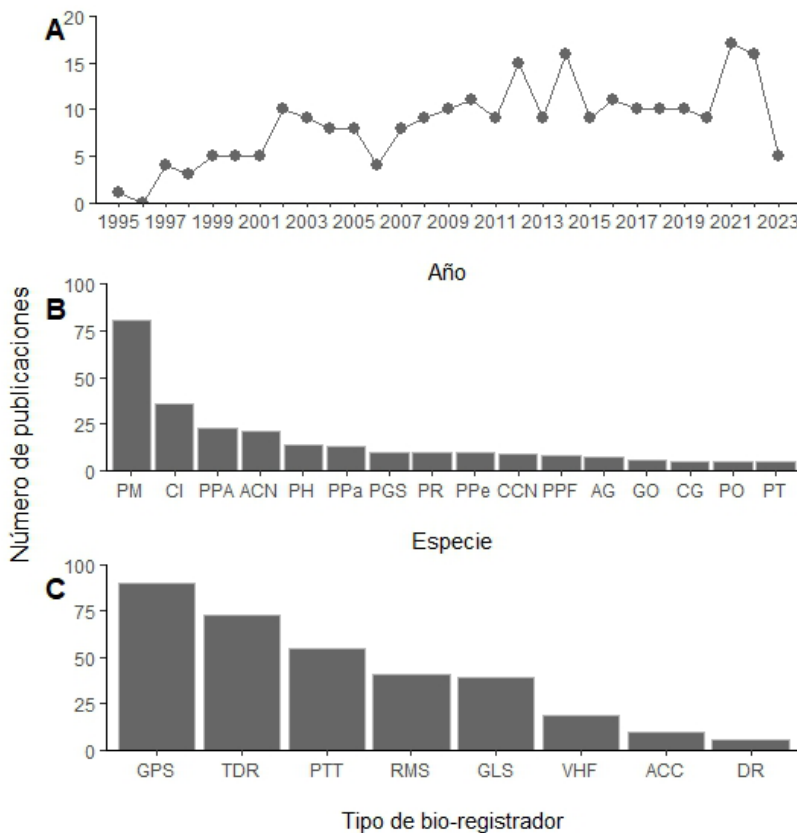


Figura 6. Número de artículos publicados entre 1995 y 2023 (A) donde se utiliza algún tipo de bio-registrador en aves marinas de Sudamérica, (B) por especie* y (C) por tipo de bio-registrador utilizado**. Los artículos donde aparecen dos o más especies y en los que se utiliza más de un tipo de bio-registrador fueron contabilizados separadamente.

(*) solo se muestran las especies para las cuales se encontraron al menos 5 artículos (PM: Pingüino de Magallanes, CI: Cormorán Imperial, PPA: Pingüino Penacho Amarillo, ACN: Albatros Ceja Negra, PH: Pingüino de Humboldt, PPa: Pingüino Papúa, PGS: Petrel Gigante del Sur, PR: Pingüino Rey, PPe: Piquero Peruano, CCN: Cormorán Cuello Negro, PPF: Prión Pico Fino, AG: Albatros de Galápagos, GO: Gaviota de Olrog, CG: Cormorán Guanay, PO: Pardela Oscura, PT: Petrel de Trinidad).

(**) GPS: Geoposicionador satelital, TDR: Registrador de profundidad, PTT: Transmisor satelital, RMS: Registrador de múltiples sensores, GLS: Geolocalizador, VHF: Radiotransmisor, ACC: Acelerómetro, DR: Dead-reckoner.

talidad de adultos equipados con bandas en las aletas (también un tipo de dispositivo externo) relacionado con la disponibilidad de presas (Saraux et al. 2011). Finalmente, como se mencionó más arriba, las antenas externas generalmente provistas en los dispositivos satelitales (PTT) pueden provocar un incremento de más del 100% del gasto energético durante la natación, dependiendo de la velocidad del movimiento, las características y la posición de la antena (Wilson et al. 2004). A pesar de las pruebas contundentes presentadas por investigaciones publicadas hace 20 años y las numerosas recomendaciones emitidas por comités internacionales de cuidado y bienestar animal, todavía es común encontrar investigaciones que utilizan esta tecnología perjudicial en aves marinas buceadoras en la actualidad.

Además de los pocos trabajos mencionados recientemente, los estudios relacionados con los efectos de los bio-registradores (u otro tipo de marcación) sobre la operatividad y costo energético de las aves portadoras, son prácticamente inexistentes en la región. Una excepción a esta regla lo constituye una publicación reciente (Gómez-Laich et al. 2022) acerca del impacto, en términos energéticos y de eficiencia de natación, que puede causar el uso de anillos plásticos de marcación individual cuando son colocados en las patas de aves marinas que se propulsan con dichas extremidades durante el buceo. En este sentido, los autores mostraron que las aves anilladas, especialmente las hembras, exhibieron una mayor amplitud de pataleo que los individuos sin anillo y que la eficiencia de natación durante la fase de descenso del buceo se vio disminuida en un 4% (Gómez-Laich et al. 2022). Por otra parte, Ludynia et al. 2012 y Quillfeldt et al. 2012, han evaluado el impacto de la manipulación y la instrumentación con bio-registradores en el Pingüino de Penacho Amarillo y el Prión de Pico Fino, respectivamente.

Otro punto a considerar, aun cuando los efectos negativos sobre las aves sean minimizados, es cuál es el número mínimo de animales a instrumentar y obtener, a su vez, resultados representativos. En la mayoría de los casos, el número de animales equipados está sujeto principalmente a la disponibilidad de instrumentos adquiridos que, en general, depende de la cantidad de fondos disponibles para la investigación. Durante la adquisición y colocación de instrumentos, los aspectos éticos relacionados al bienestar animal no son generalmente considerados (Soanes et al. 2013). Así, cualquier análisis previo de la optimización del uso de tecnología se convierte en una herramienta útil para el uso eficiente de los fondos

y el tiempo invertido en la toma y análisis de datos y contempla, a su vez, aspectos éticos relacionados al bienestar animal, evitando una manipulación excesiva de individuos (Soanes et al. 2013). De acuerdo a nuestro conocimiento, en el campo de las investigaciones con aves marinas en Sudamérica, no existen aún estudios publicados que intenten determinar el número mínimo de animales a instrumentar para obtener resultados representativos.

Por último, una evaluación integral de cómo nuestras acciones afectan a las aves marinas que equipamos con diversos registradores debe considerar tanto las características físicas de los instrumentos y su colocación, como los aspectos biológicos propios de las aves y del entorno en el que se desenvuelven; y esto sin duda representa una tarea de gran complejidad.

PANORAMA SUDAMERICANO

El primer registro bibliográfico del uso de algún tipo de bio-registrador en aves marinas de Sudamérica corresponde a 1995. En esa oportunidad, Wilson y colaboradores (Wilson et al. 1995) colocaron dispositivos GLS (ver arriba) en 10 adultos reproductores de Pingüino de Magallanes de Península Valdés, Argentina. Esos registros indicaron que, durante la incubación, los adultos de la que se convertiría en una de las especies de aves marinas más y mejor estudiadas en Sudamérica (ver abajo), explotaban áreas marinas ubicadas, en promedio, a más de 100 km del sitio de nidificación. A partir de estos datos seminales, las investigaciones del movimiento y comportamiento en el mar de las aves marinas de Sudamérica se mantuvieron, en forma ininterrumpida, hasta la actualidad. A partir de la primera década del año 2000, el número de trabajos publicados aumentó considerablemente, alcanzando un máximo de 17 publicaciones en 2021 (Fig. 6A).

El continuo desarrollo en el tiempo de este tipo de investigaciones no se refleja en una paridad en el estudio de las especies de aves marinas de la región (Tabla 1). Así, la mayor cantidad de publicaciones con bio-registro, corresponden al Pingüino de Magallanes (N=81, 26%), seguido por el Cormorán Imperial (N=36, 11%) y el Pingüino Penacho Amarillo (N=23, 7%) (Fig. 6B), mientras que se encuentran escasos números de trabajos (entre 1 y 4) para especies de las familias, Phaethontidae, Fregatidae, Pelecanidae y Stercorariidae (Tabla 1). No se encontraron publicaciones del uso de bio-registradores para especies de las familias Hydrobatidae y Oceanitidae (Tabla 1). La mayoría de los trabajos han sido realizados en

colonias dentro del territorio argentino (N=176), Chile (N=30) y Perú (N=20).

El uso de dispositivos para determinar posiciones en el espacio (VHF, GLS, PTT y GPS) es abrumador. Del total de publicaciones revisadas (N=247), más del 80% utilizó dispositivos de posicionamiento satelital (i.e., PTT o GPS) para estudiar los movimientos y las áreas marinas de uso en dos dimensiones del espacio. La utilización de bio-registradores con mayor complejidad tecnológica y analítica (i.e., registradores multi-sensores) quedó reducida al 12% de los casos de estudio, focalizados casi exclusivamente en el Pingüino de Magallanes y el Cormorán Imperial. El uso de los registros de aceleración corresponde solo al 3% de los casos y los trabajos han sido desarrollados por unos pocos grupos de investigación en la región (Fig. 6C).

EPÍLOGO

Finalmente, el torbellino de oportunidades que proporcionan los bio-registradores colocados en las aves marinas nos brinda información que es fundamental para comprender los requerimientos de estas aves y posiblemente encontrar soluciones para protegerlas. Esto es importante porque, dadas las condiciones actuales de deterioro ambiental inducido por el hombre, estos increíbles animales van a necesitar toda la ayuda que podamos ofrecer. A nuestro entender, el uso de bio-registradores no debería, quedar librado al cumplimiento de agendas institucionales o personales y su consecuente trivialización de los asuntos científicos, sino que debería ser clave para un conocimiento profundo de la biología de las especies. Aunque las consideraciones éticas son primordiales, a veces es necesario lograr un equilibrio entre el uso de tecnologías potencialmente dañinas y la importancia de estudiar fenómenos biológicos novedosos en aras del conocimiento innovador. Sin embargo, en nuestra opinión, el uso de dichas tecnologías es injustificable cuando se trata de estudiar aspectos ampliamente conocidos y reportados a través de publicaciones científicas. Algunos estudios replican información ya conocida sobre las especies y se justifican principalmente por la divulgación pública de su relevancia para la conservación, sin tener en cuenta los efectos negativos potencialmente impartidos sobre individuos de las poblaciones que pretenden proteger. Así, el uso de bio-registradores en las aves marinas y otras especies, debería responder exclusivamente a un pensamiento meticuloso comprometido con la honestidad, la integridad y la búsqueda inalterada del co-

nocimiento científico y la conservación del ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo surge de la experiencia de los autores en el uso de bio-registradores en especies animales durante los últimos 30 años. En este recorrido, hemos contado con la colaboración de colegas, técnicos y estudiantes de diversas partes del mundo. A todos ellos, queremos expresar nuestro reconocimiento y profundo agradecimiento. Este artículo se terminó de escribir el miércoles 22 de mayo de 2024, Día Internacional de la Diversidad Biológica.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Adams J, Felis JJ, Czapanskiy M, Carle RD, Hodum PJ (2019) Diving behavior of Pink-footed Shearwaters *Ardenna creatopus* rearing chicks on Isla Mocha, Chile. *Marine Ornithology* 47: 17-24. <http://doi.org/10.5038/2074-1235.47.1.1286>
- Aguilar-Pulido R, Catoni C, Luna-Jorquera G, Perucci M, Dell'omo G, Zavalaga C, Simeone A (2021) Distribución, características y situación actual de las colonias reproductivas de la gaviota garuma (*Leucophaeus modestus*) en el desierto de Atacama, norte de Chile. *Revista Chilena de Ornitología* (Chile) 27: 21-36
- Ainley DG, Wilson RP (2023) The Aquatic World of Penguins: Biology of Fish-birds. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-33990-5>
- Anderson D, Ricklefs R (1987) Radio-tracking masked and blue-footed boobies (*Sula spp.*) in the Galapagos Islands
- Arata JA, Vila AR, Matus R, Droguett D, Silva-Quintas C, Falabella V, Robertson G, Haro D (2014) Use and exploitation of channel waters by the black-browed albatross. *Polar Biology* 37: 565-571. <https://doi.org/10.1007/s00300-014-1458-1>
- Augé AA, Dias MP, Lascelles B, Baylis AM, Black A, Dee Boersma P, Catry P, Crofts S, Galimberti F, Grana-deiro JP, Hedd A, Ludynia K, Masello JF, Montevecchi W, Phillips RA, Pütz K, Quillfeldt P, Rebstock GA, Sanvito S, Staniland IJ, Stanworth A, Thompson D, Tierney M, Trathan PN, Croxall JP (2018) Framework for mapping key areas for marine megafauna to inform Marine Spatial Planning: The Falkland Islands case study. *Marine Policy* 92: 61-72. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.017>
- Awkerman JA, Cruz S, Proano C, Huyvaert KP, Uzcátegui GJ, Baquero A, Wikelski M, Anderson DJ (2014) Small range and distinct distribution in a satellite breeding colony of the critically endangered Waved Albatross. *Journal of Ornithology* 155: 367-378. <https://doi.org/10.1007/s10336-013-1013-9>
- Awkerman JA, Fukuda A, Higuchi H, Anderson DJ (2005) Foraging activity and submesoscale habitat

- use of waved albatrosses *Phoebastria irrorata* during chick-brooding period. *Marine Ecology Progress Series* 291: 289-300. <https://doi.org/10.3354/meps07750>
- Banissi E, Forsell C, Marchese FT (2014) Information visualisation: techniques, usability and evaluation.
- Bannasch R, Wilson RP, Culik B (1994) Hydrodynamic aspects of design and attachment of a back-mounted device in penguins. *Journal of Experimental Biology* 194: 83-96. <https://doi.org/10.1242/jeb.194.1.83>
- Barrionuevo M, Ciancio J, Steinfurth A, Frere E (2020) Geolocation and stable isotopes indicate habitat segregation between sexes in Magellanic penguins during the winter dispersion. *Journal of Avian Biology* 51: e02325. <http://dx.doi.org/10.1111/jav.02325>
- Barrionuevo M, Frere E, Quintana F, Ciancio J, Marchisio N, Lisovski S (2023) Within-and among-colony variation in non-breeding dispersion of Magellanic penguins breeding along the coast of Argentina. *Marine Ecology Progress Series* 721: 151-160. <https://doi.org/10.3354/meps14412>
- Baylis AM, Orben RA, Pistorius P, Brickle P, Staniland I, Ratcliffe N (2015) Winter foraging site fidelity of king penguins breeding at the Falkland Islands. *Marine biology* 162: 99-110. <https://doi.org/10.1007/s00227-014-2561-0>
- Baylis AM, Tierney M, Orben RA, Warwick-Evans V, Wakefield E, Grecian WJ, Trathan P, Reisinger R, Ratcliffe N, Croxall J, Campioni L, Catry P, Crofts S, Dee Boersma P, Galimberti F, Granadeiro JP, Handley J, Hayes S, Hedd A, Masello JF, Montevocchi WA, Pütz K, Quillfeldt P, Rebstock GA, Sanvito S, Staniland IJ, Brickle P (2019) Important at-sea areas of colonial breeding marine predators on the southern Patagonian shelf. *Scientific Reports* 9: 8517. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44695-1>
- Baylis AM, De Lecea AM, Tierney M, Orben RA, Ratcliffe N, Wakefield E, Catry P, Campioni L, Costa M, Dee Boersma P, Galimberti F, Granadeiro F, Masello JF, Pütz K, Quillfeldt P, Rebstock GA, Sanvito S, Staniland IJ, Brickle P (2021) Overlap between marine predators and proposed Marine Managed Areas on the Patagonian Shelf. *Ecological Applications* 31: e02426. <https://doi.org/10.1002/eap.2426>
- Beal M, Dias MP, Phillips RA, Oppel S, Hazin C, Pearmain EJ, Adams J, Anderson DJ, Antolos M, Arata JA, Arcos JM, Arnould JPY, Awkerman J, Bell E, Bell M, Carey M, Carle R, Clay TA, Cleeland J, Colodro V, Connors M, Flores MC, Cuthbert R, Delord K, Deppe L, Dilley BJ, Dinis H, Elliott G, De Felipe F, Felis J, Forero MG, Freeman A, Fukuda A, González-Solís J, Granadeiro JP, Hedd A, Hodum P, Igual JM, Jaeger A, Landers TJ, Le Corre M, Makhado A, Metzger B, Militão T, Montevocchi WA, Morrera-Pujol VM, Navarro-Herrero L, Nel D, Nicholls D, Oro D, Ouni R, Ozaki K, Quintana F, Ramos R, Reid T, Reyes-González JM, Robertson C, Robertson G, Salah Romdhane M, Ryan PG, Sagar P, Sato F, Schoombie S, Scofield RP, Shaffer SA, Shah NJ, Stevens KL, Surman C, Suryan RM, Takahashi A, Tatayah V, Taylor G, Thompson DR, Torres L, Walker K, Wanless R, Waugh SM, Weimerskirch H, Yamamoto T, Zajkova Z, Zango L, Catry P (2021) Global political responsibility for the conservation of albatrosses and large petrels. *Science Advances* 7: eabd7225. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd7225>
- Benvenuti S, Bonadonna F, Dall'Antonia L, Gudmundsson GA (1998) Foraging flights of breeding thick-billed murre (*Uria lomvia*) as revealed by bird-borne direction recorders. *The Auk* 115: 57-66. <https://doi.org/10.2307/4089111>
- Berón MP, Favero M, Gómez-Laich AG (2007) Use of natural and anthropogenic resources by Olog's Gull *Larus atlanticus*: implications for the conservation of the species in non-breeding habitats. *Bird Conservation International* 17: 351-357. <https://doi.org/10.1017/s0959270907000883>
- Bertrand S, Joo R, Arbulu Smet C, Tremblay Y, Barbraud C, Weimerskirch H (2012) Local depletion by a fishery can affect seabird foraging. *Journal of Applied Ecology* 49: 1168-1177. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02190.x>
- Bidder OR, Campbell HA, Gómez-Laich A, Urgé P, Walker J, Cai J, Gao L, Quintana F, Wilson R (2014) Love thy neighbour: automatic animal behavioural classification of acceleration data using the k-nearest neighbour algorithm. *PLoS ONE* 9: e88609. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088609>
- Blanco GS, Quintana F (2014) Differential use of the Argentine shelf by wintering adults and juveniles southern giant petrels, *Macronectes giganteus*, from Patagonia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 149: 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.08.014>
- Blanco GS, Pisoni JP, Quintana F (2015) Characterization of the seascape used by juvenile and wintering adult Southern Giant Petrels from Patagonia Argentina. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 153: 135-144. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2014.12.007>
- Blanco GS, Sánchez-Carnero N, Pisoni JP, Quintana F (2017) Seascape modeling of southern giant petrels from Patagonia during different life-cycles. *Marine Biology* 164: 53. <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3094-0>
- Blanco GS, Gallo L, Pisoni JP, Dell'Omo G, Gerez N, Molina G, Quintana F (2022a) At-sea distribution, movements and diving behavior of Magellanic penguins reflect small-scale changes in oceanographic conditions around the colony. *Marine Biology* 169: 29. <https://doi.org/10.1007/s00227-021-04016-5>
- Blanco GS, Tonini MH, Gallo L, Dell'Omo G, Quintana F (2022b) Tracking the exposure of a pelagic seabird to marine plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin* 180: 113767. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113767>
- Boersma PD, Rebstock GA, Stokes DL, Majluf P (2007) Oceans apart: conservation models for two temperate penguin species shaped by the marine

- environment. *Marine Ecology Progress Series* 335: 217-225. <https://doi.org/10.3354/meps335217>
- Boersma PD, Rebstock GA (2009) Foraging distance affects reproductive success in Magellanic penguins. *Marine Ecology Progress Series* 375: 263-275. <https://doi.org/10.3354/meps07753>
- Boersma PD, Rebstock GA, Frere E, Moore SE (2009) Following the fish: penguins and productivity in the South Atlantic. *Ecological Monographs* 79: 59-76. <https://doi.org/10.1890/06-0419.1>
- Boersma PD, Rebstock GA, García-Borboroglu P (2015) Marine protection is needed for Magellanic penguins in Argentina based on long-term data. *Biological Conservation* 182: 197-204. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.12.005>
- Boersma PD, Stokes DL, Strange IJ (2002) Applying ecology to conservation: tracking breeding penguins at New Island South reserve, Falkland Islands. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 12: 63-74. <https://doi.org/10.1002/aqc.477>
- Bonnet-Lebrun A-S, Catry P, Clark TJ, Campioni L, Kuepfer A, Tierny M, Kilbride E, Wakefield ED (2020) Habitat preferences, foraging behaviour and bycatch risk among breeding sooty shearwaters *Ardenna grisea* in the Southwest Atlantic. *Marine Ecology Progress Series* 651: 163-181. <https://doi.org/10.3354/meps13439>
- Boyd C, Punt AE, Weimerskirch H, Bertrand S (2014) Movement models provide insights into variation in the foraging effort of central place foragers. *Ecological Modelling* 286: 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.03.015>
- Boyd C, Castillo R, Hunt Jr GL, Punt AE, VanBlaricom GR, Weimerskirch H, Bertrand S (2015) Predictive modelling of habitat selection by marine predators with respect to the abundance and depth distribution of pelagic prey. *Journal of Animal Ecology* 84: 1575-1588. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12409>
- Bugoni L, Cormons TD, Boyne AW, Hays H (2005) Feeding grounds, daily foraging activities, and movements of Common Terns in southern Brazil, determined by radio-telemetry. *Waterbirds* 28: 468-477. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2005\)28\[468:fgdfaa\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2005)28[468:fgdfaa]2.0.co;2)
- Bugoni L, D'Alba L, Furness RW (2009) Marine habitat use of wintering spectacled petrels *Procellaria conspicillata*, and overlap with longline fishery. *Marine Ecology Progress Series* 374: 273-285. <https://doi.org/10.3354/meps07750>
- Burger AE, Shaffer SA (2008) Perspectives in ornithology application of tracking and data-logging technology in research and conservation of seabirds. *The Auk* 125: 253-264. <https://doi.org/10.1525/auk.2008.1408>
- Campioni L, Granadeiro JP, Catry P (2017) Albatrosses prospect before choosing a home: intrinsic and extrinsic sources of variability in visit rates. *Animal Behaviour* 128: 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.04.008>
- Carle RD, Felis JJ, Vega R, Beck J, Adams J, López V, Hodum PJ, González A, Colodro V, Varela T (2019) Overlap of Pink-footed Shearwaters and central Chilean purse-seine fisheries: Implications for bycatch risk. *The Condor* 121: 1-13. <https://doi.org/10.1093/condor/duz026>
- Catoni C, Aguilar-Pulido R, Zavalaga C, Dell'Omo G (2021) Radar reveals the nocturnal flights of breeding Grey Gulls *Leucophaeus modestus* in the Atacama Desert, Chile. *Bird Study* 68: 351-358. <https://doi.org/10.1080/00063657.2022.2092067>
- Catry P, Lemos R, Brickle P, Phillips RA, Matias R, et al. (2013) Predicting the distribution of a threatened albatross: the importance of competition, fisheries and annual variability. *Progress in Oceanography* 110: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2013.01.005>
- Chen T-H, Lin C-C, Meng P-J (2014) Zinc oxide nanoparticles alter hatching and larval locomotor activity in zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Hazardous Materials* 277: 134-140. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.030>
- Ciancio JE, Quintana F, Sala JE, Wilson RP (2016) Cold birds under pressure: Can thermal substitution ease heat loss in diving penguins? *Marine Biology* 163: 43. <https://doi.org/10.1007/s00227-016-2813-2>
- Clark BL, Irigoien-Lovera C, Gonzales-DelCarpio DD, Diaz-Santibañez I, Votier SC, et al. (2022) Interactions between anchovy fisheries and Peruvian boobies revealed by bird-borne cameras and movement loggers. *Marine Ecology Progress Series* 701: 145-157. <https://doi.org/10.3354/meps14195>
- Clausen A, Pütz K (2003) Winter diet and foraging range of gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) from Kidney Cove, Falkland Islands. *Polar Biology* 26: 32-40. <https://doi.org/10.1007/s00300-002-0443-2>
- Copello S, Quintana F (2009) Spatio-temporal overlap between the at-sea distribution of Southern Giant Petrels and fisheries at the Patagonian Shelf. *Polar Biology* 32: 1211-1220. <https://doi.org/10.1007/s00300-009-0620-7>
- Copello S, Dogliotti AI, Gagliardini DA, Quintana F (2011) Oceanographic and biological landscapes used by the Southern Giant Petrel during the breeding season at the Patagonian Shelf. *Marine biology* 158: 1247-1257. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1645-3>
- Copello S, Pon JPS, Favero M (2013) Use of marine space by Black-browed albatrosses during the non-breeding season in the Southwest Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 123: 34-38. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.02.016>
- Copello S, Pon JPS, Favero M (2014) Spatial overlap of Black-browed albatrosses with longline and trawl fisheries in the Patagonian Shelf during the non-breeding season. *Journal of Sea Research* 89: 44-51. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2014.02.006>
- Copello S, Blanco GS, Pon JPS, Quintana F, Favero M (2016) Exporting the problem: Issues with fishing closures in seabird conservation. *Marine Policy* 74: 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.008>

- Copello S, Suarez N, Yorio P, Ravasi MT, Paz JA, et al. (2020) Distribution of Olrog's Gull *Larus atlanticus* from Bahía San Blas during the non-breeding period: signals of partial migration. *Bird Conservation International* 30: 661-670. <https://doi.org/10.1017/s0959270920000234>
- Cotter CH (1978) Early dead reckoning navigation. *The Journal of Navigation* 31: 20-28
- Culik B, Luna-Jorquera G (1997a) Satellite tracking of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) in northern Chile. *Marine Biology* 128: 547-556. <https://doi.org/10.1007/s002270050120>
- Culik BM, Luna-Jorquera G (1997b) The Humboldt penguin *Spheniscus humboldti*: a migratory bird? *Journal für Ornithologie* 138: 325-330.
- Culik BM, Luna-Jorquera G, Oyarzo H, Correa H (1998) Humboldt penguins monitored via VHF telemetry. *Marine Ecology Progress Series* 162: 279-286. <https://doi.org/10.3354/meps162279>
- Culik B, Hennencke J, Martin T (2000) Humboldt penguins outmanoeuvring el Niño. *Journal of Experimental Biology* 203: 2311-2322. <https://doi.org/10.1242/jeb.203.15.2311>
- Cruz SM, Hooten M, Huyvaert KP, Proaño CB, Anderson DJ, Afanasyev V, Wikelski M (2013) At-sea behavior varies with lunar phase in a nocturnal pelagic seabird, the swallow-tailed gull. *PLoS ONE* 8(2): e56889. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056889>
- Davaji B, Cho HD, Malakoutian M, Lee J-K, Panin G, et al. (2017) A patterned single layer graphene resistance temperature sensor. *Scientific reports* 7: 8811. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08967-y>
- Dellacasa RF, Rabuffetti FL, Tamini LL, Falabella V y E. Frere (2018). Sitios candidatos a AICA marinas: áreas costeras y pelágicas importantes para la conservación de las aves en el Mar Argentino. *Temas de Naturaleza y Conservación*, Monografía de Aves Argentinas N° 11. Buenos Aires, Argentina
- De Pascalis F, Pala D, Pisu D, Morinay J, Benvenuti A, et al. (2021) Searching on the edge: dynamic oceanographic features increase foraging opportunities in a small pelagic seabird. *Marine Ecology Progress Series* 668: 121-132. <https://doi.org/10.3354/meps13726>
- Del Caño M, Quintana F, Yoda K, Dell'Omo G, Blanco GS, et al. (2021) Fine-scale body and head movements allow to determine prey capture events in the Magellanic Penguin (*Spheniscus magellanicus*). *Marine Biology* 168: 84. <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03892-1>
- Del Caño M, Quintana F, Dell'Omo G, Gómez-Laich A (2024) Tri-axial accelerometry allows to determine parental food provisioning behaviour in a marine bird. *Avian Research* 15. <https://doi.org/10.1016/j.avrs.2024.100194>
- Dodino S, Lois NA, Riccialdelli L, Polito MJ, Pütz K, et al. (2021) Sex-specific spatial use of the winter foraging areas by Magellanic penguins and assessment of potential conflicts with fisheries during winter dispersal. *PLoS ONE* 16: e0256339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256339>
- Falabella V, Campagna C, Croxall J (2009) Atlas del mar patagónico. Especies y espacios. Wildlife Conservation Society and BirdLife International, Buenos Aires
- Felis JJ, Adams J, Hodum PJ, Carle RD, Colodro V (2019) Eastern Pacific migration strategies of Pink-footed Shearwaters *Ardenna creatopus*: Implications for fisheries interactions and international conservation. *Endangered Species Research* 39: 269-282. <https://doi.org/10.3354/esr00969>
- Fernández CE, Luna-Jorquera G, Suazo CG, Quillfeldt P (2023) At-sea distribution patterns of the Peruvian diving petrel *Pelecanoides garnotii* during breeding and non-breeding seasons. *Scientific Reports* 13: 14463. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40975-z>
- Fernández P, Anderson DJ, Sievert PR, Huyvaert KP (2001) Foraging destinations of three low-latitude albatross (Phoebeastria) species. *Journal of Zoology* 254: 391-404. <https://doi.org/10.1017/s0952836901000899>
- Fort J, Pettex E, Tremblay Y, Lorentsen S-H, Garthe S, et al. (2012) Meta-population evidence of oriented chain migration in northern gannets (*Morus bassanus*). *Frontiers in Ecology and the Environment* 10: 237-242. <https://doi.org/10.1890/110194>
- Frere E, Quintana F, Gandini P (2002) Diving behavior of the Red-legged Cormorant in southeastern Patagonia, Argentina. *The Condor* 104: 440-444. <https://doi.org/10.1093/condor/104.2.440>
- Gatto A, Yorio P, Doldan MS, Gomila LV (2019) Spatial and temporal foraging movement patterns in Royal Terns (*Thalasseus maximus*) and Cayenne Terns (*Thalasseus sandvicensis eurygnathus*) in Northern Patagonia, Argentina. *Waterbirds* 42: 217-224. <https://doi.org/10.1675/063.042.0209>
- Gebre-Egziabher D, Elkaim GH, David Powell J, Parkinson BW (2006) Calibration of strapdown magnetometers in magnetic field domain. *Journal of Aerospace Engineering* 19: 87-102. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0893-1321\(2006\)19:2\(87\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0893-1321(2006)19:2(87))
- Gherardi-Fuentes C, Pütz K, Anguita C, Simeone A (2019) Comparative foraging and diving behaviour of coexisting breeding and non-breeding King Penguins (*Aptenodytes patagonicus*) in Tierra del Fuego, Chile. *Emu-Austral Ornithology* 119: 61-70. <https://doi.org/10.1080/01584197.2018.1530061>
- Gómez-Laich A, Quintana F, Shepard E, Wilson R (2012) Intersexual differences in the diving behaviour of Imperial Cormorants. *Journal of Ornithology* 153: 139-147. <https://doi.org/10.1007/s10336-011-0714-1>
- Gómez-Laich A, Wilson RP, Shepard EL, Quintana F (2013) Energy expenditure and food consumption of foraging Imperial cormorants in Patagonia, Argentina. *Marine Biology* 160: 1697-1707. <https://doi.org/10.1007/s00227-013-2222-8>

- Gómez-Laich A, Wilson RP, Sala JE, Luzenti A, Quintana F (2015) Moving northward: comparison of the foraging effort of Magellanic penguins from three colonies of northern Patagonia. *Marine Biology* 162: 1451-1461. <https://doi.org/10.1007/s00227-015-2681-1>
- Gómez-Laich A, Pantano C, Wilson RP, Svagelj WS, Yoda K, et al. (2022) Leg rings impact the diving performance of a foot-propelled diver. *Ibis* 164: 118-131. <https://doi.org/10.1111/ibi.12998>
- Granadeiro JP, Phillips RA, Brickle P, Catry P (2011) Albatrosses following fishing vessels: how badly hooked are they on an easy meal? *PLoS ONE* 6: e17467. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017467>
- Granadeiro JP, Brickle P, Catry P (2014) Do individual seabirds specialize in fisheries' waste? The case of black-browed albatrosses foraging over the Patagonian Shelf. *Animal Conservation* 17: 19-26. <https://doi.org/10.1111/acv.12050>
- Granadeiro JP, Campioni L, Catry P (2018) Albatrosses bathe before departing on a foraging trip: implications for risk assessments and marine spatial planning. *Bird Conservation International* 28: 208-215. <https://doi.org/10.1017/s0959270916000459>
- Green CP, Green DB, Ratcliffe N, Thompson D, Lea MA, et al. (2023) Potential for redistribution of post-moult habitat for Eudyptes penguins in the Southern Ocean under future climate conditions. *Global Change Biology* 29: 648-667. <https://doi.org/10.1111/gcb.16500>
- Grémillet D, Dell'Omo G, Ryan PG, Peters G, Ropert-Coudert Y, et al. (2004) Offshore diplomacy, or how seabirds mitigate intra-specific competition: a case study based on GPS tracking of Cape gannets from neighbouring colonies. *Marine Ecology Progress Series* 268: 265-279. <https://doi.org/10.3354/meps268265>
- Guicking D, Ristow D, Becker PH, Schlatter R, Berthold P, et al. (2001) Satellite tracking of the Pink-footed Shearwater in Chile. *Waterbirds*: 8-15. <https://doi.org/10.2307/1522237>
- Guilford T, Padgett O, Maurice L, Catry P (2022) Unexpectedly deep diving in an albatross. *Current Biology* 32: R26-R28. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.11.036>
- Gunner RM, Holton MD, Scantlebury DM, Hopkins P, Shepard EL, et al. (2021a) How often should dead-reckoned animal movement paths be corrected for drift? *Animal Biotelemetry* 9: 1-22. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-587959/v1>
- Gunner RM, Holton MD, Scantlebury MD, van Schaikwyk OL, English HM, et al. (2021b) Dead-reckoning animal movements in R: a reappraisal using Gundog. Tracks. *Animal Biotelemetry* 9: 1-37. <https://doi.org/10.1186/s40317-021-00245-z>
- Halsey L, Shepard E, Quintana F, Laich AG, Green J, et al. (2009) The relationship between oxygen consumption and body acceleration in a range of species. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 152: 197-202. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.09.021>
- Halsey LG, Shepard EL, Wilson RP (2011) Assessing the development and application of the accelerometry technique for estimating energy expenditure. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 158: 305-314. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.09.002>
- Hamer K, Humphreys E, Magalhaes M, Garthe S, Hennicke J, et al. (2009) Fine-scale foraging behaviour of a medium-ranging marine predator. *Journal of Animal Ecology* 78: 880-889. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01549.x>
- Harris S, Quintana F, Raya Rey A (2012) Prey search behavior of the Imperial Cormorant (*Phalacrocorax atriceps*) during the breeding season at Punta León, Argentina. *Waterbirds* 35: 312-323. <https://doi.org/10.1675/063.035.0212>
- Harris S, Raya Rey A, Phillips RA, Quintana F (2013) Sexual segregation in timing of foraging by imperial shags (*Phalacrocorax atriceps*): is it always ladies first? *Marine Biology* 160: 1249-1258. <https://doi.org/10.1007/s00227-013-2177-9>
- Harris S, Raya Rey A, Zavalaga C, Quintana F (2014a) Strong temporal consistency in the individual foraging behaviour of Imperial Shags *Phalacrocorax atriceps*. *Ibis* 156: 523-533. <https://doi.org/10.1111/ibi.12159>
- Harris S, Rey AR, Quintana F (2014b) Breeding experience and foraging behaviour of Imperial Shags (*Leucocarbo atriceps*) in Argentina. *Emu* 114: 222-228. <https://doi.org/10.1071/mu13059>
- Harris S, Quintana F, Ciancio J, Riccialdelli L, Raya Rey A (2016a) Linking foraging behavior and diet in a diving seabird. *Marine Ecology* 37: 419-432. <https://doi.org/10.1111/maec.12327>
- Harris S, Samaniego RAS, Raya Rey A (2016b) Insights into diet and foraging behavior of imperial shags (*Phalacrocorax atriceps*) breeding at Staten and Becasses Islands, Tierra del Fuego, Argentina. *The Wilson Journal of Ornithology* 128: 811-820. <https://doi.org/10.1676/15-141.1>
- Harris S, Scioscia G, Pütz K, Mattern T, Raya Rey A (2020) Niche partitioning between coexisting gentoo *Pygoscelis papua* and Magellanic penguins *Spheniscus magellanicus* at Martillo Island, Argentina. *Marine Biology* 167: 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00227-020-03722-w>
- Harris S, Pütz K, Mattern T, Scioscia G, Raya Rey A (2023) The role of conspecifics during pelagic foraging of Magellanic and benthic foraging of Gentoo penguins in the Beagle Channel, Argentina. *Marine Biology* 170: 17. <https://doi.org/10.1007/s00227-022-04163-3>
- Hedd A, Montevecchi WA, Otley H, Phillips RA, Fifield DA (2012) Trans-equatorial migration and habitat use by sooty shearwaters *Puffinus griseus* from the South Atlantic during the nonbreeding season. *Marine Ecology Progress Series* 449: 277-290. <https://doi.org/10.3354/meps09538>
- Hennicke J, Culik B (2005) Foraging performance and

- reproductive success of Humboldt penguins in relation to prey availability. *Marine Ecology Progress Series* 296: 173-181. <https://doi.org/10.3354/meps296173>
- Holton MD, Wilson RP, Teilmann J, Siebert U (2021) Animal tag technology keeps coming of age: an engineering perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 376: 20200229. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0229>
- Howard JL, Tompkins EM, Anderson DJ (2021) Effects of age, sex, and ENSO phase on foraging and flight performance in Nazca boobies. *Ecology and Evolution* 11: 4084-4100. <https://doi.org/10.1002/ece3.7308>
- Jouventin P, Weimerskirch H (1990) Satellite tracking of wandering albatrosses. *Nature* 343: 746-748. <https://doi.org/10.1038/343746a0>
- Kaidarova A, Geraldini NR, Wilson RP, Kosel J, Meekan MG, et al. (2023) Wearable sensors for monitoring marine environments and their inhabitants. *Nature Biotechnology* 41: 1208-1220. <https://doi.org/10.1038/s41587-023-01827-3>
- Kano S, Dobashi Y, Fujii M (2017) Silica nanoparticle-based portable respiration sensor for analysis of respiration rate, pattern, and phase during exercise. *IEEE Sensors Letters* 2: 1-4. <https://doi.org/10.1109/lens.2017.2787099>
- Kasinsky T, Suárez N, Marinao C, Yorio P (2018) Kelp Gull (*Larus dominicanus*) use of alternative feeding habitats at the Bahía San Blas protected area, Argentina. *Waterbirds* 41: 285-294. <https://doi.org/10.1675/063.041.0308>
- Kasinsky T, Yorio P, Dell'Arciprete P, Marinao C, Suárez N (2021) Geographical differences in sex-specific foraging behaviour and diet during the breeding season in the opportunistic Kelp Gull (*Larus dominicanus*). *Marine Biology* 168: 1-15. <https://doi.org/10.1007/s00227-020-03812-9>
- Kenward R (2001) A manual for wildlife radio tagging: Gulf Professional Publishing. <https://doi.org/10.1017/S1367943002212317>
- Kooyman GL (1965) Techniques used in measuring diving capacities of Weddell seals. *Polar Record* 12: 391-394. <https://doi.org/10.1017/s003224740005484x>
- Krishnan K, Garde B, Bennison A, Cole NC, Cole E-L, et al. (2022) The role of wingbeat frequency and amplitude in flight power. *Journal of the Royal Society Interface* 19: 20220168. <https://doi.org/10.1101/2022.06.28.497935>
- Krüger L, Paiva VH, Colabuono FI, Petry MV, Montone RC, et al. (2016) Year-round spatial movements and trophic ecology of Trindade Petrels (*Pterodroma arminjoniana*). *Journal of Field Ornithology* 87: 404-416. <https://doi.org/10.1111/jfo.12175>
- Kumar A, Tan A, Wong J, Spagnoli JC, Lam J, et al. (2017) Nanotechnology for neuroscience: promising approaches for diagnostics, therapeutics and brain activity mapping. *Advanced Functional Materials* 27: 1700489. <https://doi.org/10.1002/adfm.201700489>
- Gómez-Laich A, Wilson RP, Quintana F, Shepard EL (2008) Identification of imperial cormorant *Phalacrocorax atriceps* behaviour using accelerometers. *Endangered Species Research* 10: 29-37. <https://doi.org/10.3354/esr00091>
- Gómez-Laich A, Wilson RP, Gleiss AC, Shepard EL, Quintana F (2011) Use of overall dynamic body acceleration for estimating energy expenditure in cormorants: does locomotion in different media affect relationships? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 399: 151-155. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.01.008>
- Lascelles BG, Langham GM, Ronconi RA, Reid JB (2012) From hotspots to site protection: Identifying Marine Protected Areas for seabirds around the globe. *Biological Conservation* 156: 5-14. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.008>
- Leal GR, Furness RW, McGill RA, Santos RA, Bugoni L (2017) Feeding and foraging ecology of Trindade petrels *Pterodroma arminjoniana* during the breeding period in the South Atlantic Ocean. *Marine Biology* 164: 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3240-8>
- Leal GR, Bugoni L (2021) Individual variability in habitat, migration routes and niche used by Trindade petrels, *Pterodroma arminjoniana*. *Marine Biology* 168: 134. <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03938-4>
- Lerma M, Dehnhard N, Luna-Jorquera G, Voigt CC, Garthe S (2020a) Breeding stage, not sex, affects foraging characteristics in masked boobies at Rapa Nui. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 74: 1-16. <https://doi.org/10.1007/s00265-020-02921-1>
- Lerma M, Serratos J, Luna-Jorquera G, Garthe S (2020b) Foraging ecology of masked boobies (*Sula dactylatra*) in the world's largest "oceanic desert". *Marine Biology* 167: 87. <https://doi.org/10.1007/s00227-020-03700-2>
- Ludynia K, Garthe S, Luna-Jorquera G (2010) Distribution and foraging behaviour of the Peruvian Booby (*Sula variegata*) off northern Chile. *Journal of Ornithology* 151: 103-111. <https://doi.org/10.1007/s10336-009-0431-1>
- Ludynia K, Dehnhard N, Poisbleau M, Demongin L, Masello JF, Quillfeldt P (2012) Evaluating the impact of handling and logger attachment on foraging parameters and physiology in Southern Rockhopper Penguins. *PLoS ONE* 7: e50429. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050429>
- Ludynia K, Dehnhard N, Poisbleau M, Demongin L, Masello JF, et al. (2013) Sexual segregation in rockhopper penguins during incubation. *Animal Behaviour* 85: 255-267. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.11.001>
- Luna-Jorquera G, Culik BM (1999) Diving behaviour of Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* in northern Chile. *Marine Ornithology* 27: 67-76.
- Luque SP (2024) diveMove: Dive Analysis and Calibration. R package version 1.6.4, <https://CRAN.R-project.org/package=diveMove>. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.diveMove>

- Masello JF, Mundry R, Poisbleau M, Demongin L, Voigt CC, et al. (2010) Diving seabirds share foraging space and time within and among species. *Ecosphere* 1: 1-28. <https://doi.org/10.1890/es10-00103.1>
- Masello JF, Wikelski M, Voigt CC, Quillfeldt P (2013) Distribution patterns predict individual specialization in the diet of dolphin gulls. *PLoS ONE* 8: e67714. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067714>
- Masello JF, Kato A, Sommerfeld J, Mattern T, Quillfeldt P (2017) How animals distribute themselves in space: variable energy landscapes. *Frontiers in Zoology* 14: 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12983-017-0219-8>
- Masello JF, Rast W, Schumm YR, et al. (2023) Year-round behavioural time budgets of common wood pigeons inferred from acceleration data using machine learning. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 77, 40. <https://doi.org/10.1007/s00265-023-03306-w>
- McKee JL, Tompkins EM, Estela FA, Anderson DJ (2023) Age effects on Nazca booby foraging performance are largely constant across variation in the marine environment: Results from a 5-year study in Galápagos. *Ecology and Evolution* 13: e10138. <https://doi.org/10.1002/ece3.10138>
- Mendez L, Prudor A, Weimerskirch H (2020) Inter-population variation in the behaviour of adult and juvenile Red-footed Boobies *Sula sula*. *Ibis* 162: 460-476. <https://doi.org/10.1111/ibi.12779>
- Mills K (2000) Diving behaviour of two Galápagos Penguins *Spheniscus mendiculus*. *Marine Ornithology* 28: 75-79. <http://doi.org/10.5038/2074-1235.28.1.461>
- Naito Y (2004) New steps in bio-logging science. *Memoirs of National Institute of Polar Research Special Issue* 58: 50-57
- Nathan R (2008) An emerging movement ecology paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 19050-19051. <https://doi.org/10.1073/pnas.0808918105>
- Nourani E, Safi K, de Grissac S, Anderson DJ, Cole NC, et al. (2022) Seabird morphology determines operational wind speeds, tolerable maxima and responses to extremes. *BioRxiv*: 2022.2005.2002.490292. <https://doi.org/10.1101/2022.05.02.490292>
- Nunes GT, Efe MA, Barreto CT, Gaiotto JV, Silva AB, et al. (2022) Ecological trap for seabirds due to the contamination caused by the Fundão dam collapse, Brazil. *Science of the Total Environment* 807: 151486. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151486>
- Oehler DA, Marin M, Kusch A, Danielle L, Weakley LA, et al. (2018) Foraging ranges in southern rockhopper penguins (*Eudyptes chrysocome chrysocome*) on Isla Noir, Chile. *International Journal of Avian & Wildlife Biology* 3: 320-325. <https://doi.org/10.15406/ijawb.2018.03.00109>
- Oktaviana AA, Joannes-Boyau R, Hakim B, et al. (2024) Narrative cave art in Indonesia by 51,200 years ago. *Nature* 631: 814-818. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07541-7>
- Oppel S, Bolton M, Carneiro AP, Dias MP, Green JA, et al. (2018) Spatial scales of marine conservation management for breeding seabirds. *Marine Policy* 98: 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.08.024>
- Parpura V (2016) Nanoelectronics for the heart: Tissue engineering. *Nature Nanotechnology* 11: 738-739. <https://doi.org/10.1038/nnano.2016.123>
- Paz JA, Seco Pon JP, Krüger L, Favero M, Copello S (2021) Is there sexual segregation in habitat selection by Black-browed Albatrosses wintering in the south-west Atlantic? *Emu-Austral Ornithology* 121: 167-177. <https://doi.org/10.1080/01584197.2020.1869910>
- Pennycuik CJ (2008) Modelling the flying bird: Elsevier. <https://doi.org/10.4236/apm.2023.136026>
- Pennycuik CJ, Fast PL, Ballerstädt N, Rattenborg N (2012) The effect of an external transmitter on the drag coefficient of a bird's body, and hence on migration range, and energy reserves after migration. *Journal of Ornithology* 153: 633-644. <https://doi.org/10.1007/s10336-011-0781-3>
- Peters G, Wilson RP, Scolaro JA, Laurenti S, Upton J, et al. (1998) The diving behavior of Magellanic Penguins at Punta Norte, Península Valdés, Argentina. *Colonial Waterbirds*: 1-10. <https://doi.org/10.2307/1521725>
- Petracci P, Caruso N, La Sala LF, Marbán L, Sotelo M, et al. (2024) Foraging areas of Orlog's gulls in an estuarine ecosystem of Argentina: are they underprotected? *Marine Biology* 171: 1-9. <https://doi.org/10.1007/s00227-024-04404-7>
- Phillips R, Silk J, Phalan B, Catry P, Croxall J (2004) Seasonal sexual segregation in two *Thalassarche* albatross species: competitive exclusion, reproductive role specialization or foraging niche divergence? *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 171: 1283-1291. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2718>
- Phillips RA, Catry P, Silk JR, Bearhop S, McGill R, et al. (2007) Movements, winter distribution and activity patterns of Falkland and brown skuas: insights from loggers and isotopes. *Marine Ecology Progress Series* 345: 281-291. <https://doi.org/10.3354/meps06991>
- Pütz K (2002) Spatial and temporal variability in the foraging areas of breeding king penguins. *The Condor* 104: 528-538. [https://doi.org/10.1650/0010-5422\(2002\)104\[0528:satvit\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1650/0010-5422(2002)104[0528:satvit]2.0.co;2)
- Pütz K, Cherel Y (2005) The diving behaviour of brooding king penguins (*Aptenodytes patagonicus*) from the Falkland Islands: variation in dive profiles and synchronous underwater swimming provide new insights into their foraging strategies. *Marine Biology* 147: 281-290. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-1577-x>
- Pütz K, Rey AR, Huin N, Schiavini A, Pütz A, et al. (2006a) Diving characteristics of southern rockhopper penguins (*Eudyptes c. chrysocome*) in the southwest Atlantic. *Marine Biology* 149: 125-137. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-0179-y>
- Pütz K, Rey AR, Schiavini A, Clausen AP, Lüthi BH (2006b) Winter migration of rockhopper penguins (*Eudyptes c. chrysocome*) breeding in the Southwest Atlantic: is utilisation of different foraging areas reflected in

- opposing population trends? *Polar Biology* 29: 735-744. <https://doi.org/10.1007/s00300-006-0110-0>
- Pütz K, Schiavini A, Rey AR, Lüthi BH (2007) Winter migration of magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) from the southernmost distributional range. *Marine Biology* 152: 1227-1235. <https://doi.org/10.1007/s00227-007-0770-5>
- Pütz K, Trathan PN, Pedrana J, Collins MA, Poncet S, et al. (2014) Post-fledging dispersal of king penguins (*Aptenodytes patagonicus*) from two breeding sites in the South Atlantic. *PLoS ONE* 9: e97164. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097164>
- Pütz K, Rey AR, Hiriart-Bertrand L, Simeone A, Reyes-Arriagada R, et al. (2016) Post-moult movements of sympatrically breeding Humboldt and Magellanic Penguins in south-central Chile. *Global Ecology and Conservation* 7: 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.05.001>
- Pütz K, Gherardi-Fuentes C, García-Borboroglu P, Godoy C, Flagg M, et al. (2021) Exceptional foraging plasticity in King Penguins (*Aptenodytes patagonicus*) from a recently established breeding site in Tierra del Fuego, Chile. *Global Ecology and Conservation* 28: e01669. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01669>
- Qasem L, Cardew A, Wilson A, Griffiths I, Halsey LG, et al. (2012) Tri-axial dynamic acceleration as a proxy for animal energy expenditure; should we be summing values or calculating the vector? *PLoS ONE* 7: e31187. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031187>
- Quan R, Barnes FS (2005) Design of VHF Transmitters. *Transactions on Broadcasting* 51: 651-657
- Quillfeldt P, Schroff S, van Noordwijk HJ, Michalik A, Ludynia K, et al. (2011) Flexible foraging behaviour of a sexually dimorphic seabird: large males do not always dive deep. *Marine Ecology Progress Series* 428: 271-287. <https://doi.org/10.3354/meps09058>
- Quillfeldt P, McGill RA, Furness RW, Möstl E, Ludynia K, et al. (2012) Impact of miniature geolocation loggers on a small petrel, the thin-billed prion *Pachyptila belcheri*. *Marine Biology* 159: 1809-1816. <https://doi.org/10.1007/s00227-012-1971-0>
- Quillfeldt P, Masello JF, Navarro J, Phillips RA (2013) Year-round distribution suggests spatial segregation of two small petrel species in the South Atlantic. *Journal of Biogeography* 40: 430-441. <https://doi.org/10.1111/jbi.12008>
- Quillfeldt P, Phillips RA, Marx M, Masello JF (2014) Colony attendance and at-sea distribution of thin-billed prions during the early breeding season. *Journal of Avian Biology* 45: 315-324. <https://doi.org/10.1111/jav.00307>
- Quillfeldt P, Cherel Y, Masello JF, Delord K, McGill RA, et al. (2015) Half a world apart? Overlap in nonbreeding distributions of Atlantic and Indian Ocean thin-billed prions. *PLoS ONE* 10: e0125007. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125007>
- Quillfeldt P, Moodley Y, Weimerskirch H, Cherel Y, Delord K, et al. (2017) Does genetic structure reflect differences in non-breeding movements? A case study in small, highly mobile seabirds. *BMC Evolutionary Biology* 17: 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12862-017-1008-x>
- Quillfeldt P, Weimerskirch H, Masello JF, Delord K, McGill RA, et al. (2019) Behavioural plasticity in the early breeding season of pelagic seabirds—a case study of thin-billed prions from two oceans. *Movement Ecology* 7: 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40462-019-0147-7>
- Quillfeldt P, Bange A, Boutet A, Orben RA, Baylis AM (2022) Breeding Thin-Billed Prions Use Marine Habitats Ranging from Inshore to Distant Antarctic Waters. *Animals* 12: 3131. <https://doi.org/10.3390/ani12223131>
- Quintana F (1999) Diving behavior of Rock Shags at a Patagonian colony of Argentina. *Waterbirds*: 466-471. <https://doi.org/10.2307/1522126>
- Quintana F (2001) Foraging behaviour and feeding locations of Rock Shags *Phalacrocorax magellanicus* from a colony in Patagonia, Argentina. *Ibis* 143: 547-553. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.2001.tb04881.x>
- Quintana F, Dell’Arciprete PO (2002) Foraging grounds of southern giant petrels (*Macronectes giganteus*) on the Patagonian shelf. *Polar Biology* 25: 159-161. <https://doi.org/10.1007/s003000100313>
- Quintana F, Morelli F, Benedetti Y (2002) Buceo eficiente en aguas poco profundas: comportamiento de buceo y patrón de alimentación del Cormorán Cuello Negro, *Phalacrocorax magellanicus*, en dos colonias de la costa patagónica. *Ecología Austral* 12: 19-28
- Quintana F, Yorio P, Lisnizer N, Gatto A, Soria G (2004) Diving behavior and foraging areas of the Neotropic Cormorant at a marine colony in Patagonia, Argentina. *The Wilson Bulletin* 116: 83-88. [https://doi.org/10.1676/0043-5643\(2004\)116\[0083:dbafao\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1676/0043-5643(2004)116[0083:dbafao]2.0.co;2)
- Quintana F, Wilson RP, Yorio P (2007) Dive depth and plumage air in wettable birds: the extraordinary case of the imperial cormorant. *Marine Ecology Progress Series* 334: 299-310. <https://doi.org/10.3354/meps334299>
- Quintana F, Dell’Arciprete OP, Copello S (2010) Foraging behavior and habitat use by the Southern Giant Petrel on the Patagonian Shelf. *Marine Biology* 157: 515-525. <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1337-4>
- Quintana F, Wilson R, Dell’Arciprete P, Shepard E, Laich AG (2011) Women from Venus, men from Mars: inter-sex foraging differences in the imperial cormorant *Phalacrocorax atriceps* a colonial seabird. *Oikos* 120: 350-358. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18387.x>
- Quintana F, Gómez-Laich A, Gunner RM, Gabelli F, Omo GD, et al. (2022) Long walk home: Magellanic penguins have strategies that lead them to areas where they can navigate most efficiently. *Proceedings of the Royal Society B* 289: 20220535. <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0535/v2/review2>
- Quispe R, Lerma M, Luna N, Portflitt-Toro M, Serratos J, et al. (2020) Foraging ranges of humboldt penguins *Spheniscus humboldti* from tilgo island:

- The critical need for protecting a unique marine habitat. *Marine Ornithology* 48: 205-208. <http://doi.org/10.5038/2074-1235.48.2.1374>
- Ramos R, Carlile N, Madeiros J, Ramírez I, Paiva VH, et al. (2017) It is the time for oceanic seabirds: Tracking year-round distribution of gadfly petrels across the Atlantic Ocean. *Diversity and Distributions* 23: 794-805. <https://doi.org/10.1111/ddi.12569>
- Ratcliffe N, Crofts S, Brown R, Baylis AM, Adlard S, et al. (2014) Love thy neighbour or opposites attract? Patterns of spatial segregation and association among crested penguin populations during winter. *Journal of Biogeography* 41: 1183-1192. <https://doi.org/10.1111/jbi.12279>
- Ravasi MT, Pon JPS, Paz JA, Favero M, Copello S (2019) Use of winter habitat at an early age: spatial ecology and association with human activities of juvenile Olog's Gull *Larus atlanticus*. *Bird Conservation International* 29: 575-585. <https://doi.org/10.1017/s0959270919000029>
- Raya Rey A, Bost C-A, Schiavini A, Pütz K (2010) Foraging movements of Magellanic Penguins *Spheniscus magellanicus* in the Beagle Channel, Argentina, related to tide and tidal currents. *Journal of Ornithology* 151: 933-943. <https://doi.org/10.1007/s10336-010-0531-y>
- Rebstock GA, Boersma PD (2018) Oceanographic conditions in wintering grounds affect arrival date and body condition in breeding female Magellanic penguins. *Marine Ecology Progress Series* 601: 253-267. <https://doi.org/10.3354/meps12668>
- Rebstock GA, Abrahms B, Boersma PD (2022a) Site fidelity increases reproductive success by increasing foraging efficiency in a marine predator. *Behavioral Ecology* 33: 868-875. <https://doi.org/10.1093/beheco/arac052>
- Rebstock GA, García Borboroglu P, Boersma PD (2022b) Variability in foraging range and direction among colonies in a widespread seabird, the Magellanic penguin. *Frontiers in Marine Science* 9: 815706. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.815706>
- Retana MV, Quintana F (2009) Variación inter e intraespecífica del ciclo respiratorio durante las inmersiones en tres especies de cormoranes patagónicos. *El Hornero* 24: 79-86. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.815706>
- Raya Rey A, Trathan P, Pütz K, Schiavini A (2007) Effect of oceanographic conditions on the winter movements of rockhopper penguins *Eudyptes chrysocome* from Staten Island, Argentina. *Marine Ecology Progress Series* 330: 285-295. <https://doi.org/10.3354/meps330285>
- Raya Rey A, Pütz K, Luna-Jorquera G, Lüthi B, Schiavini A (2009) Diving patterns of breeding female rockhopper penguins (*Eudyptes chrysocome*): Noir Island, Chile. *Polar biology* 32: 561-568. <https://doi.org/10.1007/s00300-008-0550-9>
- Raya Rey A, Pütz K, Scioscia G, Lüthi B, Schiavini A (2012) Sexual differences in the foraging behaviour of Magellanic Penguins related to stage of breeding. *Emu-Austral Ornithology* 112: 90-96. <https://doi.org/10.1071/mu11065>
- Raya Rey A, Pütz K, Simeone A, Hiriart-Bertrand L, Reyes-Arriagada R, et al. (2013) Comparative foraging behaviour of sympatric Humboldt and Magellanic Penguins reveals species-specific and sex-specific strategies. *Emu-Austral Ornithology* 113: 145-153. <https://doi.org/10.1071/mu12040>
- Robertson G, Moreno C, Arata JA, Candy SG, Lawton K, et al. (2014) Black-browed albatross numbers in Chile increase in response to reduced mortality in fisheries. *Biological Conservation* 169: 319-333. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.002>
- Robpert-Coudert Y, Bost C-A, Handrich Y, Bevan RM, Butler PJ, et al. (2000) Impact of externally attached loggers on the diving behaviour of the king penguin. *Physiological and Biochemical Zoology* 73: 438-444. <https://doi.org/10.1086/317743>
- Rosciano NG, Polito MJ, Rey AR (2016) Do penguins share? Evidence of foraging niche segregation between but not within two sympatric, central-place foragers. *Marine Ecology Progress Series* 548: 249-262. <https://doi.org/10.3354/meps11689>
- Rosciano NG, Pütz K, Polito MJ, Raya Rey A (2018) Foraging behaviour of Magellanic Penguins during the early chick-rearing period at Isla de los Estados, Argentina. *Ibis* 160: 327-341. <https://doi.org/10.1111/ibi.12547>
- Rosciano NG, Pütz K, Polito MJ, Raya Rey A (2022) Where's the best supermarket deal? Female Southern Rockhopper Penguins (*Eudyptes chrysocome*) show variable foraging areas during the guard stage at Isla de los Estados, Argentina. *Canadian Journal of Zoology* 100: 46-55. <https://doi.org/10.1139/cjz-2021-0020>
- Roy A, Lanco Bertrand S, Fablet R (2022) Deep inference of seabird dives from GPS-only records: Performance and generalization properties. *PLoS Computational Biology* 18: e1009890. <https://doi.org/10.1101/2021.04.19.438554>
- Ryan TP, Barrera BO, Aquez SH, Hallworth MT (2022) Movements and asynchronous nesting of the Peruvian Tern *Sternula lorata* in Chile and Peru. *Marine Ornithology* 50: 63-69. <http://doi.org/10.5038/2074-1235.50.1.1461>
- Sala J, Wilson R, Frere E, Quintana F (2012) Foraging effort in Magellanic penguins in coastal Patagonia, Argentina. *Marine Ecology Progress Series* 464: 273-287. <https://doi.org/10.3354/meps09887>
- Sala JE, Wilson RP, Frere E, Quintana F (2014) Flexible foraging for finding fish: variable diving patterns in Magellanic penguins *Spheniscus magellanicus* from different colonies. *Journal of Ornithology* 155: 801-817. <https://doi.org/10.1007/s10336-014-1065-5>
- Sala JE, Wilson RP, Quintana F (2015) Foraging effort in Magellanic penguins: balancing the energy books for survival? *Marine Biology* 162: 501-514. <https://doi.org/10.1007/s00227-014-2581-9>

- Sala JE, Pisoni JP, Quintana F (2017) Three-dimensional temperature fields of the North Patagonian Sea recorded by Magellanic penguins as biological sampling platforms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 189: 203-215. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.03.021>
- Santos CD, Campos LF, Efe MA (2019) Foraging habitat choice of White-tailed Tropicbirds revealed by fine-scale GPS tracking and remote sensing. *PeerJ* 7: e6261. <https://doi.org/10.7717/peerj.6261>
- Sapoznikow A, Quintana FR (2002) Evidences of Rock shags (*Phalacrocorax magellanicus*) and Imperial cormorants (*Ph. atriceps*) leaving their nest by night. *Marine Ornithology*, 30: 34-35. <http://doi.org/10.5038/2074-1235.30.1.523>
- Sapoznikow A, Quintana F (2003) Foraging behavior and feeding locations of Imperial Cormorants and Rock Shags breeding sympatrically in Patagonia, Argentina. *Waterbirds* 26: 184-191. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2003\)026\[0184:fbaflor\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2003)026[0184:fbaflor]2.0.co;2)
- Saraux C, Le Bohec C, Durant JM, Viblanc VA, Gauthier-Clerc M, et al. (2011) Reliability of flipper-banded penguins as indicators of climate change. *Nature* 469: 203-206. <https://doi.org/10.1038/nature09630>
- Saylan Y, Akgönüllü S, Yavuz H, Ünal S, Denizli A (2019) Molecularly imprinted polymer based sensors for medical applications. *Sensors* 19: 1279. <https://doi.org/10.3390/s19061279>
- Schiavini A, Raya Rey A (2004) Long days, long trips: foraging ecology of female rockhopper penguins *Eudyptes chrysocome chrysocome* at Tierra del Fuego. *Marine Ecology Progress Series* 275: 251-262. <https://doi.org/10.3354/meps275251>
- Scioscia G, Raya Rey A, Schiavini A (2016) Breeding biology of Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) at the Beagle Channel: interannual variation and its relationship with foraging behaviour. *Journal of Ornithology* 157: 773-785. <https://doi.org/10.1007/s10336-016-1341-7>
- Sequeira AMM, Hays GC, Sims DW, Eguíluz VM, Rodríguez JP, et al. (2019) Overhauling ocean spatial planning to improve marine megafauna conservation. *Frontiers in Marine Science* 6: 480904. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00639>
- Shaffer SA, Tremblay Y, Awkerman JA, Henry RW, Teo SL, et al. (2005) Comparison of light-and SST-based geolocation with satellite telemetry in free-ranging albatrosses. *Marine Biology* 147: 833-843. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-1631-8>
- Shannon CE (1949) Communication in the presence of noise. *Proceedings of the IRE* 37: 10-21. <https://doi.org/10.1109/proc.1984.12998>
- Shepard EL, Wilson RP, Quintana F, Gómez-Laich A, Forman DW (2009) Pushed for time or saving on fuel: fine-scale energy budgets shed light on currencies in a diving bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276: 3149-3155. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0683>
- Silva AB, Valls FC, Marques FP, Bugoni L (2022) Movements of satellite tracked Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) in a wintering area in southern Brazil. *Ocean & Coastal Management* 221: 106120. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106120>
- Simeone A, Wilson RP (2003) In-depth studies of Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) foraging: can we estimate prey consumption by perturbations in the dive profile? *Marine Biology* 143: 825-831. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1114-8>
- Skewgar E, Boersma PD, Simeone A (2014) Winter migration of Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) along the southeastern Pacific. *Waterbirds* 37: 203-209. <https://doi.org/10.1675/063.037.0208>
- Soanes LM, Arnould JP, Dodd SG, Sumner MD, Green JA (2013) How many seabirds do we need to track to define home-range area? *Journal of Applied Ecology* 50: 671-679. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12069>
- Steinfurth A, Vargas FH, Wilson RP, Spindler M, Macdonald DW (2008) Space use by foraging Galápagos penguins during chick rearing. *Endangered Species Research* 4: 105-112. <https://doi.org/10.3354/esr00046>
- Stokes DL, Boersma PD, Davis LS (1998) Satellite tracking of Magellanic Penguin migration. *The Condor* 100(2): 376-381. <https://doi.org/10.2307/1370280>
- Stokes DL, Boersma PD, de Casenave JL, García-Borboroglu P (2014) Conservation of migratory Magellanic penguins requires marine zoning. *Biological Conservation* 170: 151-161. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.024>
- Suárez N, Yorío P (2005) Foraging patterns of breeding dolphin gulls *Larus scoresbii* at Punta Tombo, Argentina. *Ibis* 147: 544-551. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.2005.00426.x>
- Suárez N, Retana MV, Yorío P (2012) Spatial patterns in the use of foraging areas and its relationship with prey resources in the threatened Olrog's Gull (*Larus atlanticus*). *Journal of Ornithology* 153: 861-871. <https://doi.org/10.1007/s10336-012-0812-8>
- Taylor SS, Leonard ML, Boness DJ, Majluf P (2001) Foraging trip duration increases for Humboldt penguins tagged with recording devices. *Journal of Avian Biology* 32: 369-372. <https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2001.320413.x>
- Taylor SS, Leonard ML, Boness DJ, Majluf P (2004) Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* change their foraging behaviour following breeding failure. *Marine Ornithology* 32: 63-67. <http://doi.org/10.5038/2074-1235.32.1.599>
- Teo SL, Boustany A, Blackwell S, Walli A, Weng KC, et al. (2004) Validation of geolocation estimates based on light level and sea surface temperature from electronic tags. *Marine Ecology Progress Series* 283: 81-98. <https://doi.org/10.3354/meps283081>
- Teske RT (1997) The First Recorded Natural History: An Overview of Mesopotamian, Egyptian,

- Assyrian, Babylonian, and Hittite Contributions to Science. *Journal of Near Eastern Studies* 56: 1-29.
- Thiebot J-B, Bost C-A, Dehnhard N, Demongin L, Eens M, et al. (2015) Mates but not sexes differ in migratory niche in a monogamous penguin species. *Biology Letters* 11: 20150429. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0429>
- Vandenabeele SP, Wilson RP, Grogan A (2011) Tags on seabirds: how seriously are instrument-induced behaviours considered? *Animal Welfare* 20: 559-571. <https://doi.org/10.1017/s0962728600003195>
- Vandenabeele SP, Shepard EL, Grogan A, Wilson RP (2012) When three per cent may not be three per cent; device-equipped seabirds experience variable flight constraints. *Marine Biology* 159: 1-14. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1784-6>
- Vandenabeele SP, Grundy E, Friswell MI, Grogan A, Votier SC, et al. (2014) Excess baggage for birds: inappropriate placement of tags on gannets changes flight patterns. *PLoS ONE* 9: e92657. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092657>
- Vandenabeele S, Shepard E, Grémillet D, Butler P, Martin G, et al. (2015) Are bio-telemetric devices a drag? Effects of external tags on the diving behaviour of great cormorants. *Marine Ecology Progress Series* 519: 239-249. <https://doi.org/10.3354/meps11058>
- Wakefield ED, Phillips RA, Trathan PN, Arata J, Gales R, et al. (2011) Habitat preference, accessibility, and competition limit the global distribution of breeding Black-browed Albatrosses. *Ecological Monographs* 81: 141-167. <https://doi.org/10.1890/09-0763.1>
- Walker BG, Boersma PD (2003) Diving behavior of magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) at Punta Tombo, Argentina. *Canadian Journal of Zoology* 81: 1471-1483. <https://doi.org/10.1139/z03-142>
- Wanless S, Harris M (1993) Use of mutually exclusive foraging areas by adjacent colonies of blue-eyed shags (*Phalacrocorax atriceps*) at South Georgia. *Colonial Waterbirds*: 176-182. <https://doi.org/10.2307/1521435>
- Weimerskirch H, Le Corre M, Marsac F, Barbraud C, Tostain O, et al. (2006) Postbreeding movements of frigatebirds tracked with satellite telemetry. *The Condor* 108: 220-225. <https://doi.org/10.1093/condor/108.1.220>
- Weimerskirch H, Bertrand S, Silva J, Marques JC, Goya E (2010) Use of social information in seabirds: compass rafts indicate the heading of food patches. *PLoS ONE* 5: e9928. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009928>
- Weimerskirch H, Bertrand S, Silva J, Bost C, Peraltilla S (2012) Foraging in Guanay cormorant and Peruvian booby, the major guano-producing seabirds in the Humboldt Current System. *Marine Ecology Progress Series* 458: 231-245. <https://doi.org/10.3354/meps09752>
- Williams HJ, Holton MD, Shepard EL, Largey N, Norman B, et al. (2017) Identification of animal movement patterns using tri-axial magnetometry. *Movement Ecology* 5: 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40462-017-0097-x>
- Williams HJ, Taylor LA, Benhamou S, Bijleveld AI, Clay TA, et al. (2020) Optimizing the use of biologgers for movement ecology research. *Journal of Animal Ecology* 89: 186-206. <https://doi.org/10.1186/s40462-017-0097-x>
- Wilson R (1992) Environmental monitoring with seabirds: do we need additional technology? *South African Journal of Marine Science* 12: 919-926. <https://doi.org/10.2989/02577619209504752>
- Wilson RP (2001) Beyond rings on birds for determination of movements: wither the archival tag? *Ardea* 89: 231-240
- Wilson RP (2003a) Penguins predict their performance. *Marine Ecology Progress Series* 249: 305-310. <https://doi.org/10.3354/meps249305>
- Wilson RP (2003b) Fishing made easy: Tips and tricks on decisions for optimal foraging in Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*). En: Proceedings of the 23rd International Ornithological Congress, Beijing, 11-17 August, 2002, pp. 1-10
- Wilson RP, Wilson M-PT (1988) Foraging behaviour in four sympatric cormorants. *The Journal of Animal Ecology*: 943-955. <https://doi.org/10.2307/5103>
- Wilson RP, Hustler K, Ryan PG, Burger AE, Noldeke EC (1992) Diving birds in cold water: do Archimedes and Boyle determine energetic costs? *The American Naturalist* 140: 179-200. <https://doi.org/10.1086/285409>
- Wilson RP (2004) Reconstructing the past using futuristic developments: trends and perspectives in logger technology for penguins. *Memoirs of National Institute of Polar Research Special Issue* 58: 34-49.
- Wilson RP, Ducamp JJ, Rees G, Culik BM, Niekamp K (1992) Estimation of location: global coverage using Light intensity. En: Pnede IM, Swift, SM, (eds) Wildlife telemetry: remote monitoring and tracking of animals. Ellis Horwood, Chichester, pp 131-134
- Wilson RP, Locca R, Alejandro Scolaro J, Laurenti S, Upton J, et al. (2001) Magellanic Penguins *Spheniscus magellanicus* commuting through San Julian Bay; do current trends induce tidal tactics? *Journal of Avian Biology* 32: 83-89. <https://doi.org/10.1034/j.1600-048x.2001.320113.x>
- Wilson RP, Grémillet D, Syder J, Kierspel MA, Garthe S, et al. (2002) Remote-sensing systems and seabirds: their use, abuse and potential for measuring marine environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* 228: 241-261. <https://doi.org/10.3354/meps228241>
- Wilson RP, Simeone A, Luna-Jorquera G, Steinfurth A, Jackson S, et al. (2003) Patterns of respiration in diving penguins: is the last gasp an inspired tactic? *Journal of Experimental Biology* 206: 1751-1763. <https://doi.org/10.1242/jeb.00341>
- Wilson RP, Quintana F (2004) Surface pauses in relation to dive duration in imperial cormorants; how much time for a breather? *Journal of Experimental Biology* 207: 1789-1796. <https://doi.org/10.1242/jeb.00967>
- Wilson RP, Kreye JM, Lucke K, Urquhart H (2004) Antennae on transmitters on penguins: balancing energy budgets on the high wire. *Journal of*

- Experimental Biology* 207: 2649-2662. <https://doi.org/10.1242/jeb.01067>
- Wilson RP, Scolaro JA, Grémillet D, Kierspel MA, Laurenti S, et al. (2005) How do Magellanic penguins cope with variability in their access to prey? *Ecological Monographs* 75: 379-401. <https://doi.org/10.1890/04-1238>
- Wilson RP, McMahon CR (2006) Measuring devices on wild animals: what constitutes acceptable practice? *Frontiers in Ecology and the Environment* 4: 147-154. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0147:m-dowaw\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0147:m-dowaw]2.0.co;2)
- Wilson RP, White CR, Quintana F, Halsey LG, Liebsch N, et al. (2006) Moving towards acceleration for estimates of activity-specific metabolic rate in free-living animals: the case of the cormorant. *Journal of Animal Ecology* 75: 1081-1090. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01127.x>
- Wilson RP, Liebsch N, Davies IM, Quintana F, Weimerskirch H, et al. (2007) All at sea with animal tracks; methodological and analytical solutions for the resolution of movement. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 54: 193-210. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.11.017>
- Wilson RP, Shepard E, Liebsch N (2008a) Prying into the intimate details of animal lives: use of a daily diary on animals. *Endangered Species Research* 4: 123-137. <https://doi.org/10.3354/esr00064>
- Wilson RP, Vargas FH, Steinfurth A, Riordan P, Robert-Coudert Y, et al. (2008b) What grounds some birds for life? Movement and diving in the sexually dimorphic Galapagos cormorant. *Ecological Monographs* 78: 633-652. <https://doi.org/10.1890/07-0677.1>
- Wilson RP, Shepard EL, Laich AG, Frere E, Quintana F (2010) Pedalling downhill and freewheeling up; a penguin perspective on foraging. *Aquatic Biology* 8: 193-202. <https://doi.org/10.3354/ab00230>
- Wilson RP, Quintana F, Hobson VJ (2012) Construction of energy landscapes can clarify the movement and distribution of foraging animals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 975-980. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1544>
- Wilson R, Sala JE, Gómez-Laich A, Ciancio J, Quintana F (2015) Pushed to the limit: food abundance determines tag-induced harm in penguins. *Animal Welfare* 24: 37-44. <https://doi.org/10.7120/09627286.24.1.037>
- Wilson RP, Gómez-Laich A, Sala J-E, Dell'Omo G, Holton MD, et al. (2017) Long necks enhance and constrain foraging capacity in aquatic vertebrates. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284: 20172072. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2072>
- Wilson RP, Börger L, Holton MD, Scantlebury DM, Gómez-Laich A, et al. (2020) Estimates for energy expenditure in free-living animals using acceleration proxies: A reappraisal. *Journal of Animal Ecology* 89: 161-172. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13040>
- Xiao F, Wang L, Duan H (2016) Nanomaterial based electrochemical sensors for in vitro detection of small molecule metabolites. *Biotechnology Advances* 34: 234-249. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.01.006>
- Yamamoto T, Yoda K, Blanco GS, Quintana F (2019) Female-biased stranding in Magellanic penguins. *Current Biology* 29: R12-R13. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.11.023>
- Yoda K, Sato K, Niizuma Y, Kurita M, Bost C-A, et al. (1999) Precise monitoring of porpoising behaviour of Adélie penguins determined using acceleration data loggers. *Journal of Experimental Biology* 202: 3121-3126. <https://doi.org/10.1242/jeb.202.22.3121>
- Yorio P, Quintana F, Gatto A, Lisnizer N, Suárez N (2004) Foraging patterns of breeding Olog's gull at Golfo San Jorge, Argentina. *Waterbirds* 27: 193-199. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2004\)027\[0193:fpo-bog\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2004)027[0193:fpo-bog]2.0.co;2)
- Yorio P, Suárez N, Quintana F, Gatto A (2005) Nocturnal activity in breeding Olog's Gulls (*Larus atlanticus*). *Ornitología Neotropical* 16: 13
- Yorio P, Quintana F, Dell'Arciprete P, Gonzalez-Zevallos D (2010) Spatial overlap between foraging seabirds and trawl fisheries: implications for the effectiveness of a marine protected area at Golfo San Jorge, Argentina. *Bird Conservation International* 20: 320-334. <https://doi.org/10.1017/s0959270910000286>
- Yorio P, Suárez N, Arciprete PD, Marinao C, Góngora ME, et al. (2021) Spatial use of multiple jurisdictions by Magellanic penguins and assessment of potential conflicts in the face of changing trawl fisheries scenarios. *Marine Ecology Progress Series* 658: 219-236. <https://doi.org/10.3354/meps13562>
- Yu H, Muijres FT, te Lindert JS, Hedenström A, Henningsson P (2023) Accelerometer sampling requirements for animal behaviour classification and estimation of energy expenditure. *Animal Biotelemetry* 11: 28. <https://doi.org/10.1186/s40317-023-00339-w>
- Zavalaga CB, Halls J, Dell'Omo G (2010a) Marine habitat use of Peruvian boobies: a geographic and oceanographic comparison between inshore and offshore islands. *ICES Journal of Marine Science* 67: 940-951. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp298>
- Zavalaga CB, Halls JN, Mori GP, Taylor SA, Dell'Omo G (2010b) At-sea movement patterns and diving behavior of Peruvian boobies *Sula variegata* in northern Peru. *Marine Ecology Progress Series* 404: 259-274. <https://doi.org/10.3354/meps08490>
- Zavalaga CB, Dell'Omo G, Becciu P, Yoda K (2011) Patterns of GPS tracks suggest nocturnal foraging by incubating Peruvian pelicans (*Pelecanus thagus*). *PLoS ONE* 6: e19966. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019966>
- Zavalaga CB, Emslie SD, Estela FA, Mueller MS, Dell'Omo G, et al. (2012) Overnight foraging trips by chick-rearing Nazca Boobies *Sula granti* and the risk of attack by predatory fish. *Ibis* 154: 61-73. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919x.2011.01198.x>



LAS AVES MARINAS DEL SISTEMA FLUVIO-MARINO DEL RÍO DE LA PLATA Y SU RELACIÓN CON ACTIVIDADES HUMANAS

SEABIRDS OF THE RÍO DE LA PLATA FLUVIAL-MARINE SYSTEM AND THEIR RELATION WITH HUMAN ACTIVITIES

Germán García^{1*}, Matilde Alfaro², Sofía Copello¹, Rocío Mariano-Jelicich¹, Diego Moreira³, Juan P. Seco Pon¹, Jesica Paz¹, Paula Berón¹, Candelaria Biagiotti Barchiesi¹, Melina Castano¹, Victoria Cabral¹, Aylen de Prinzio¹, Ariadna Gorostegui Valenti¹, Maximiliano Hernandez¹, Agustina Iwan¹, Francisco Zumpano¹ & Marco Favero¹

¹Grupo de Ecología y Conservación de Aves Marinas y Costeras, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata-CONICET, Juan B. Justo 2550, B7608FBY, Mar del Plata, Argentina

²Departamento de Ecología y Gestión Ambiental, Centro Universitario Regional Este, Universidad de La República, Maldonado, Uruguay

³Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (DCAO, FCEN, UBA), Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA, CONICET-UBA) e Instituto Franco-Argentino de Estudios sobre el Clima y sus Impactos (IFAEI – IRL 3351 – CNRS-CONICET-IRD-UBA), Ciudad Universitaria Pabellón II Piso 2 (C1428EHA) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

*garciaerman@conicet.gov.ar

RESUMEN: El sistema fluvio-marino del Río de la Plata (SFMRP) es un ambiente complejo, dinámico y altamente productivo dentro del cual las aves marinas tienen particular relevancia. Este sistema, de gran importancia ecológica, meteorológica y oceanográfica para la región, propicia el desarrollo de actividades humanas que traen aparejados problemas de conservación. En este trabajo caracterizamos los ensambles de aves marinas y su relación con las actividades que ocurren en el área desde una perspectiva ambiental. Dentro del ensamble de aves marinas (ca. 74 especies) del SFMRP, las gaviotas y gaviotines son los grupos más representativos y dominantes. El SFMRP también contiene una buena representación de Procellariiformes que utilizan principalmente aguas de altamar. Las principales actividades humanas desarrolladas en el área de interés, que incluyen el desarrollo urbano e industrial, las pesquerías comerciales y recreacionales, y la exploración-explotación de hidrocarburos, ocasionan fragmentación y degradación del paisaje, sobreexplotación de recursos, y contaminación (e.g., química, lumínica y sonora, entre otras). Las problemáticas ambientales destacadas afectan principalmente los movimientos, alimentación, y estado sanitario de las aves marinas que utilizan el SFMRP. Se identificaron y caracterizaron siete unidades de conservación a modo de enfoque para organizar y facilitar el desarrollo e implementación de herramientas de manejo. Destacamos la necesidad de reforzar la colaboración entre diferentes actores y sectores involucrados en el área para mitigar los impactos sobre la biodiversidad de aves marinas. Se recomienda además el establecimiento de programas de evaluación y/o monitoreo de los ensambles de aves marinas y desarrollar e implementar los planes de manejo de las unidades de conservación identificadas.

PALABRAS CLAVE: *Argentina, conservación de aves marinas, desarrollo industrial, exploración-explotación de hidrocarburos, pesquerías, Río de la Plata, urbanización, Uruguay*

ABSTRACT: The Río de la Plata fluvial-marine system (RPFMS) is a complex, dynamic and highly productive environment in which seabirds are particularly relevant. This system, of great ecological, meteorological and oceanographic importance for the region, favours the development of human activities with the associated conservation problems. In this paper we characterise the seabird assemblages and their relationship with the human activities occurring in the area from an environmental perspective. Within the seabird assemblage (ca. 74 species) of the SFMRP, gulls and terns are the most representative and dominant groups. The RPFMS also contains a good representation of Procellariiformes that mainly use the offshore waters. The main human activities

developed in the area, including urban and industrial development, commercial and recreational fisheries, and hydrocarbon exploration and exploitation, cause fragmentation and degradation of the landscape, overexploitation of resources, and pollution (e.g., chemical, light and noise pollution, among others). The environmental problems highlighted, mainly affect the movements, feeding, and health condition of seabirds using the RPFMS. Seven conservation units were identified as an approach to organise and facilitate the development and implementation of management tools. We highlight the need of reinforcing the collaboration between the different stakeholders and sectors involved in the area to mitigate the impacts on the biodiversity of seabird. Furthermore, we recommend the establishment of seabirds assemblage assessment and monitoring programmes and to develop and implement management plans for the identified conservation units.

KEYWORDS: *Argentina, fisheries, hydrocarbon exploration-exploitation, industrial development, Río de la Plata, seabird conservation, urbanisation, Uruguay*

La Plataforma Continental Atlántica Sudamericana es una de las áreas marinas más extensas del planeta; con casi 2.7 millones de km² es la plataforma continental más grande del hemisferio sur (Bisbal 1995). La importancia de las aguas contenidas en la plataforma no está solamente vinculada con su extensión, sino también con su elevada productividad logrando concentrar una importante biomasa de aves marinas entre otros grupos de predadores tope (Acha et al. 2004). Dentro de este gran ecosistema, en el extremo sureste de Sudamérica (entre las latitudes 33°44,67' y 40°30,41' S), se encuentra el sistema fluvio-marino del Río de la Plata (de aquí en más SFMRP); región del Océano Atlántico donde la descarga de agua dulce, turbia y rica en nutrientes, del Río de la Plata tiene gran impacto. Este sistema se extiende desde la Barra del Indio (comienzo de la región exterior del Río de la Plata entre Punta Piedras y Montevideo) hasta la milla 200 correspondiente a la plataforma continental. Tanto hacia el Norte y como hacia el Sur el área alcanza los extremos donde el agua proveniente del Río de la Plata llega según el patrón de vientos (Fig. 1).

El SFMRP es un ambiente complejo y dinámico que combina la influencia de los ríos Paraná y Uruguay con el océano Atlántico, generando un estuario de gran importancia biológica, ecológica, meteorológica y oceanográfica en la región del Atlántico Sur (Sala et al. 2023). Es un ecosistema altamente productivo debido a la influencia de los nutrientes transportados por los ríos previamente mencionados, y las corrientes de Malvinas y Brasil (Fig. 1). Esta productividad biológica es esencial para el mantenimiento de la biodiversidad en la región. El SFMRP es un área de desove y cría para numerosas especies de peces costeros (Cousseau 1985), explotadas comercialmente por diferentes pesquerías, y también es una importante zona de alimentación y migración de aves marinas que se reproducen en la costa Atlántica y Pacífica, así como en sitios distantes como, Aus-

tralia, Nueva Zelanda, islas Subantárticas e incluso el hemisferio norte (Favero & Silva Rodríguez 2005, Seco Pon et al. 2015). La alta productividad del SFMRP también trae aparejada la presencia de importantes actividades industriales, por lo que el ambiente se encuentra fuertemente antropizado; sobre las costas se encuentran las principales ciudades turísticas y centros de producción de Argentina y Uruguay como Mar del Plata, La Plata, Ensenada, Colonia de Sacramento,

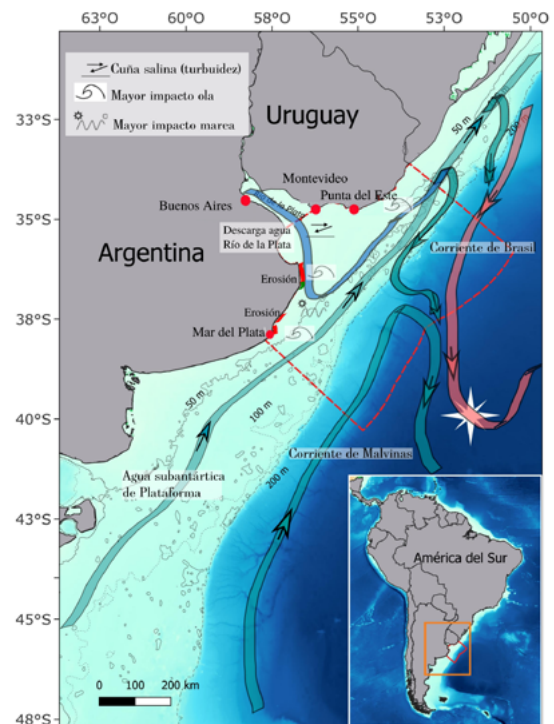


Figura 1. Ilustración de las principales masas de aguas, corrientes y procesos que ocurren en el Sistema fluvio-marino del Río de la Plata (SFMRP; extensión: 33.74°S a 40.50°S y 57.77°O a 50.05°O, delimitado por línea discontinua en rojo). Las principales ciudades se representan mediante círculos rojos. Recuadro inferior derecho: ubicación de la Plataforma Continental norte Argentina y el SFMRP en América del Sur.

Montevideo y Punta del Este. Dentro de la zona estuarial del SFMRP se encuentran canales de navegación que son constantemente dragados para permitir el tránsito de buques que navegan hacia la cuenca alta del Plata permitiendo la importación y exportación de productos de Paraguay y sur de Brasil además de Argentina y Uruguay. Varias de las playas del SFMRP se encuentran afectadas por la erosión y el retroceso de la línea de costa, siendo un problema todavía no resuelto que afecta a las comunidades y economías locales (Fig. 1) (Codignotto et al. 2011, 2012). Todo esto hace del SFMRP un sitio de gran interés para ser comprendido desde una visión integral que conjugue factores físicos, biológicos y sociales. Su conservación y manejo sostenible son fundamentales para garantizar sus hábitats, proteger su biodiversidad y los servicios ecosistémicos que proporciona.

Numerosas investigaciones elaboradas en el SFMRP dentro del campo de la ornitología marina han sido realizadas desde un enfoque biológico y/o ecológico (e.g., Escalante 1970a, Copello et al. 2001, Alfaro et al. 2011, Berón et al. 2012, García et al. 2012, Lenzi et al. 2021, Zumpano et al. 2021, Castano et al. 2022, entre otros). Muchos de estos trabajos han revelado diversos problemas de conservación, los cuales están estrechamente relacionados con actividades humanas (e.g., Escalante 1984, Jiménez et al. 2009, Lenzi et al. 2016, Berón & Seco Pon 2021, Quadri-Adrogué et al. 2021, 2022, entre otros). No obstante, hasta el momento, son pocas las investigaciones que han abordado el estudio de las aves marinas desde una perspectiva socioecológica (e.g., Zumpano et al. 2024). En este contexto, el presente trabajo ofrece una caracterización de su ornitofauna con una perspectiva ambiental del sistema incluyendo aspectos oceanográficos, bioecológicos, y de las principales actividades humanas que ocurren en el área y sus efectos sobre las aves marinas. El objetivo es realizar un diagnóstico desde un enfoque socioecológico para el SFMRP con énfasis en el ensamble de aves marinas que utiliza el área, contribuyendo a la conservación del sistema mediante la propuesta de pautas y herramientas de manejo que promuevan la conservación de la biodiversidad de aves marinas y el uso sostenible de sus ambientes.

ABORDAJE METODOLÓGICO

Para la realización de este trabajo se priorizó el análisis de fuentes que abordaran los distintos aspectos del SFMRP, permitiendo así una caracterización del sistema socioecológico bajo

estudio, con especial énfasis en las aves marinas. La búsqueda de fuentes fue dirigida en función de cada uno de los apartados tratados en el manuscrito. Se trabajó fundamentalmente con información de fuentes secundarias, complementada con datos no publicados suministrados por los diferentes investigadores e investigadoras involucrados/as en la elaboración de este trabajo. Este manuscrito implicó un análisis tanto sincrónico como diacrónico, es decir, abarcando la situación actual e histórica, con un enfoque en los temas clave para el estudio y la conservación de las aves marinas

CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA Y METEOROLÓGICA DEL SFMRP

El SFMRP se extiende desde el fin de la región exterior del Río de la Plata hasta la Plataforma Continental adyacente. Su recorrido contiene aguas dulces provenientes de los ríos Paraná y Uruguay, aguas salobres caracterizadas por la presencia de una cuña de agua salina, y aguas marinas en la región externa donde confluyen las corrientes de Brasil y Malvinas (Fig. 1). Los ríos Paraná y Uruguay en conjunto tienen una descarga media de 22500 m³/s, con picos extremos de 80000 m³/s y tan bajos como 8000 m³/s dependiendo fuertemente de los ciclos de precipitaciones asociados a El Niño - Oscilación del Sur (Jaime & Menéndez 2002).

El Río de la Plata acarrea una gran cantidad de sedimentos (ingresan al sistema entre 80 y 160 Mton/año, Moreira 2016), nutrientes y contaminantes que pueden ser depositados en la región de la Barra del Indio, donde se produce la mayor parte de la sedimentación, o en la Bahía Samborombón, donde existe una recirculación de aguas (Simionato et al. 2004) (Fig. 2). El sistema contribuye significativamente a los balances de nutrientes, sedimentos, carbono y agua dulce del Océano Atlántico Sur (Framiñan et al. 1999), afecta la hidrografía de la Plataforma Continental adyacente y la dinámica costera hasta los 23°S (Campos et al. 1999, Piola et al. 2000).

En cuanto a las características morfológicas, el SFMRP presenta una forma de embudo con orientación noroeste-sudeste, hasta el límite exterior del Río de la Plata donde la región se ensancha hasta el sur de Mar del Plata y al norte de Punta del Este. El Río de la Plata ha sido dividido en dos regiones separadas por la Barra del Indio, una barra sumergida de forma convexa entre Punta Piedras y Montevideo con profundidades de 6.5 a 7 m (Moreira & Simionato 2019, Fig. 2). La región superior está ocupada mayormente

por agua dulce y está caracterizada por bancos someros con profundidades de entre 1 y 4 m. Al este de la Barra del Indio, región exterior del Río de la Plata, se encuentra el Canal Marítimo, una depresión ancha con profundidades de 12 a 14 m al norte y 20 m al sur, que separa la Bahía Samborombón (al oeste) de una región de bancos conocida como Alto Marítimo (al este) (Urien 1972). En la región externa del SFMRP la batimetría muestra un gradiente muy leve desde la costa hasta el borde de la plataforma en la isobata de 200 m. La región costera del exterior del sistema presenta playas de arena con barras sumergidas.

El viento es el principal forzante de la circulación de aguas, afectando su dinámica en todas las escalas (Moreira & Simionato 2019). La circulación general de la atmósfera en la región está controlada por la influencia del sistema de alta presión semipermanente del Atlántico Sur. La circulación antihoraria asociada a este centro advecta aire cálido y húmedo de regiones subtropicales sobre el ambiente (Minetti & Vargas 1990). Por otro lado, sistemas atmosféricos fríos que provienen desde el sur traen masas de aire frío sobre la región con una periodicidad de alrededor de cuatro días. El pasaje de esos frentes fríos se asocia en ocasiones con tormentas convectivas conocidas como “Pamperos”. Como resultado de estas características, la circulación en la región está dominada por una alternancia de los vientos del noreste al sudoeste en una escala de pocos días (Vera & Vigliarolo 2002).

El nivel del agua en el SFMRP varía principalmente mediante tres procesos con distintos periodos: la marea, las ondas de tormenta y las olas (Alonso et al. 2024). El sistema de mareas es mixto preponderantemente semidiurno en la región marítima. Como consecuencia de la fricción, la amplitud de la marea decae en la costa uruguaya comparada con la costa argentina (Moreira & Simionato 2019). Las máximas velocidades de las corrientes de marea ocurren en los límites norte y sur de la Bahía Samborombón (Punta Piedras y Punta Rasa), mientras que en el interior sus valores son mucho menores con características rotacionales (Simionato et al. 2004). Las ondas de tormenta pueden ser positivas cuando aumentan el nivel del mar, en muchos eventos producen inundaciones o erosión en la costa; o negativas, cuando disminuye el nivel y en algunos casos producen falta de agua (Moreira & Simionato 2019). Las olas en el SFMRP provienen en su mayoría del sector sur-sureste, el clima de olas resulta de una combinación de olas de fondo (“swell”, no relacionadas con vientos locales) y las olas marinas (generadas por vientos locales), con alturas predominantes entre 0.5 y 1.5 m y periodos de 4 a 6 s cuando prevalecen las olas marinas y 10 a 12 s cuando prevalecen las olas de fondo (Dragani & Romero 2004).

La circulación general del SFMRP puede dividirse en dos, una ubicada aguas abajo de la Barra del Indio, y hacia la plataforma, donde su circulación no sólo se relaciona con la descarga y la batimetría, sino también



Figura 2. Detalle de los principales procesos que ocurren en la porción exterior del Río de la Plata, dónde comienza el SFMRP e impactan en él. Los sectores de la costa resaltados en rojo representan erosión, mientras que los verdes representan acumulación de sedimentos.

con la rotación terrestre y la estructura termohalina de la cuña de agua salina donde la salinidad domina la densidad (Simionato et al. 2004). Luego se encuentra la región externa, donde se encuentra la confluencia de las corrientes Brasil-Malvinas, la temperatura y la salinidad controlan la densidad de las masas de agua y su compleja circulación. La plataforma exterior está delimitada mar adentro por aguas frías, ricas en nutrientes y relativamente dulces provenientes de la corriente circumpolar antártica. Las aguas frías fluyen hacia el norte advectadas por la Corriente de Malvinas hasta aproximadamente 38°S, donde se encuentra con la corriente de Brasil que fluye hacia el sur y diverge hacia el este (Fig. 1). La zona de la confluencia es una barrera importante para las aguas de la plataforma (Beron-Vera et al. 2020), aunque se observan intrusiones significativas a lo largo del borde de la plataforma (Piola et al. 2010).

El SFMRP está caracterizado por la presencia de una alta producción fitoplanctónica. El aporte de detritos es importante y contribuye fuertemente al sostenimiento de las tramas tróficas. Todo el sistema constituye la zona de cría de peces más importante de la región del Atlántico Sudoccidental; sus aguas y las aguas marinas aledañas, de la plataforma adyacente, son críticas para las pesquerías costeras (Maiztegui et al. 2022). Además, el sistema soporta una gran diversidad y abundancia de aves, en particular las marinas. La productividad del sistema está regulada por los vientos, mareas, descarga de agua dulce y corrientes oceanográficas que varían entre estaciones y años (Carreto et al. 2003). Estos factores suelen operar a diferentes escalas espacio-temporales afectando diferentes comportamientos de las especies que lo habitan. Por ejemplo, en los ensambles de peces se ha observado que la variabilidad de las condiciones oceanográficas del sistema determina efectos sobre la migración, desove, y apareamiento (Jaureguizar et al. 2015). Además, para este grupo faunístico en particular se ha observado que variables como el caudal de la descarga de ríos y la intensidad de los vientos determinan el uso estacional e interanual del hábitat costero que en última instancia determina la capturabilidad y susceptibilidad de las especies (Jaureguizar et al. 2006). También se ha demostrado la relación entre variables oceanográficas y climáticas del sistema con diferentes aspectos ecológicos (alimentación y uso de área) de los ensambles de aves marinas que utilizan el área (Mauco et al. 2001, Bugoni & Vooren 2004, Mauco & Favero 2005).

BIODIVERSIDAD DE AVES MARINAS EN EL SFMRP

El sistema SFMRP alberga una importante abundancia de aves marinas principalmente durante el período no-reproductivo (Escalante 1970a, Favero et al. 2016), con un número limitado de sitios de reproducción en comparación con los encontrados a mayores latitudes (Yorio et al. 1998). Comparado con otros ambientes (Di Giacomo et al. 2007, Llanos et al. 2011), la biodiversidad de este grupo de aves puede considerarse baja (Tabla 1), sin embargo, diferentes estudios demuestran una importante abundancia para muchas de las especies de aves marinas presentes en el área bajo estudio (ver Favero et al. 2003, 2016). Dentro del ensamble de aves marinas del SFMRP se destacan algunos grupos como el de los láridos (gaviotas y gaviotines) principalmente por su abundancia. Familias dentro de los órdenes Charadriiformes y Procellariiformes se destacan por su diversidad dentro del sistema estudiado. También se destacan algunos grupos en relación a su capacidad migratoria (familias Laridae, Procellariidae y Diomedidae), endemismo (familia Laridae) y estados de conservación (Laridae, Procellariidae, Spheniscidae) (ver Tabla 1). A continuación, se realizará una breve descripción de los principales grupos de aves marinas presentes en el SFMRP:

Las gaviotas (Charadriiformes, Laridae) conforman el grupo más representativo y dominante del SFMRP. Son aves que no se encuentran limitadas a ambientes netamente marinos, sino que usan humedales, centros urbanos y sectores agrícolas-ganaderos, utilizando un amplio espectro de recursos alimenticios, incluso aprovechando aquellos provenientes de la actividad humana. La Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) es una especie con amplia distribución en el hemisferio sur. Dentro del sistema de estudio, en el extremo norte de la costa de Argentina y sobre la costa de Uruguay, se han reportado nueve sitios reproductivos (Yorio et al. 2016). En lo que refiere a la costa de Uruguay se contabilizan ocho colonias reproductivas, en su mayoría con menos de 150 parejas reproductivas; pero tres de estos sitios: Isla Verde, Isla de Lobos e Isla de Flores, presentan más de 1000, 2500 y 5000 nidos, respectivamente (Yorio et al. 2016). En cuanto a la costa de Argentina comprendida dentro del SFMRP, un único sitio reproductivo ha sido reportado para esta especie con un número muy bajo de parejas reproductoras (n= 54, Mauco et al. 2007). A lo largo de su extensa distribución es habitual observarla asociada a diferentes actividades humanas utilizando basurales, zonas portuarias, agrícolas, con

Tabla 1. Lista de las principales especies de aves marinas relacionadas a los ambientes costeros y de altamar comprendidos en el sistema fluvio-marino del Río de la Plata. Estado de conservación de la especie en Argentina (MAyDS y AA 2017), Uruguay (Azpiroz et al. 2012) y según la UICN. LC: preocupación menor, NA: no amenazada, NT: casi amenazada, VU: vulnerable, AM: amenazada, EN: en peligro, CR/EC: en peligro crítico. DIST. = distribución de la especie (R: residente, M: migrador no reproductor en el área). AB. = abundancia (ocasional [oc], escasa [1], regular [2], abundante [3], y muy abundante [4]).

Nombre vulgar	Nombre científico	Estado de conservación			DIST	AB
		Arg	Uru	UICN		
Gaviota Cangrejera	<i>Larus atlanticus</i>	VU	EN	NT	M	3
Gaviota Chica	<i>Leucophaeus pipixcan</i>	-	-	LC	M	OC
Gaviota Cocinera	<i>Larus dominicanus</i>	NA	LC	LC	R	4
Gaviota Capucho Café	<i>Chroicocephalus maculipennis</i>	NA	LC	LC	R	4
Gaviota Capucho Gris	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	NA	LC	LC	R	2
Gaviotín Golondrina	<i>Sterna hirundo</i>	NA	LC	LC	M	3
Gaviotín Sudamericano	<i>Sterna hirundinacea</i>	NA	LC	LC	M	3
Gaviotín Lagunero	<i>Sterna trudeaui</i>	NA	LC	LC	R	3
Gaviotín Real	<i>Thalasseus maximus</i>	NA	CR	LC	R	2
Gaviotín Pico Amarillo	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	NA	VU	LC	R	2
Gaviotín Pico Grueso	<i>Gelochelidon nilotica</i>	NA	LC	LC	R	1
Gaviotín Negro	<i>Chlidonias niger</i>	NA	NA	LC	M	OC
Gaviotín Chico Boreal	<i>Sternula antillarum</i>	NA	NA	LC	M	OC
Gaviotín Chico Común	<i>Sternula superciliaris</i>	NA	LC	LC	R	2
Gaviotín Antártico	<i>Sterna vittata</i>	NA	NA	LC	M	OC
Gaviotín Ártico	<i>Sterna paradisaea</i>	NA	NA	LC	M	OC
Gaviotín Marrón	<i>Anous stolidus</i>	NA	NA	LC	M	OC
Rayador Sudamericano	<i>Rynchops niger</i>	LC	LC	LC	M	3
Paloma Antártica	<i>Chionis albus</i>	NA	LC	LC	M	1
Salteador Grande	<i>Stercorarius pomarinus</i>	NA	LC	LC	M	OC
Salteador Chico	<i>Stercorarius parasiticus</i>	NA	LC	LC	M	OC
Salteador Coludo	<i>Stercorarius longicaudus</i>	NA	NA	LC	M	OC
Escúa Antártica	<i>Stercorarius antarcticus</i>	NA	LC	LC	M	OC
Escúa Canela	<i>Stercorarius chilensis</i>	EN	NA	LC	M	OC
Fragata	<i>Fregata magnificens</i>	NA	LC	LC	M	OC
Piquero del Cabo ¹	<i>Morus capensis</i>	NA	NA	EN	M	OC
Piquero Pardo	<i>Sula leucogaster</i>	NA	NA	LC	M	OC
Piquero Enmascarado ¹	<i>Sula dactylatra</i>	-	NA	LC	M	OC
Biguá	<i>Nannopterum brasilianum</i>	NA	LC	LC	R	3
Cormorán Imperial	<i>Leucocarbo atriceps</i>	NA	NT	LC	M	OC
Pingüino Rey	<i>Aptenodytes patagonicus</i>	NA	NA	LC	M	OC
Pingüino Patagónico	<i>Spheniscus magellanicus</i>	VU	NT	LC	M	2
Pingüino Penacho Amarillo	<i>Eudyptes chrysocome</i>	EN	VU	VU	M	OC
Pingüino de Macaroni	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	AM	-	VU	M	OC
Albatros Errante	<i>Diomedea exulans</i>	AM	EN	VU	M	OC
Albatros de Tristán	<i>Diomedea dabbenena</i>	NA	-	CR	M	OC
Albatros Real del Sur	<i>Diomedea epomophora</i>	VU	NT	VU	M	OC

Nombre vulgar	Nombre científico	Estado de conservación			DIST	AB
		Arg	Uru	UICN		
Albatros Real del Norte	<i>Diomedea sanfordi</i>	VU	EN	EN	M	OC
Albatros Ceja Negra	<i>Thalassarche melanophris</i>	VU	LC	LC	M	2
Albatros Pico Fino	<i>Thalassarche chrysostoma</i>	EC	NA	EN	M	OC
Albatros Frente Blanca	<i>Thalassarche salvini</i>	NA	NT	NT	M	OC
Albatros Oscuro	<i>Phoebastria fusca</i>	NA	NA	EN	M	OC
Albatros Pico Amarillo	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	EN	EN	EN	M	OC
Albatros Manto Claro	<i>Phoebastria palpebrata</i>	NA	-	NT	M	OC
Petrel Gigante del Sur	<i>Macronectes giganteus</i>	VU	LC	LC	M	2
Petrel Gigante del Norte	<i>Macronectes halli</i>	NA	LC	LC	M	OC
Petrel Barba Blanca	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	AM	VU	VU	M	1
Petrel Damero	<i>Daption capense</i>	NA	LC	LC	M	2
Petrel de Antifaz	<i>Procellaria conspicillata</i>	NA	LC	VU	M	OC
Petrel Cabeza Parda	<i>Pterodroma incerta</i>	NA	EN	EN	M	OC
Petrel Collar Gris	<i>Pterodroma mollis</i>	NA	LC	LC	M	OC
Petrel Ceniciento	<i>Procellaria cinerea</i>	NA	NA	NT	M	OC
Petrel Plateado	<i>Fulmarus glacialis</i>	NA	LC	LC	M	OC
Petrel de Trinidad	<i>Pterodroma arminjoniana</i>	NA	NA	VU	M	OC
Petrel Alas Largas	<i>Pterodroma macroptera</i>	NA	NA	LC	M	OC
Petrel Azulado	<i>Halobaena caerulea</i>	NA	NA	LC	M	OC
Petrel Plomizo	<i>Aphrodroma brevirostris</i>	NA	NA	LC	M	OC
Prion Pico Grande	<i>Pachyptila desolata</i>	NA	LC	LC	M	OC
Prion Pico Fino	<i>Pachyptila belcheri</i>	VU	LC	LC	M	OC
Paiño Vientre Negro	<i>Fregetta tropica</i>	NA	LC	LC	M	OC
Paiño Vientre Blanco	<i>Fregetta grallaria</i>	NA	-	LC	M	OC
Paiño Común	<i>Oceanites oceanicus</i>	NA	LC	LC	M	1
Paiño Cara Blanca	<i>Pelagodroma marina</i>	NA	NA	LC	M	OC
Paiño Boreal	<i>Hydrobates leucorhous</i>	NA	NA	LC	M	OC
Pardela Grande	<i>Calonectris diomedea</i>	NA	LC	LC	M	OC
Pardela Cabo Verde	<i>Calonectris edwardsi</i>	-	NA	NT	M	OC
Pardela Cabeza Negra	<i>Ardenna gravis</i>	NA	NT	NT	M	1
Pardela Oscura	<i>Ardenna grisea</i>	NA	NT	NT	M	1
Pardela Boreal	<i>Puffinus puffinus</i>	NA	LC	LC	M	1

¹Especies de aves marinas registradas accidentalmente en el SFMRP

un amplio espectro trófico, destacándose, así como especie generalista y oportunista. Trabajos previos destacan la importancia del consumo de peces óseos (e.g., Silva Rodríguez et al. 2000, Silva-Costa & Bugoni 2013, Lenzi et al. 2019, Burgues et al. 2020) con alguna incidencia de restos de origen antrópico; sin

embargo, en años más recientes se ha destacado la ocurrencia de residuos orgánicos e inorgánicos (Lenzi et al. 2019, Burgués et al. 2020). La Gaviota Cangrejera (o de Olrog, *L. atlanticus*) es otra de las gaviotas de gran tamaño que habitan en el SFMRP. Es una especie endémica de la costa Atlántica de América Sur con

una población estimada entre 4860-7790 parejas reproductoras, listada globalmente como cercana a la amenaza, pero en Argentina y Uruguay como especie amenazada (Yorio 2024) (Tabla 1). Dentro del área de estudio no presenta sitios reproductivos, pero corresponde a un amplio sector de su distribución no reproductiva que alcanza el sur de Brasil (Yorio 2024). Esta especie es reconocida por el consumo de cangrejos, que puede ser más importante y especializado en la temporada reproductiva. Sin embargo, actualmente, se reconoce que su espectro trófico se ha ampliado (Berón et al. 2013), particularmente en áreas de invernada, incorporando peces y recursos antropogénicos obtenidos por asociación a actividades de pesca comercial y recreacional (Martínez et al. 2000, Seco Pon & Favero 2011, Ravasi et al. 2019). Otros láridos frecuentes en el SFMRP son dos especies de gaviota de menor porte. La Gaviota Capucho Café (*Chroicocephalus maculipennis*) está ampliamente distribuida en el extremo Sur de Sudamérica; si bien es una especie que utiliza el ecosistema marino, reproduce en humedales cercanos a la costa en el SFMRP (ver Josens et al. 2009, Berón & Soco Pon 2024) y su dieta incluye tanto presas marinas como también carroña e insectos, estos últimos provenientes de la asociación al laboreo agrícola (Ghys & Favero 2004). También ha sido descrita como una especie cleptoparásita oportunista, asociada a especies costeras como el Ostrero Pardo (*Haematopus palliatus*) y la Gallareta Ligas Rojas (*Fulica armillata*) (García et al. 2011, 2012). Por su parte, la Gaviota Capucho Gris (*C. cirrocephalus*) presenta hábitos principalmente marinos, y ha sido reportada dentro del SFMRP haciendo uso de desechos de la actividad pesquera, tanto comercial como recreativa y cleptoparasitando especies de aves playeras (Khatchikian et al. 2002). De todas maneras, la información disponible acerca de diversos aspectos de la biología y ecología para esta especie es escasa.

Otro grupo abundante con fuerte presencia en el SFMRP es el de los gaviotines. Son especies que presentan diferente grado de dependencia a ambientes estuariales y marinos (García & Mariano-Jelichich 2005), y que también han sido reportadas dentro del SFMRP en asociación a actividades pesqueras comerciales (Seco Pon et al. 2012, 2013). Teniendo en cuenta la ocurrencia y abundancia, caben destacar dos especies de gaviotines de mayor porte y dos más pequeños. Dentro de los primeros, el Gaviotín Pico Amarillo (*Thalasseus sandvicensis eurygnathus*) reproduce principalmente en las costas de Brasil y al sur de la provincia de Buenos Aires y en la Patagonia Argentina (Yorio & Efe 2008), y presenta una pequeña colonia

en la costa de Uruguay (n=27 parejas reproductivas; Lenzi et al. 2010). Suele encontrarse a lo largo de todo el año en la zona del SFMRP ya que presenta un complejo mecanismo migratorio donde convergen grupos provenientes de colonias ubicadas al norte y al sur del estuario del Río de la Plata (Escalante 1970b, Favero et al. 2016). Por otro lado, el Gaviotín Real (*T. maximus*) presenta unas pocas colonias a lo largo de la costa de Brasil y en la Patagonia Argentina (Escalante 1985, Yorio & Efe 2008) y reproduce en una colonia mixta junto al Gaviotín Pico Amarillo en Uruguay (n=305 parejas reproductivas; Lenzi et al. 2010). Ambas especies de gaviotines son principalmente ictiófagas (Favero et al. 2003, Silva Rodríguez et al. 2005). En lo que refiere a gaviotines de menor porte, se destacan el Gaviotín Golondrina (*Sterna hirundo*) y el Gaviotín Sudamericano (*S. hirundinacea*). Ambas especies, dentro del SFMRP, presentan una dieta casi exclusivamente ictiófaga, con uso principal de ambientes marinos (Mauco & Favero 2005, Mariano-Jelichich et al. 2011). El Gaviotín Golondrina es una especie neártica que está presente en la costa atlántica de Argentina y Uruguay durante el verano austral, conformando bandadas importantes de hasta 30000 individuos, como ha sido reportado para el extremo sur de la Bahía Samborombón (Sapoznikow et al. 2002, Favero et al. 2016). Por su parte el Gaviotín Sudamericano es endémico de América del Sur y sobre la costa Atlántica reproduce desde el centro de Brasil hacia el sur de Argentina, pero en el litoral marítimo argentino las colonias se distribuyen desde el sur de la provincia de Buenos Aires hasta Tierra del Fuego (Yorio et al. 1998). En el SFMRP está presente durante su temporada no reproductiva con picos de abundancia entre septiembre y octubre. Se ha hipotetizado un acoplamiento de distribución y migratorio de estos gaviotines hacia sus sitios de reaprovisionamiento con la anchoíta (*Engraulis anchoita*) como recurso clave (Alfaro et al. 2011, Mariano-Jelichich et al. 2011, Favero et al. 2016). Otras especies de gaviotines pueden encontrarse en el SFMRP, estas si bien presentan hábitos marinos están más asociadas a estuarios costeros y humedales interiores (ver Tabla 1).

Entre las especies de aves marinas costeras emblemáticas para el SFMRP se encuentra el Rayador Sudamericano (*Rynchops niger intercedens*). El género *Rynchops* comprende únicamente tres especies de aves marinas, que se distinguen por la particular morfología de su pico, comprimido y con la mandíbula inferior notablemente más larga que la superior (Zusi 1996). Además, se caracterizan por una táctica de alimentación especializada en rayar la superficie del agua en vuelo, con la mandíbula inferior haciendo

contacto con peces en los primeros centímetros de la columna de agua (Mariano-Jelicich & Favero 2006). Dentro de este género el Rayador Sudamericano, es la única especie distribuida en el continente americano y posee tres subespecies. Entre ellas, *R. n. intercedens* se distribuye desde el este de Brasil hasta el Sur de la provincia de Buenos Aires en Argentina (Zusi 1996). En la costa atlántica, se han registrado numerosas agregaciones invernales de rayadores (Favero et al. 2001a, Branco & Fracasso 2005, Alfaro & Clara 2007). Específicamente, al este y sudeste de la provincia de Buenos Aires, los individuos utilizan estuarios como sitios de alimentación, siendo el más importante el de la Reserva de Mar Chiquita, donde se han registrado picos de abundancias que alcanzan los 14400 individuos entre los meses de noviembre y mayo (Favero et al. 2001). Estas agregaciones no-reproductivas están conformadas por individuos provenientes de diferentes colonias reproductivas (Mariano-Jelicich & Madrid 2014, Gouvêa et al. 2023). En los meses del invierno austral pueden encontrarse grupos de pocos cientos de individuos que permanecen en la zona (Favero et al. 2001b, Martínez 2001). Se reproducen en playas de grandes ríos continentales, y durante el periodo no-reproductivo migran hacia áreas costeras y se alimentan en zonas estuariales y marinas (Mariano-Jelicich et al. 2003, 2008). Los eventos de alimentación se concentran durante el crepúsculo y la noche, y las mareas bajas. Siendo una especie principalmente ictiófaga, también incluyen en su dieta, proporciones bajas de coleópteros, cefalópodos y crustáceos (Mariano-Jelicich et al. 2003).

Por último, cabe mencionar al gremio de aves marinas buceadoras. Entre las costeras el Biguá (*Nannopterum brasilianus*) es una especie ampliamente distribuida en América del Sur, que habita en cuerpos de agua dulce y marinos (Orta 1992), con una tendencia poblacional en incremento (BirdLife International 2018). Es una especie muy frecuente en las lagunas costeras de los Departamentos de Rocha y Maldonado en Uruguay (Aldabe et al. 2017, Turini Ruibal 2022), y residente en estuarios e intermareales rocosos de la costa de la provincia de Buenos Aires en Argentina (Silva Rodríguez et al. 2005). Es principalmente ictiófaga (Barquete et al. 2008), aunque también incorpora crustáceos y moluscos al espectro trófico (Beltzer 1983, Favero et al. 2001a, Casaux et al. 2013). Los individuos de esta especie suelen alimentarse de manera solitaria o grupal en ambientes estuariales y costeros (Favero et al. 2001a) registrándose incluso grupos de hasta 100 individuos alimentándose en el mar (Silva Rodríguez et al. 2005). Los pingüinos son el

componente pelágico del gremio de aves buceadoras. De las cuatro especies presentes en el SFMRP (Tabla 1) el Pingüino Patagónico (*Spheniscus magellanicus*), es el más representativo. Su población reproductiva ha sido estimada entre 1.1 y 1.6 millones de parejas (Boersma et al. 2013). Si bien se reproduce en la costa argentina al sur de los 41°S, durante la dispersión post-reproductiva se distribuye hacia el norte llegando a aguas de Brasil, utilizando aguas del SFMRP para alimentarse (Pütz et al. 2000, Stokes et al. 2014, Seco Pon & García 2022, Rebstock & Boersma 2023).

Otras especies relevantes en el SFMRP, incluidas en el gremio de aves pelágicas son los albatros y petreles (Escalante 1980, Favero & Silva Rodríguez 2005). Si bien presentan hábitos pelágicos, se las puede observar cerca de la costa (Isacch & Chiurla 1997). Estas aves se destacan por sus extraordinarias habilidades de vuelo y sus extensos viajes de alimentación o migratorios. El SFMRP es utilizado por 32 especies pertenecientes a este grupo (Tabla 1), donde las más representativas son el Albatros Ceja Negra (*Thalassarche melanophris*) (Copello et al. 2013, 2014, Seco Pon et al. 2015, González Carman et al. 2016, Paz et al. 2018, Hernández et al. 2024), el Petrel Barba Blanca (*Procellaria aequinoctialis*) (Hernández et al. 2024), la Pardela Oscura (*Ardenna grisea*) y la Pardela Cabeza Negra (*A. gravis*) (Paz et al. 2018, Hernández et al. 2024). Ninguna de estas especies posee colonias reproductivas en el área de estudio, sin embargo, utilizan permanente o estacionalmente la plataforma continental concentrándose en regiones con alta productividad (Acha et al. 2004, Favero & Silva Rodríguez 2005, Paz et al. 2024).

Finalmente se observan seis especies de aves marinas que incorporan la estrategia de alimentación de cleptoparasitismo. Estas especies se observan en baja abundancia y con variada ocurrencia. Cinco de estas corresponden a la Familia Stercorariidae y la restante a la Familia Fregatidae (Paz et al. 2019, Winkler et al. 2020). Ninguna de estas especies reproduce en la zona y se las encuentra durante el verano austral en algunos casos. En particular la Escúa Antártica (*Stercorarius antarcticus*) y la Escúa Canela (*S. chilensis*) pueden ser observadas durante el invierno austral ya que reproducen sobre la costa atlántica al sur del paralelo 44°S (Yorio 2005) (Tabla 1).

PROBLEMÁTICAS DE CONSERVACIÓN DE LAS AVES MARINAS EN EL SFMRP

Tanto Argentina como Uruguay son países inmersos en economías regidas por actividades extrac-

tivas con un uso intensivo de los recursos naturales y subordinadas comercialmente a la liberalización del capital (Gudynas 2009). En este escenario, el territorio marino y costero del SFMRP no está ajeno a dinámicas extractivas que impactan sobre las aves marinas y otros componentes de la biodiversidad. A continuación, se presenta una breve caracterización de las actividades humanas que ocurren dentro del SFMRP y se brinda información sobre los efectos de estas actividades sobre las aves marinas.

Desarrollo industrial y urbanización

El proceso de urbanización a nivel mundial ha sido calificado de explosión urbana, y es uno de los principales procesos que altera a los ecosistemas costeros, no solo por el crecimiento de las ciudades, sino también por las actividades productivas industriales y/o turísticas asociadas (Lasta et al. 2010). El proceso de industrialización dentro del SFMRP se destacó por la producción de bienes, alimentos, textiles, refinación de petróleo y tecnología sencilla. La expansión de este modelo exigió el uso de recursos sin la consideración del impacto generado sobre los ecosistemas, así la metropolización conllevó a la ausencia de planificación en el desarrollo de ciudades y la instalación de industrias en inmediaciones del Río de la Plata, desembocando en él los desechos de las industrias textiles, químicas y farmacéuticas (Brailovsky & Foguleman 1991). El litoral costero del SFMRP

ha sido afectado por actividades como la concentración de la población y sobreexplotación de recursos generando una mayor vulnerabilidad a los extremos climáticos (Nagy et al. 2007), a la erosión costera y una disminución de las diferentes unidades de paisajes presentes en sus costas (Boretto et al. 2018). Son relevantes dentro de esta región de Sudamérica las actividades turísticas, residenciales e inmobiliarias en la modificación del paisaje litoral.

Los procesos de urbanización e industrialización impactan sobre la estructura y función de los ecosistemas naturales, afectando el movimiento de los animales, su comportamiento de búsqueda de alimento, el riesgo de depredación y éxito reproductivo (e.g., Marzluff 2001, Muller et al. 2020). Durante el proceso de urbanización del litoral costero del SFMRP se han modificado, destruido y fragmentado hábitats naturales como lagunas costeras, playas arenosas, barreras medanosas, planicies de mareas y marismas, entre otras (Isla & Lasta 2010). Diferentes centros turísticos de diversa escala, puertos comerciales y deportivos, además de centros industriales se instalaron en el litoral costero del SFMRP (ver Fig. 3) ocasionando la fragmentación y alteración de los ambientes naturales y limitando el espacio disponible para el desarrollo de la vida silvestre, incluidos diferentes taxa de vertebrados (Leveau & Leveau 2004, Bellocq et al. 2017).

Las ciudades y centros industriales pueden proveer subsidios alimentarios para las aves como

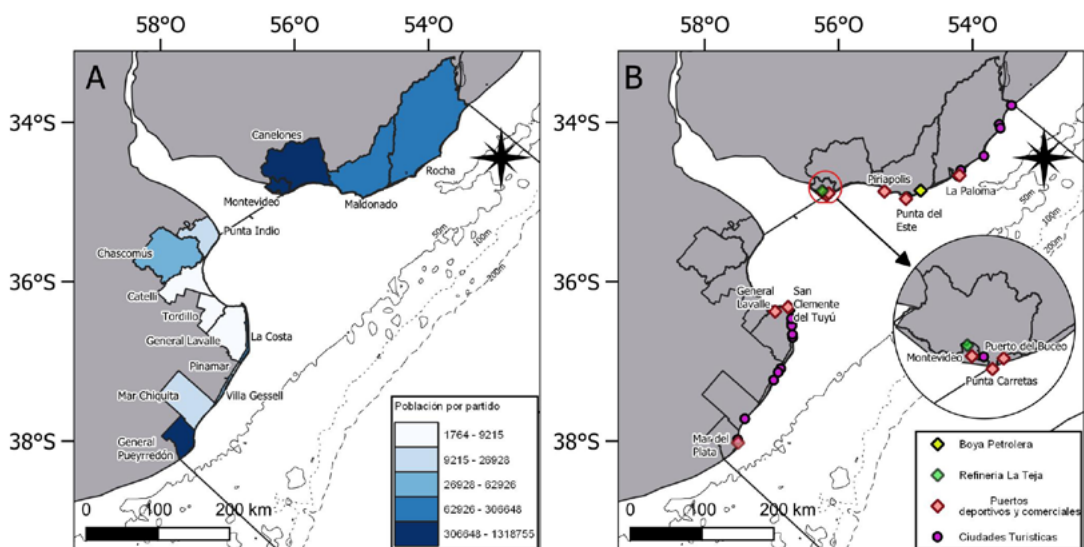


Figura 3. A. Censos poblacionales de partidos/departamentos costeros del sistema fluvio-marino del Río de la Plata (censo 2010-Argentina; censo 2011-Uruguay). B: principales sitios turísticos (de Norte a Sur: Barra de Chuy, Parque Nacional de Santa Teresa, Punta Diablo, Cabo Polonio, La Pedrera, La Paloma, Punta del Este, Montevideo, San Clemente, Las Toninas, Santa Teresita, Mar del Tuyú, San Bernardo, Mar de Ajó, Pinamar, Cariló, Villa Gesell, Mar Chiquita, y Mar del Plata), puertos (deportivos y comerciales) y centros de desarrollo industrial en la costa del SFMRP.

subproductos de las actividades humanas (Oro et al. 2013). Estos subsidios de alimentos, los cuales pueden resultar predecibles en espacio y tiempo para especies longevas como las aves marinas, pueden ayudar a mantener poblaciones de aves urbanas, atraer nuevas especies a las ciudades o crear cambios en el comportamiento natural de las especies (Griffin et al. 2017). Dentro del grupo de las aves marinas se ha observado que especies generalistas como las gaviotas aprovechan nuevas oportunidades de alimentación en vertederos de basura doméstica, zonas donde se descartan derivados de la industria cárnica y pesquera, y áreas de producción agrícola alrededor de poblaciones humanas (Huig et al. 2016, Coccon et al. 2022). Grandes ciudades y centros turísticos como Mar del Plata contienen poblaciones de gaviotas (e.g. gaviotas cangrejeras, cocineras y de capucho café) que utilizan la ciudad para alimentarse de restos de comidas derivados de actividades recreativas (turismo de sol y playa, y pesca recreacional), además de utilizar como sitios de alimentación las plantas de procesamiento de pescado en el puerto comercial de la ciudad y el centro de disposición final de residuos (Castano et al. 2023, García et al. 2023). También se ha observado que especies como la Gaviota Capucho Café se asocia a actividades de laboreo agrícola que ocurren en las inmediaciones del sistema costero (ver Ghys & Favero 2004). En la costa de Uruguay, se ha reportado que en ciudades importantes como Montevideo especies como la Gaviota Cocinera incorpora como parte de su dieta derivados de actividades humanas los cuales, además, en parte, son utilizados para alimentar a sus crías (Lenzi et al. 2016, 2019, 2021).

La contaminación por vertidos de aguas residuales y productos de síntesis química, además de la generación de residuos marino-costeros son otros de los grandes impactos que causa el desarrollo urbano e industrial en el SFMRP. El vertido de aguas residuales mal tratadas y el uso desmedido de agroquímicos utilizados en agricultura suelen llegar a las playas y lagunas costeras afectando a un número importante de aves marinas. Entre los contaminantes ambientales se pueden encontrar metales pesados (cadmio, plomo y mercurio), plaguicidas y desechos químicos industriales. Por su parte, dentro de los agroquímicos podemos mencionar los plaguicidas organoclorados que conjuntamente con los productos industriales tales como PCBs (bifenilos policlorados) y PBDEs (bifenilos polibromados) conforman los poluentes orgánicos persistentes (POPs). Los POPs están caracterizados por su alta persistencia, toxicidad crónica y ubicuidad, que les permiten ejercer efectos negati-

vos sobre los organismos que habitan los diferentes ecosistemas (Jones & de Voogt 1999). Debido a estas características, los POPs son sustancias bioacumulables y transferibles a través de los eslabones tróficos del ecosistema por procesos de biomagnificación pudiendo ejercer efectos deletéreos como disrupción del sistema endocrino y reproductor, inmunosupresión y cáncer afectando a todos los niveles jerárquicos de organización biológica (organismo, población, comunidad y ecosistema) (Jones & de Voogt 1999). En cuanto a los metales pesados, el mercurio (Hg) es un metal persistente y no esencial, conocido por su alta toxicidad y sus efectos perjudiciales en los sistemas nervioso, inmunológico, cardiovascular, renal, respiratorio, reproductivo y endocrino tanto en humanos como en animales (Risher & Amler 2005). Diferentes estudios sobre contaminantes realizados en aves marinas que utilizan tanto la costa (Gaviota Cangrejera) como altamar (Albatros de Ceja Negra, Petrel Damero y Pingüino Patagónico) en el SFMRP, evidenciaron la presencia de niveles importantes de contaminantes, tales como POPs y mercurio, en plumas (Quadri-Adrogué et al. 2019, 2021, 2022). La literatura disponible indica que, al menos para el mercurio, los niveles de este metal pesado hallados en plumas de aves marinas buceadoras en el SFMRP están por debajo de las concentraciones sugeridas para tomar acciones para la protección de dichas aves (Eisler 1987). Otros estudios, no solo han reportado la ocurrencia de residuos marino-costeros en sitios prioritarios para la conservación de aves en la costa del SFMRP (ver Seco Pon et al. 2023a), sino que también han reportado la ingesta de residuos en un número importante de Pingüinos Patagónicos varados en la costa de la provincia de Buenos Aires (Seco Pon et al. 2023b). Por otro lado, Lenzi y colaboradores (2016) hallaron la presencia de residuos (fragmentos de plástico y vidrio) en un porcentaje importante de egagrópilas de Gaviota Cocinera colectadas frente a las costas de Montevideo.

Pesquerías comerciales y recreacionales

Una de las principales actividades humanas que se desarrollan en el sistema en estudio son las pesquerías. En 1973, Argentina y Uruguay establecieron la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (ZCPAU) desde el margen externo del Río de la Plata hacia el Este comprendiendo aguas de ambos países por fuera de las 12 millas náuticas. La administración del área está a cargo de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo (CTMFM) y la Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP). Más allá de la existencia de este instrumento bilateral, cada país cuenta con su propia

administración de la actividad pesquera; el Consejo Federal Pesquero (CFP) en Argentina y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), a través de la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) en Uruguay.

El sector pesquero industrial representa un porcentaje significativo del Producto Bruto Interno (PBI) de Argentina y Uruguay; en el 2019, el rubro pesca y recolección de productos marinos representó el 0.4% del PBI Argentino (INDEC 2020). Para el sector uruguayo, alrededor del 90% de las capturas industriales sucede en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguay (CERES 2023). En el 2022, en Argentina las exportaciones pesqueras alcanzaron un total de 1823 millones de dólares (SAGyP 2023), representando entre el 2% y el 3% de las exportaciones totales y convirtiéndose al complejo pesquero industrial en el sector con mayor aporte de divisas (15.7%) a las economías regionales (SAGyP 2023).

La pesca industrial en esta región ha traído aparejados distintos conflictos socioambientales, tanto en zonas portuarias y lugares destinados al procesa-

miento de los productos provenientes del mar (Yurkievich 2013, Prieto & Banzato 2017) como en el territorio marítimo en relación al uso de distintas artes y aparejos de pesca empleadas. La pesca de arrastre, por ejemplo, se caracteriza por su baja selectividad, afectando una amplia variedad de especies esenciales para el equilibrio del ecosistema marino, y genera impactos físicos y biológicos en el lecho marino (Hiddink et al. 2017). Este conjunto de especies capturadas que no son objetivo de la pesca, forman parte de la “captura incidental” (Hall et al. 2000). Las problemáticas previamente mencionadas están acompañadas por la existencia de tensiones en las relaciones entre los actores involucrados en la actividad (Nogueira 2018, Gómez Lende 2019). La pesca industrial que ocurre en el SFMRP ha comenzado a enfrentarse a la convivencia con nuevas actividades en el territorio marítimo como la exploración y explotación de hidrocarburos, lo que ha generado conflictos por el uso del espacio en zonas donde se superponen estas actividades.

Las pesquerías artesanales son consideradas globalmente como la principal fuente de empleo para

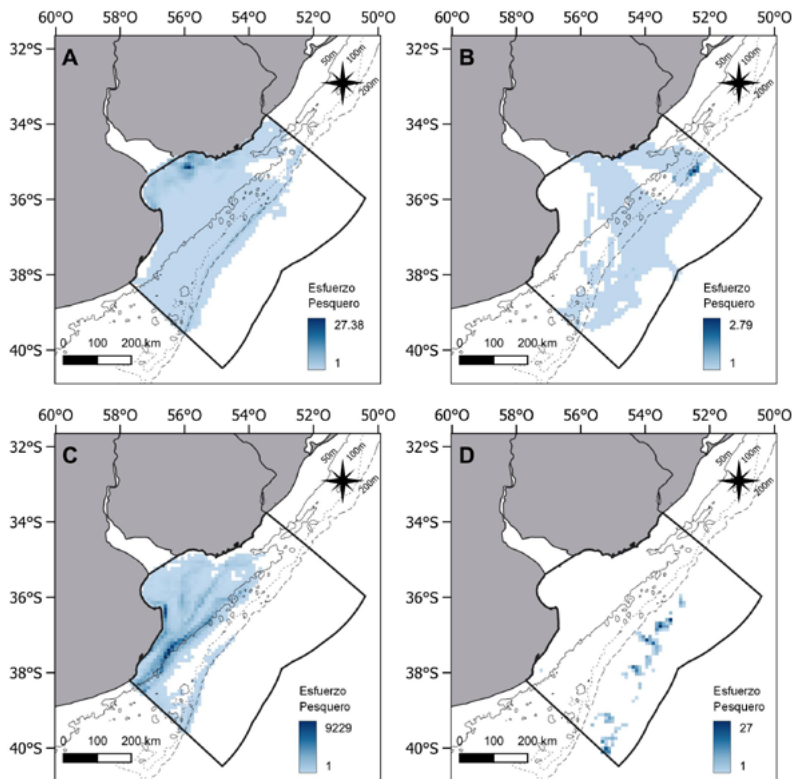


Figura 4. Distribución del esfuerzo pesquero uruguayo (A-B) (suma de horas de pesca por cuadrante de 1 km²) y argentino (C-D) (suma puntos de pesca por hora y por cuadrante de 1 km²) durante el año 2019 en el sistema fluvio-marino del Río de la Plata. Determinación de esfuerzo siguiendo protocolos estandarizados (ver Paz et al. 2023). Datos AIS, Global Fishing Watch (Uruguay) y datos VMS brindados por la Subsecretaría de Pesca de la Nación (Argentina). A y C: buques arrastreros; B y D: buques palangreros.

los trabajadores del sector pesquero, proporcionando medios de vida, seguridad alimentaria, cohesión social y cultural en las comunidades costeras (FAO 2022). Dentro del SFMRP estas pesquerías enfrentan dificultades que erosionan su estado y comprometen su futuro, como la dependencia de actividades más capitalizadas y la necesidad de empleo adicional para complementar ingresos (Allega 2012, Carman & González Carman 2016). También dentro de la pequeña escala se encuentran las pesquerías recreacionales, incluyendo la captura de organismos marinos que no constituyen un recurso para satisfacer sus necesidades nutricionales básicas (Zumpano et al. 2023). En general, la captura de una pesca recreacional no se vende ni se comercializa (FAO 2012). En un informe reciente la FAO incluye a la pesca recreacional dentro de “pescaturismo”, una actividad con potencial de generar ingresos para los pescadores y sus comunidades, pero a la vez conservando el ambiente y el patrimonio cultural local (FAO 2022). La importancia de la pesca recreacional ha sido subestimada, a menudo, sin considerar apropiadamente sus impactos, los cuales pueden ser aún mayores que los de la pesca artesanal en ciertas regiones (Lucifora 2003). Como resultado de diferentes crisis económicas, la pesquería recreacional emerge como un importante factor social y económico para muchas economías locales y regionales, aportando beneficios sociales, culturales y de salud a los que la practican y favoreciendo a la industria del turismo (Parkkila et al. 2010, García et al. 2022, Zumpano et al. 2023).

La interacción entre las aves marinas y los diferentes tipos de pesquerías ha sido señalada como una de las principales amenazas que afectan a un importante número de especies (Montevecchi 2001, Dias et al. 2019). Entre otras, esta interacción es conocida por generar (1) un aumento en la mortalidad de aves como resultado de la captura incidental o riesgo de lesiones, (2) el deterioro ambiental por reducción de abundancia de presas y efecto de la operación pesquera sobre fondos marinos y la columna de agua, (3) cambios en el comportamiento de aves inducidos por el subsidio alimentario de la actividad pesquera, en términos de descarte y desechos pesqueros, y (4) el aprovechamiento por parte de las aves de fuentes de alimento que no se encuentran habitualmente disponibles.

Dentro del SFMRP opera un número importante de pesquerías industriales (Domingo et al. 2022) (Fig. 4), alguna de las cuales puede representar una amenaza para distintas especies de aves marinas en términos de mortalidad incidental (Favero 2008, Favero

et al. 2013, Seco Pon et al. 2023c). Esta mortalidad incidental surge como desencadenante de la asociación de aves marinas a las operaciones pesqueras y el consecuente enganche, enredos o colisiones con partes del arte o aparejos de pesca utilizados. La atracción de aves es generada por la disponibilidad de carnada, descarte (especies no blanco o tallas no comerciales devueltas al mar), desechos (subproductos del procesamiento de la captura en barcos factoría, generalmente cabeza, cola y vísceras), y/o las presas contenidas en las redes, como un recurso trófico altamente predecible para las aves marinas (Favero et al. 2011). En el ámbito regional se cuenta con abundante información acerca de la mortalidad incidental de aves marinas en diversas flotas comerciales industrializadas (e.g., Favero et al. 2003, Jiménez et al. 2009, 2012, Favero et al. 2011, 2013, Paz et al. 2018, Seco Pon et al. 2023c). Una serie de acciones de conservación en el ámbito global orientadas a mitigar la mortalidad incidental en pesquerías industriales comenzó con la adopción del Plan de Acción Internacional para reducir las capturas incidentales de aves marinas (FAO 1999, 2010). Estas directrices desencadenaron procesos globales, incluyendo a Uruguay y Argentina, que llevaron a la adopción de Planes de Acción Nacional en 2007 y 2010, respectivamente y otros instrumentos de conservación a lo largo de los años (Domingo et al. 2007, CFP 2010). En 2022 ambos países, a través de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo, elaboraron un Plan de Acción Regional Aves Marinas con aplicación en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (Domingo et al. 2022). Esta herramienta binacional fue creada con el objetivo de dar un marco formal, conceptual y operativo para contribuir a mejorar el estado de conservación de las aves marinas cuyo rango de distribución incluye a la ZCPAU.

Aunque con áreas de carencia de información en ciertas zonas y/o pesquerías, resulta clara la existencia de interacciones entre las aves marinas y pesquerías de distinta escala en el SFMRP, inclusive las artesanales y recreacionales (e.g., Berón & Favero 2010, Seco Pon et al. 2012, 2013, Zumpano et al. 2024). En términos generales los efectos de la pesca comercial sobre la avifauna han sido reportados en el extremo Norte del SFMRP, con énfasis en pesquerías de palangre pelágico, donde se ha evidenciado la asociación de al menos 38 especies de aves marinas – con una importante contribución relativa de albatros y petreles (ver Jiménez et al. 2011). La literatura disponible sobre la mortalidad incidental de estas aves en dichas pesquerías, indica tasas de captura por unidad de esfuerzo en el orden de los 2.5 aves cada 1000 an-

zuelos (Jiménez et al. 2009). En relación a los efectos de la pesca recreacional y en algunos casos artesanal sobre las aves marinas, los mismos han sido recientemente registrados y cuantificados en el extremo Sur del SFMRP (Berón & Seco Pon 2021, Zumpano et al. 2024). Muchos de los residuos generados por este tipo de pesquerías como nylon, polietileno y polipropileno son de muy baja biodegradación y pueden permanecer sin alteración en el ambiente marino por décadas (Moore 2008). Por lo tanto, los restos de equipos de pesca recreacional que son abandonados o perdidos en ambientes costeros representan una seria amenaza de contaminación crónica y, como efecto agudo, un problema de mortalidad incidental para aves marinas. Investigaciones recientes han reportado lesiones leves, moderadas y letales en al menos diez especies de aves marinas en el SFMRP (Berón & Seco Pon 2021). Estas especies resultan afectadas al asociarse a los pescadores y al ser atraídas por la disponibilidad de subproductos de la pesca (en términos de restos de carnada, desechos por procesamiento de la captura y también parte de la captura no utilizada), y luego lesionarse con anzuelos, tanzas y otros residuos. Resulta clara la necesidad de incorporar el rol y las acciones de los pescadores dentro de un marco socioecológico que mejore las posibilidades de un manejo efectivo de esta actividad (Johnston et al. 2012, García et al. 2022). Los trabajos que abordan la problemática de la disposición responsable de residuos generados por la pesca recreacional y artesanal son escasos, pero ha sido re-

cientemente abordada en la región (Cabral et al. 2019, García et al. 2021, 2022). Varias estrategias han sido implementadas para mitigar esta amenaza, incluyendo la limpieza de playas, campañas de concientización, y la instalación de contenedores de residuos, entre otros (ver García et al. 2021). La factibilidad y efectividad de estas estrategias aisladas dependen de varios factores que incluyen el entendimiento de la composición y abundancia de los residuos marinos y su variabilidad espacio temporal, así como el abordaje de las prácticas pesqueras y la dimensión social en la cual los residuos son generados (Hastings & Potts 2013, Lewin et al. 2020, García et al. 2021).

Exploración y explotación de hidrocarburos

Entre las décadas del 1980 y del 2000, la exploración y explotación de hidrocarburos en el Mar Argentino se daba principalmente en la región conocida como la Cuenca del Golfo San Jorge, ubicada en la costa patagónica, y en la Cuenca Austral - Malvinas Oeste (Aus-MLO). Entre el 2016 y el 2017 se autorizó a una compañía noruega a realizar exploración sísmica en la zona norte de la Plataforma Continental Argentina. En el 2018 se inició la “Ronda 1 Costa Afuera Argentina”; y al año siguiente, se asignaron 18 áreas de exploración de hidrocarburos a 13 empresas (FARN 2022) (Fig. 5). A fines de 2021, la autorización por parte del gobierno argentino de tres nuevas áreas de exploración en altamar frente a las costas de la pro-

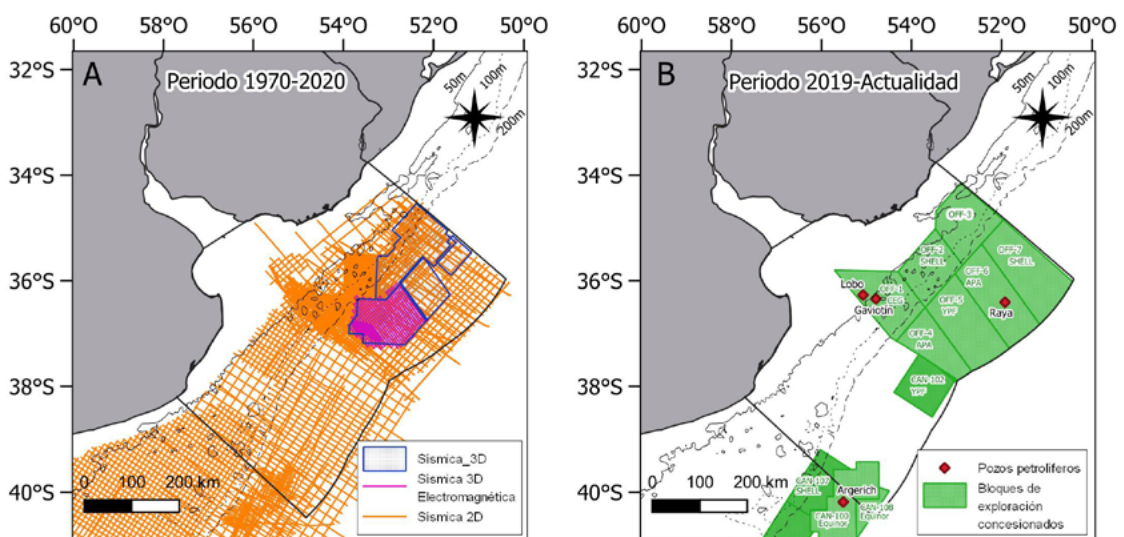


Figura 5. A: Mapeo de líneas de exploración sísmicas 2D y áreas sísmicas 3D asociadas al sistema fluvio-marino del Río de la Plata. B: áreas de prospección y potencial explotación (bloques) establecidos en la Ronda Uruguay Abierta -para Uruguay- y en la Ronda 1 -para Argentina, y pozos petrolíferos dispuestos en el área.

vincia de Buenos Aires, y con una relación estrecha con el sistema fluvio-marino del Río de la Plata, dio comienzo a un conflicto socioambiental que continúa vigente (Gorostegui Valenti et al. 2023). En Uruguay, la Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP) ha realizado exploraciones sísmicas y perforaciones en la Zona Económica Exclusiva (ZEE) uruguaya desde la década de 1970. A partir del 2002 y hasta el 2011 se incrementó la frecuencia de las prospecciones (ANCAP 2012), realizando cuatro campañas de relevamiento sísmico, en dos rondas internacionales (Marín et al. 2013) (Fig. 5). En la “Ronda Uruguay II” se ofreció un área de prospección equivalente al 83 % de la ZEE uruguaya. Al igual que sucedió en Argentina, en 2016 a partir de negociaciones con las Naciones Unidas (ONU), Uruguay amplió su Plataforma Continental hasta las 350 millas, expandiendo su frontera de explotación petrolífera. La ANCAP llevó a cabo la segunda ronda de la Licitación Abierta en el 2022 y como resultado dos bloques costa afuera fueron adjudicados.

La exploración de hidrocarburos dentro del SFMRP se realizó mediante prospección sísmica; un método clásico donde se utiliza sonido para la localización de depósitos de petróleo y gas a gran profundidad. Este sonido es considerado un contaminante, ya que es de alta intensidad y baja frecuencia y por ende es detectable en el rango de capacidad auditiva de diversos organismos marinos, tales como peces óseos, reptiles y mamíferos (Croll et al. 1999, Slabbekoorn et al. 2010, Nelms et al. 2016). Estudios recientes confirman que aves marinas, principalmente aquellas con hábitos buceadores, tienen la capacidad de oír (y responder a) sonidos de baja frecuencia (Crowell et al. 2015, Rasmussen et al. 2022). Este tipo de contaminación puede ocasionar cambios en las áreas de alimentación preferenciales por aves marinas buceadoras (Pichegru et al. 2017, Seco Pon et al. 2019). El único estudio realizado en aguas argentinas proporciona evidencia de un comportamiento de evitación por parte de un ensamble de aves marinas a los sonidos generados por una evaluación sísmica 3D al este de Tierra del Fuego. Por ejemplo, las aves marinas resultaron más abundantes durante operaciones de exploración en ausencia de actividad sísmica (i.e., el buque no colecta datos) (Seco Pon et al. 2019). En el SFMRP son realmente escasas las investigaciones acerca del impacto ecológico de la exploración sísmica sobre aves marinas. Evaluaciones a campo realizadas en aguas uruguayas sugieren que las aves marinas no se ven afectadas por la operatoria de buques de prospección sísmica 3D (Rubio et al. 2015). Sin embargo,

debemos considerar que esa evaluación se realizó mientras el buque realizaba operatorias pesqueras y los resultados de los conteos de aves asociadas al buque podrían estar influenciados por la abundancia de peces capturada, ya que esta actúa como un atractor. Más allá de esto, el mismo estudio encuentra que la abundancia de aves marinas fue mayor hacia aguas profundas de la plataforma uruguaya, alcanzando sus máximos valores de abundancia sobre el talud continental durante la fase activa (i.e., colectando datos) del buque sísmico evaluado (Rubio et al. 2015).

UNIDADES DE CONSERVACIÓN EN EL SFMRP

A través del análisis de la literatura consultada durante el trabajo, de las áreas naturales protegidas existentes y de las diferentes figuras de conservación presentes en el SFMRP (reservas de biósfera, sitios Ramsar, AICAs, entre otras), se agruparon las áreas naturales protegidas y otros instrumentos relevantes a lo largo del área de estudio en siete unidades de conservación (UC) de gran importancia para las aves marinas (Fig. 6).

Las unidades de conservación identificadas en el SFMRP son reconocidas como territorios con características naturales y recursos ecosistémicos relevantes dentro de las cuales confluyen un conjunto de reservas y figuras de conservación, con diferentes objetivos y niveles de manejo, posibilitando la incorporación de estrategias para el logro de un ordenamiento ambiental del territorio costero y marino que permita el desarrollo sostenible y la conservación de las aves marinas y otros componentes de la biodiversidad. Sobre el litoral costero de Uruguay la protección está dada principalmente por reservas públicas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) que dependen del Ministerio de Ambiente de Uruguay. En la costa norte de Argentina, la protección está dada principalmente por el Ministerio de Ambiente de la provincia de Buenos Aires; la conservación en este sector de la costa argentina se constituye con un conjunto de Reservas Naturales Provinciales creadas en el marco de la Ley Provincial 10907. A continuación, se realiza una breve descripción de dichas unidades de conservación.

Cabo Polonio y Cerro Verde

Esta unidad de conservación incluye el conjunto de islas costeras desde Cabo Polonio hasta Barra del Chuy-La Coronilla (AICA UY022) (Isla Rasa, Isla Encantada, Isla Redonda, Isla del Marco, Isla Seca, Isla Verde e Islote Coronilla) (Fig. 7A). También incluye la laguna

Los Castillos; sitio reconocido como área natural protegida y AICA-UY020 (Aldabe et al. 2009). Dos figuras internacionales están presentes dentro de esta UC: un sitio Ramsar (Bañados del Este y Franja Costera) y una Reserva de la Biósfera (Bañados del Este, AICA UY021). Las islas, a excepción de Isla Verde e Islote Coronilla, son parte del Parque Nacional de Islas Costeras. Estas islas se caracterizan principalmente por la presencia de colonias reproductivas de lobos y aves marinas. El grupo de islas enfrente a Cabo Polonio y Valizas compuesto por Isla Rasa, Isla Encantada, Isla Redonda, Isla del Marco e Isla Seca, forman parte del Área Protegida Cabo Polonio. Hasta el momento solo existen registros de reproducción de Gaviota Cocinera en tres de estas islas: Isla Seca e Isla Rasa con menos de 100 parejas cada una e Isla del Marco con menos de 50 parejas (Yorio et al. 2016). Por último, Isla Verde e Islote Coronilla forman parte del Área Protegida Cerro Verde. Isla Verde, presenta una colonia de nidificación de Gaviota Cocinera de unas 1.000 parejas (Yorio et al. 2016) y una colonia mixta de nidificación de Gaviotín Real (350 parejas) y Gaviotín Pico Amarillo (27 parejas) (Lenzi et al. 2010). Otras especies de aves que se observan comúnmente en la isla son el Biguá y varias especies de aves playeras migratorias. En el Islote Coronilla, también fue registrada la reproducción de la Gaviota Cocinera, Gaviotín Real y Gaviotín Pico Ama-

rillo (Lenzi et al. 2010).

Isla Lobos y lagunas de Maldonado y Rocha

Esta unidad de conservación incluye la desembocadura del Humedal del Arroyo Maldonado, Laguna de José Ignacio, Laguna Garzón, y Laguna de Rocha. Además, incluye puntas rocosas (Punta Colorada, Punta Ballena, Punta del Este, Faro de José Ignacio) y la Isla Lobos (Fig. 7B). La UC contiene figuras de AICAS (UY016, UY017, UY018, UY019; Aldabe et al. 2009), áreas naturales protegidas (Laguna de Rocha y Laguna Garzón), Sitio de Importancia Regional para la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (Laguna de Rocha), Sitio Ramsar (Laguna de Rocha), y parte del frente costero de una Reserva de Biósfera (Bañados del Este, AICA UY021). Las lagunas previamente mencionadas tienen la particularidad de ser cuerpos de agua salobres con conexión permanente o estacional con el Océano Atlántico. Esto genera que, próximo a sus desembocaduras, se formen ecosistemas de marismas con la presencia de diversas especies de cangrejos, moluscos y peces (Lercari & Defeo 2006, Meerhoff et al. 2013, Delgado 2023). Desde el punto de vista ornitológico dentro de esta unidad de conservación es común observar grandes cantidades de individuos de Gaviota Cangrejera descansando o alimentándose en los cangrejales (Berón et al. 2012); hasta 226 individuos han sido registrados en Laguna José Ignacio (Azpiroz & Caballero-Sadi 2017). Además, se observan otras especies de gaviotas (cocinera y capucho café), gaviotines, biguás y rayadores sudamericanos (Alfaro & Clara 2007, Alfaro et al. 2011, Wetlands International 2024). En la barra de la Laguna de Rocha se han registrado bandadas de hasta 5000 gaviotines sudamericanos (Alfaro M., datos no publicados). La Isla de Lobos contiene una colonia de reproducción de Gaviota Cocinera de unas 2500 parejas reproductivas (Yorio et al. 2016). En los alrededores de esta isla y en parte del frente marítimo de la unidad de conservación se observan diversas especies de aves marinas como el Petrel Gigante, Pingüino de Magallanes, Albatros Ceja Negra y Petrel Barba Blanca (Aldabe et al. 2006).

Montevideo e Isla Flores

Esta unidad de conservación se enclava en el departamento de Montevideo. Contiene tres sitios de interés ornitológico: la playa de la Estacada, la Isla de las Gaviotas y la Isla de Flores (Fig. 7C). La Estacada es una playa entre dos puntas rocosas, Punta del Canario y Punta Carretas. A lo largo de su extensión de unos 3,5 km se extiende un cordón rocoso con pequeños

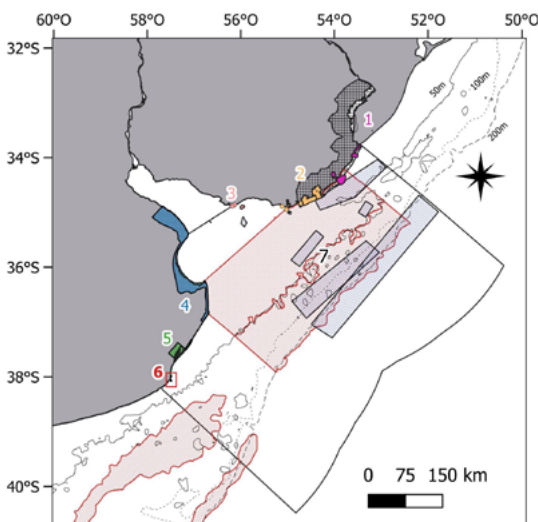


Figura 6. Unidades de conservación relevantes para las aves marinas a lo largo de la costa y frente marítimo del sistema fluvio-marino del Río de la Plata: 1 Cabo Polonio y Cerro Verde, 2 Isla Lobos y lagunas de Maldonado y Rocha, 3 Montevideo e Isla Flores, 4 Bahía Samborombón, 5 Mar Chiquita, 6 Mar del Plata y 7 Altamar. Las áreas sombreadas en rojo muestran áreas de alto valor de conservación identificadas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina. Las áreas en azul destacan las áreas de alto valor de conservación identificadas por el Ministerio de Ambiente Uruguay.

parches de playa arenosa angosta. En la Estacada podemos observar diversas especies de aves marinas y costeras que utilizan el sitio para descansar y alimentarse. Entre las especies más comunes asociadas a este sitio podemos mencionar la Gaviota Capucho

Café, Gaviota Cocinera, Biguá, Gaviotín Pico Amarillo, Gaviotín Real, Gaviotín Lagunero y también es posible encontrar a la Gaviota Cangrejera (Sarroca et al. 2006). La Isla de las Gaviotas es una pequeña isla a 400 m de la costa de Montevideo que fue declarada

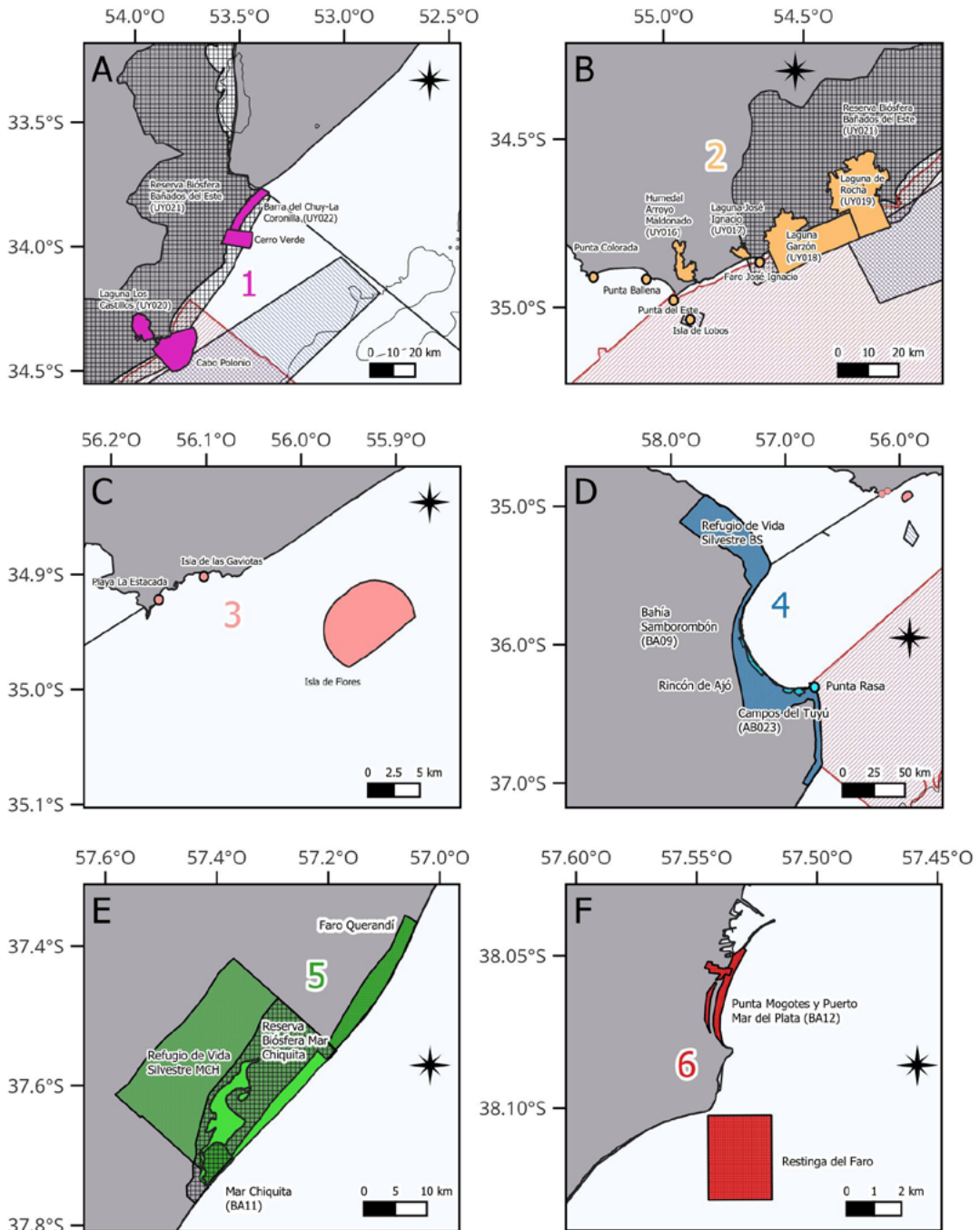


Figura 7. Detalle de instrumentos contenidos en las unidades de conservación costeras identificadas para el sistema fluvio-marino del Río de la Plata. A- Cabo Polonio y Cerro Verde, B- Isla Lobos y lagunas de Maldonado y Rocha, C- Montevideo e Isla Flores, D- Bahía Samborombón, E- Mar Chiquita, y F- Mar del Plata. Los números de las unidades de conservación se corresponden con los detallados en la figura 6.

Reserva Nacional en 1990. En ella reproduce la Gaviota Cocinera (aproximadamente 115 parejas; Yorio et al. 2016). Por su parte, la Isla de Flores, ubicada a 10.5 km de la costa de Montevideo, fue declarada Parque Nacional en 2018. En esta isla nidifica la Gaviota Cocinera (aproximadamente 5000 parejas reproductoras, Yorio et al. 2016). Las gaviotas en dicha colonia, al igual que muchas otras cercanas a grandes centros poblados, se abastece en buena parte de desechos humanos que utilizan para alimentar a sus pichones (Lenzi et al. 2019, 2021). En el sitio es posible observar algunas especies migratorias poco comunes como la Escúa Parda (Wetlands International 2024).

Bahía Samborombón

Situada en las proximidades de la desembocadura del Río de la Plata, esta unidad de conservación está conformada por un Refugio de Vida Silvestre, dos Reservas Naturales de Objetivo Definido (Bahía Samborombón y Rincón de Ajó), dos Reservas Naturales Integrales (Bahía Samborombón y Rincón de Ajó), el Parque Nacional Campos del Tuyú, la Reserva Natural de la Defensa Faro San Antonio y la Reserva Natural Municipal Punta Rasa (Fig. 7D). Además, el área es reconocida por contener dos AICAs (BA09 y BA023) y es considerada Sitio de Importancia Regional para la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras. Las figuras previamente mencionadas complementan a la declaración de Sitio Ramsar en Samborombón, dando diferentes grados de protección a toda la bahía y sus ambientes costeros y marinos adyacentes. En términos ornitológicos, esta unidad de conservación es reconocida por albergar una importante diversidad de aves playeras y marinas, además de aves de pastizales costeros. El área durante los meses estivales alberga gaviotines golondrinas que utilizan la bahía como sitio de descanso y alimentación durante su migración (Mauco & Favero 2005). Durante el invierno austral el sitio contiene un número importante de individuos de Gaviota Cangrejera. Otras especies como la Gaviota Cocinera no solo se alimentan en la bahía, sino que también se reproducen localmente (Mauco et al. 2007). Bahía Samborombón es un sitio recreativo clave en la costa bonaerense. La pesca recreacional, y los deportes acuáticos como el kitesurf (principalmente en Punta Rasa) son comunes durante todos los meses del año.

Mar Chiquita-Faro Querandí

Esta unidad de conservación está situada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires conteniendo ecosistemas de dunas con la fauna y flora característi-

cas de la barrera medanosa oriental bonaerense, canchales, bañados, arroyos y lagunas. Incluye playas de arena sobre el litoral marino-costero y un importante ambiente estuarial en la zona de la desembocadura de la laguna costera. La laguna y su frente costero se reconocen como uno de los principales puntos de pesca recreacional de la costa bonaerense. La Reserva Natural Provincial de Mar Chiquita se complementa con un Refugio de Vida Silvestre, con la Reserva de Biosfera Parque Atlántico Mar Chiquito, la Reserva Natural de la Defensa Campo Mar Chiquita-Dragones de Malvinas, la Reserva Municipal Mar Chiquita y la Reserva Natural Municipal Faro Querandí, que, en conjunto, conforman una unidad territorial continua de conservación (Fig. 7E). Mar Chiquita es un AICA (BA11) y Sitio de Importancia Regional para la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras. Dentro del ensamble de aves marinas y costeras de Mar Chiquita-Faro Querandí se encuentra el Rayador Sudamericano, varias especies de gaviotines y distintas especies de aves playeras, que utilizan el lugar como zona de reabastecimiento (Favero et al. 2001a, 2003, Martínez 2001, Martínez-Curci & Petracci 2016). En términos de abundancia de especies de aves marinas se han reportado hasta 14453 individuos de Rayador Sudamericano (Martínez 2001), y hasta 3000 individuos de Gaviotín Golondrina (Favero et al. 2001a). Mar Chiquita es utilizada entre los meses de mayo y octubre por un número importante de individuos de Gaviota Cangrejera registrándose grupos de alimentación que pueden superar los 100 individuos (Zumpano et al. 2021, Zumpano & García 2022). Dentro de esta unidad de conservación, más precisamente en el Refugio de Vida Silvestre, nidifica la Gaviota Capucho Café, sin embargo, se desconoce el número de parejas que conforman la colonia reproductiva (ver Chiaradía et al. 2019).

Mar del Plata

En el extremo sur del litoral costero del SFMRP se encuentra la unidad de conservación de Mar del Plata conformada por la Reserva Natural Puerto Mar del Plata, la Reserva Restinga del Faro, la Reserva Municipal Lagunas de Punta Mogotes y un sector de playas arenosas reconocida como AICA (BA12) (Fig. 7F). Esta unidad de conservación integra diversos ambientes costeros e incluye una fracción del mar. Su enclave está dentro de una zona donde se desarrollan actividades de distinta índole, tanto fabriles como turísticas, por lo cual puede considerarse como un espacio de amortiguación entre dichos usos y el área urbana perteneciente a la ciudad de Mar del

Plata (principal ciudad de la costa argentina). La recreación en esta unidad de conservación se da a lo largo de todo el año siendo el turismo de sol y playa lo más practicado. Dentro del AICA-BA12 se destaca la presencia de la Gaviota Cangrejera, particularmente durante casi todos los meses del año. Esta unidad de conservación, además, es utilizada por otras especies de gaviotas (Gaviota Cocinera, Gaviota Capucho Café y Gaviota Capucho Gris) y gaviotines (Sudamericano, Lagunero, Real y Pico Amarillo) que utilizan el puerto y mar cercano como zona de alimentación (Di Giacomo 2005, Savigny 2001, 2002). Además, dentro de la Reserva Municipal Lagunas de Punta Mogotes recientemente se ha encontrado un sitio de nidificación de las gaviotas capucho café y gris, con 37 y 26 parejas reproductivas, respectivamente (Berón & Seco Pon 2024). Los números máximos de gaviotas cangrejas registrados para las playas populares de Mar del Plata superan los 80 individuos (García G., datos no publicados). En el sector costero se ha registrado la presencia de hasta 4000 individuos de Gaviotín Sudamericano (Savigny 2001). La zona del mar adyacente a la costa y que complementan la unidad de conservación son frecuentadas por aves pelágicas amenazadas como el Albatros Ceja Negra, el Petrel Gigante y el Petrel Barba Blanca (Isaach & Chiurla 1997).

Altamar

El espacio marino de Uruguay cuenta con siete sitios de particular relevancia para su conservación (Expte. 2022/021439, R.M. 1152/2022, Ministerio de Ambiente de Uruguay) (Fig. 6). En la actualidad, el Ministerio de Ambiente de Uruguay propone incluir estos siete sitios como áreas marinas protegidas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). En el espacio marítimo de Argentina se determinó un sitio como área de alto valor de conservación dentro del SFMRP (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina, Sistema Integral de Información Ambiental, Centro De Información Ambiental; Falabella 2014) (Fig. 6, Unidad de Conservación 7). Además, otras dos áreas determinadas como de alto valor de conservación ingresan parcialmente al sistema en estudio. Estos sitios no están incorporados como áreas protegidas sin embargo están siendo considerados como sitios de importancia ecológica y/o biológica en el proceso de planificación espacial marina que se viene desarrollando desde la Iniciativa Interministerial Pampa Azul (Sala et al. 2023).

Problemáticas ambientales registradas dentro de las

unidades de conservación

Las unidades de conservación identificadas en este trabajo presentan problemas ambientales vinculados al crecimiento poblacional y las actividades turísticas, recreativas y extractivas las cuales impactan directamente en los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas representados en las mismas. El porcentaje de áreas protegidas marino-costeras que carecen de planes de manejo vigentes, quedando su implementación atada a decisiones arbitrarias y sectoriales en algunas zonas del área de estudio es realmente importante. Además, un número significativo de las figuras de conservación que conforman las UC identificadas hacen referencia a un modelo de conservación flexible con las actividades humanas (e.g., áreas protegidas de usos múltiples). En términos generales, en las UC tienen lugar diversas problemáticas en torno a los usos del territorio tales como aquellos derivados de la generación creciente de residuos sólidos urbanos y residuos derivados de actividades recreativas (García et al. 2021, Seco Pon et al. 2023a). Otras problemáticas ambientales identificadas son la aplicación de agroquímicos sin control en las cuencas que contienen las UC y la extracción ilegal de arena de la barrera medanosa costera (Morea 2019, Cabral et al. 2019, 2022). A su vez, en estos sitios surgen problemáticas que afectan no solo a la biodiversidad, sino que además a la calidad del agua debido principalmente al crecimiento de la urbanización hacia el interior de las áreas protegidas, el cambio en el uso del suelo sobre sus cuencas y la apertura artificial de las barras arenosas en las lagunas costeras (Rodríguez-Gallego et al. 2017, Delgado 2023, Cabral et al. 2024). La introducción de especies exóticas, la quema de pastizales costeros, y la práctica sin control de actividades recreativas como el kitesurf y la pesca recreacional son también amenazas comunes en las diferentes UC definidas (e.g., Etchegoin et al. 2012, Stellatelli et al. 2014, Morea 2017, Gorostegui Valenti et al. 2024, Rocca et al. 2024).

CONSIDERACIONES FINALES PARA EL ÁREA: IDEAS EN LA BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

La degradación ambiental de hábitats en el SFMRP es resultante de la expansión agropecuaria, urbana e industrial, y el deficiente manejo de actividades humanas comerciales y recreacionales (ver Canevari et al. 1998). La alta conectividad dentro del sector marino del SFMRP es el resultado de las diferentes variables oceanográficas y meteorológicas que actúan en el área (ver Fig. 1 y 2). Además, el tráfico marino

que ocurre desde altamar a los puertos comerciales costeros también actúa como otra fuerza de conexión dentro del sistema estudiado (ver Fig. 3). Esto hace evidente la necesidad de generar propuestas de manejo desde una visión integral para toda el área.

Aunque el área de interés no se caracteriza por contener importantes sitios reproductivos de aves marinas como los que pueden encontrarse a mayores latitudes, debe destacarse que la calidad de los hábitats de invernada puede ser tanto o más crucial para la historia de vida de las aves marinas que la calidad de los sitios reproductivos. Temporadas de baja calidad en sitios de invernada generalmente se traducen en menores tasas de supervivencia de individuos reproductores y juveniles, así como significativos cambios en los ritmos migratorios y la consecuente alteración de la cronología reproductiva (Favero & Becker 2006). En este sentido, nos parece importante destacar la importancia del SFMRP como sitio de invernada y reaprovisionamiento para las diferentes especies de aves marinas que visitan el área.

La creciente urbanización e industrialización en el SFMRP no escapa de las tendencias observadas en el ámbito regional y global. Estos procesos se consideran como los principales forzantes antrópicos de los ecosistemas costeros con efectos sobre la distribución, diversidad, riqueza específica, y estrategias de vida de las aves, entre otros. En ciertos casos las especies pueden desplazarse hacia áreas con menor grado de impacto, pero para otras más oportunistas, la disponibilidad de recursos tróficos (entre otros) en zonas urbanizadas puede resultar atractivo. Esto último puede interpretarse a primera vista como un efecto positivo, sin embargo, son situaciones que aún necesitan ser estudiadas en profundidad (e.g., Battin 2004). La contaminación proveniente de aguas residuales y agroquímicos, además de la generación de residuos en las zonas urbanizadas y centros industriales costeros del SFMRP afectan en la actualidad a un número importante de aves marinas (Lenzi et al. 2016, Quadri-Adrogué et al. 2019, 2021, 2022, Berón & Seco Pon 2021, Seco Pon et al. 2023b, entre otros).

En ambientes costeros y de altamar del sistema aquí estudiado, otro problema de conservación que ha dominado la agenda durante las últimas décadas ha sido la mortalidad incidental de aves marinas en pesquerías comerciales y no comerciales de diversa escala (ver Favero et al. 2003, Jiménez et al. 2009, 2012, Favero et al. 2011, 2013, Paz et al. 2018, Seco Pon et al. 2023c, entre otros). En pesquerías comerciales de altamar esta mortalidad afecta principalmente a aves

pelágicas como albatros y petreles, mientras que, en pesquerías costeras, incluyendo las artesanales y recreacionales, un número importante de aves marinas han sido registradas durante la asociación a estas actividades (Zumpano et al. 2024). Nuevamente, si bien a primera vista cualquier subsidio alimentario para las aves, como podrían ser los descartes y desechos de la actividad pesquera, puede ser leído como beneficioso, es ampliamente sabido que esta provisión de alimento está estrechamente relacionada con la mortalidad incidental en pesquerías, factor central en el empeoramiento del estado de conservación de muchas especies de aves. Las pesquerías costeras también han sido reconocidas como proveedores de contaminación por residuos (ver García et al. 2021); residuos de muy baja biodegradabilidad, que pueden permanecer sin alteración en el ambiente marino por décadas e impactar las aves marinas y sus ecosistemas.

Aunque aún incipiente en el SFMRP, la explotación hidrocarbúfera tiene potencial de desarrollarse a niveles que afecten los ecosistemas marino-costeros y su biodiversidad. Debe tenerse en cuenta que muchos de estos procesos de industrialización traen aparejados el incremento del tráfico marino, aéreo y terrestre y consecuentes riesgos de derrames de hidrocarburos, contaminación sonora, entre otros. La producción de hidrógeno verde mediante la instalación de usinas eólicas marino-costeras debe también destacarse como otro de los desarrollos industriales incipientes y con potencial de presentar riesgos ambientales en un futuro mediano. Tanto Argentina como Uruguay han sido señalados como los países con mayor potencial para el desarrollo de energía eólica de Sudamérica. La eventual presencia de parques eólicos marinos o costeros en el SFMRP requerirá del adecuado planeamiento para mitigar efectos conocidos sobre las aves marinas, tales como colisiones directas con estructuras, el desplazamiento por perturbaciones causadas por turbinas en funcionamiento, y efectos de barrera que afectan las rutas migratorias, entre otros (Best & Halpin 2019). Por su parte en Uruguay el proceso de instalación de usinas en el sector costero está avanzado. ANCAP ofrece las primeras cuatro áreas de una superficie promedio cada una de 700 km², ubicadas a más de 35 km de la costa, en profundidades de agua de entre 20 y 50 m aproximadamente. Estas áreas fueron definidas mediante los principios de la Planificación Espacial Marina considerando no sólo los sitios marinos prioritarios propuestos por el Ministerio de Ambiente de Uruguay, sino también el posible solapamiento con otros usos y actividades en el sector costero tales como el tráfico y operaciones marinas, la

pesca y la presencia cables submarinos.

Las evaluaciones de riesgo ambiental son herramientas dinámicas y multidisciplinarias ampliamente utilizadas en tiempos recientes para comprender y abordar los problemas ambientales de manera efectiva, estandarizando la identificación de problemas de conservación, la caracterización de los riesgos y las susceptibilidades de las especies expuestas. La conservación y restauración de los ecosistemas marinos y estuariales ha sido en años recientes incorporada en las agendas de un importante número de instrumentos multilaterales. Tanto en ambientes relativamente prístinos como en aquellos altamente antropizados, resulta importante el establecimiento de programas que permitan detectar cambios en el ambiente y los ensambles de aves marinas, sobre todo teniendo en cuenta los efectos del cambio climático y otras variables antropogénicas sobre la pérdida de biodiversidad (Ripple et al. 2023).

En las últimas décadas, el manejo de los ambientes marinos y costeros ha evolucionado desde el uso de protocolos basados en una o pocas especies, a estrategias más exhaustivas a escala ecosistémica, también contemplando el uso de aves y otros predadores tope marinos como elementos indicadores de cambios (Ei-noder 2009). Abordar los problemas de conservación (actuales o potenciales) antes mencionados requiere de un enfoque integral que contemple la colaboración entre actores clave, incluidos los gobiernos, comunidades, expertos ambientales, organizaciones de la sociedad civil y sectores agrícola e industriales. Resulta indispensable también establecer programas de evaluación y/o monitoreo de indicadores de los ensambles de aves marinas y trabajar en el desarrollo e implementación de acciones de manejo de las unidades de conservación descritas en este estudio para asegurar la conservación del sistema fluvio-marino del Río de la Plata asumiendo un enfoque precautorio, esto es, ante la amenaza de una reducción o pérdida de biodiversidad en los ensambles de aves marinas, la ausencia de información científica completa no debe ser usada como razón para posponer medidas que eviten o minimicen tal amenaza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al sistema científico y tecnológico de Argentina y Uruguay que han promovido las investigaciones en el sistema fluvio-marino del Río de la Plata. La información presentada en este trabajo fue obtenida

y compilada durante más de dos décadas de trabajo donde se ha contado con el apoyo institucional y los financiamientos provistos por la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP); la Universidad de Buenos Aires (UBA); la Universidad de la República (UDELAR); la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (Agencia I+D+i, Argentina); la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII, Uruguay), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina); al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Argentina (MINCyT, Argentina); la Iniciativa Pampa Azul (IPA, Argentina); y la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC, Uruguay). Los autores también expresan su agradecimiento a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Nación (Argentina) por brindar los datos VMS para la determinación del esfuerzo pesquero. Deseamos agradecer a los editores de este número especial Pablo Yorio, Flavio Quintana y Andrea Raya Rey, y a los revisores anónimos por su colaboración y sugerencias durante las distintas etapas de preparación del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Acha EM, Mianzan HW, Guerrero RA, Favero M, Bava J (2004) Marine fronts at the continental shelves of austral South America. *Journal of Marine Systems* 44:83–105. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2003.09.005>
- Aldabe J, Caymaris H, Castelli I, Güller R, Masariche M (2017) *Aves del Este de Uruguay 1ª edición*. Fundación Amigos de las Lagunas Costeras, Montevideo, Uruguay
- Aldabe J, Jiménez S, Lenzi J (2006) Aves de la costa sur y este uruguaya: composición de especies en los distintos ambientes y su estado de conservación. Pp. 271–287 en: Menafrá R, Rodríguez-Gallego L, Scarabino F, Conde D (eds.) *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. Vida Silvestre, Montevideo, Uruguay
- Aldabe J, Rocca P, Claramunt S (2009) Uruguay. Pp: 383–392 en: Devenish C, Díaz Fernández DF, Clay RP, Davidson I, Yépez Zabala I (eds.) *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*. BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 16), Quito, Ecuador
- Alfaro M, Clara M (2007) Assemblage of shorebirds and seabirds on Rocha Lagoon sandbar, Uruguay. *Ornitología Neotropical* 18:421–432
- Alfaro M, Mauco L, Norbis W, Lima M (2011) Temporal variation on the diet of the South American Tern (*Sterna hirundinacea*, Charadriiformes: Laridae) on its wintering grounds. *Revista Chilena de Historia Natural* 84:451–460

- Allega L (2012) *Cambios recientes en la pesca costera con red de cerco en el puerto de Mar del Plata*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata
- Alonso G, Simionato CG, Dinápoli MG, Saurral R, Bodnariuk, N (2024) Positive storm surges in the Río de la Plata estuary: forcings, long-term variability, trends, and linkage with southwestern Atlantic Continental Shelf dynamics. *Natural Hazards* 120:5007-5032. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06402-w>
- ANCAP (2012). Ronda Uruguay II. (URL:<https://www.ancap.com.uy/>)
- Azpiroz AB, Alfaro M, Jiménez S (2012) Lista Roja de las Aves del Uruguay. Una evaluación del estado de conservación de la avifauna nacional con base en los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Dirección Nacional de Medio Ambiente, Montevideo
- Azpiroz AB, Caballero-Sadi D (2017) Gaviota cangrejera (*Larus atlanticus*). Libro Rojo de las Aves del Uruguay. Biología y conservación de las aves en peligro de extinción a nivel nacional. Categorías "Extinto a Nivel Regional", "En Peligro Crítico" y "En Peligro". DINAMA y DINARA, Montevideo
- Barquete V, Bugoni L, Vooren CM (2008) Diet of Neotropical Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) in an estuarine environment. *Marine Biology* 153:431-44. <https://doi.org/10.1007/s00227-007-0824-8>
- Battin J (2004) When good animals love bad habitats: ecological traps and the conservation of animal populations. *Conservation Biology* 18 (6):1482-1491. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00417.x>
- Belloq MI, Leveau LM, Filloy J (2017) Urbanization and Bird Communities: spatial and temporal patterns emerging from Southern South America. Pp: 35-54 en: Murgui E, Hedblom M (eds.) *Ecology and Conservation of birds in Urban environments*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43314-1_3
- Beltzer AH (1983) Nota sobre fidelidad y participación trófica del "Biguá común" (*Phalacrocorax olivaceus*) en ambientes del Río Paraná medio (Pelecaniformes: Phalacrocoracidae). *Natura Neotropicalis* 14:111-114
- Berón MP, Caballero-Sadi D, Paterlini CA, Seco Pon JP, García GO, Favero M (2012) Espectro trófico de la Gaviota de Olrog (*Larus atlanticus*) en dos sitios de invernada de Argentina y Uruguay. *Ornitología Neotropical* 23:83-93
- Berón MP, Favero M (2010) Monitoreo de la dieta de la gaviota de Olrog (*Larus atlanticus*) en la Laguna Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina) durante el periodo no reproductivo. *Ornitología Neotropical* 21(2):215-224
- Berón MP, Seco Pon JP (2021) Fishing-gear related injuries and mortality of seabirds in coastal areas of south- western Atlantic, Argentina. *Marine Ornithology* 49:321-327
- Berón MP, Seco Pon JP (2024) Colonia reproductiva de la Gaviota Cáhuil (*Chroicocephalus maculipennis*) y de Capucho Gris (*C. cirrocephalus*) en una laguna urbano-costera con al impacto antrópico en Mar del Plata, Argentina. *Revista Chilena de Ornitología* 30:53-61
- Berón MP, Seco Pon JP, García GO, Paterlini CA, Mariano y Jelichich R, Favero M (2013) The diet of Olrog's Gull (*Larus atlanticus*) reveals an association with fisheries during the non-breeding season. *Emu* 113:69-76. <https://doi.org/10.1071/MU11100>
- Berón-Vera FJ, Bodnariuk N, Saraceno M, Olascoaga MJ, Simionato C (2020) Stability of the Malvinas current. *Chaos* 30:13152
- Best BD, Halpin PN (2019) Minimizing wildlife impacts for offshore wind energy development: Winning trade offs for seabirds in space and cetaceans in time. *Plos One* 14, p.e0215722. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215722>
- Birdlife International (2018) *Nannopterum brasilianum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018:e.T22696773A133550739. URL: <https://www.iucn-redlist.org/species/22696773/133550739>
- Bisbal GA (1995) The Southeast South American shelf large marine ecosystem. *Mar. Policy* 19 (1):21-38. [https://doi.org/10.1016/0308-597x\(95\)92570-w](https://doi.org/10.1016/0308-597x(95)92570-w)
- Boersma PD, Frere E, Kane O, Pozzi LM, Pütz K, Raya Rey A, Rebstock GA, Simeone A, Smith J, Van Buren A, Yorio P, García-Borboroglu P (2013). Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*). Pp. 232-263 en: García-Borboroglu P, Boersma PD (eds.). *Penguins: Natural History and Conservation*. University of Washington Press, Seattle, WA, USA
- Boretto GM, Rouzaut S, Cioccale M, Gordillo S, Benítez Y (2018) Dinámica costera y antropización en playas uruguayas. Un análisis integrado para su conservación. *Revista mexicana de ciencias geológicas* 35 (3):291-306
- Brailovsky A, Foguelman D (1991) Memoria Verde: historia ecológica de la Argentina. Debolsillo, Buenos Aires, Argentina
- Bugoni L, Vooren CM (2004) Feeding ecology of the Common Tern *Sterna hirundo* in a wintering area in southern Brazil. *Ibis* 146:438-453. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2004.00277.x>
- Burgues MF, Lenzi J, Machín E, Genta L, Teixeira de Mello F (2020) Temporal Variation of Kelp Gull's (*Larus dominicanus*) Diet on a Coastal Island of the Río de la Plata Estuary, Uruguay: Refuse as an Alternative Food Source. *Waterbirds* 43 (1):65-74. <https://doi.org/10.1675/063.043.0107>
- Cabral VN, García GO, Gorostegui Valenti A (2019) Desarrollo como frontera de la conservación. *Letras Verdes Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* 26:35-50. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.26.2019.3946>
- Cabral VN, García GO, Zulaica ML (2022) La Reserva de Biosfera Parque Atlántico Mar Chiquito: diagnostico

- socioambiental desde la opinión de la comunidad local. *Estudios Socioterritoriales, Revista de Geografía* 31:103. <https://doi.org/10.37838/unicen/est.31-100>
- Cabral VN, Zulaica ML, García GO (2024) La Reserva de Mar Chiquita: controversias ambientales y provisión de servicios ecosistémicos. *Boletín Geográfico* 46:1-19
- Campos JD, Lentini CA, Miller JL, Piola RA (1999) Inter-annual variability of the sea surface temperature in the South Brazilian Bight. *Geophysical Research Letters* 26 (14):2061–2064
- Canevari P, Blanco DE, Bucher E, Castro G, Davidson EI (1998) Los humedales de la Argentina: Clasificación, situación actual, conservación y legislación. Wetlands International Publ. 46, Buenos Aires, Argentina, 208 pp
- Carman M, González Carman V (2016) La fragilidad de las especies: tensiones entre biólogos y pescadores artesanales en torno a la conservación marina. *Etnográfica Revista do Centro em Rede de Investigação em Antropologia* 20 (2):411–438
- Carreto J, Montoya N, Benavides H, Guerrero R, Carignan M (2003) Characterization of spring phytoplankton communities in the Río de la Plata maritime front, using pigment signature and cell microscopy. *Marine Biology* 143:1013–1027. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1147-z>
- Casaux R, Ramón A, Tartara MA, Borrell V, Gonc R (2013) Diet of breeding Neotropic cormorants at the Carrileufu river, Patagonia: is there any impact on recreational fish resources? *Ardeola* 59 (2):279–289. <https://doi.org/10.13157/arla.59.2.2012.279>
- Castano MV, Zumpano F, Biondi LM, García GO (2023) Does urbanization affect behavioral responses to novel objects in marine birds? The Olrog's Gull as a case of study. *Urban Ecosystems* 27:427–437. <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01465-2>
- Castano MV, Biondi LM, Favero M, García GO (2022) Innovative problem-solving in a threatened gull species, the Olrog's Gull (*Larus atlantic us*). *Animal Cognition* 25 (3):519–527. <http://dx.doi.org/10.1007/s10071-021-01572-7>
- CERES (2023) Situación actual, perspectivas y oportunidades para el desarrollo de la Industria Pesquera Nacional. Centro de Estudios de la Realidad Económica y Social, Uruguay. (URL:https://ceres.uy/admin/uploads/slides/archivo_1680180357.pdf)
- Coccon F, Vanni L, Dabalà C, Giunchi D (2022) The abundance of yellow-legged gulls *Larus michahellis* breeding in the historic centre of Venice, Italy and the initial effects of the new waste collection policy on the population. *Urban Ecosyst* 25:643–656. <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01175-7>
- Codignotto JO, Dragani WC, Martin PB, Simionato CG, Medina R, Alonso G (2012) Wind-wave climate change and increasing erosion in the outer Río de la Plata, Argentina. *Continental Shelf Research* 38:110–116. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.03.013>
- Codignotto JO, Dragani WC, Martin PB, Campos MI, Alonso G, Simionato CG, Medina RA (2011) Erosion at the Samborombón bay and changes in wind direction, province of Buenos Aires, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 13:135–138
- Copello S, Seco Pon JP, Favero M (2013) Use of marine space by Black-browed albatrosses during the non-breeding season in the Southwest Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 123:34–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.02.016>
- Copello S, Seco Pon JP, Favero M (2014) Spatial overlap of Black-browed albatrosses with longline and trawl fisheries in the Patagonian Shelf during the non-breeding season. *Journal of Sea Research* 89:44–51. <https://doi.org/10.1016/j.jseares.2014.02.006>
- Cousseau MB (1985) Los peces del Río de la Plata y su Frente Marítimo. Pp. 515-534 en: Yañez-Arancibia A (ed.) *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration*. Universidad Nacional Autónoma, Mexico
- Croll DA, Tershy BR, Acevedo A, Levin P (1999) Marine vertebrates and low frequency sound. Technical report for LFA EIS. Institute of Marine Sciences, University of California, Santa Cruz, California, USA, pp 473. <http://hdl.handle.net/1834/35442>
- Crowell SE, Wells-Berlin AM, Carr CE, Olsen GH, Therrien RE, Yan-Nuzzi SE, Ketten DR (2015) A comparison of auditory brainstem responses across diving bird species. *Journal of Comparative Physiology A* 201:803–815. <https://doi.org/10.1007/s00359-015-1024-5>
- Delgado E (2023) Implicancias de la movilización ambientalista en la conservación y gestión de canchales de marisma en Uruguay. *Ecología Política* 65:106–109
- Di Giacomo AS (2005) Áreas importantes para la conservación de las aves en la Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires
- Di Giacomo AS, de Francesco MV, Coconier EG (2007) Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina – Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires
- Dias MP, Martin R, Pearmain EJ, Burfield IJ, Small C, Phillips RA, Yates O, Lascelles B, García-Borboroglu P, Croxall JP (2019) Threats to seabirds: a global assessment. *Biological Conservation* 237:525–537
- Domingo A, Favero M, Navarro G, Sánchez R, Tombesi, ML (2022) Plan de Acción Regional para Reducir la Interacción de Aves Marinas con las Pesquerías que se desarrollan en el área del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo. Ser. Publ. Esp. CTMFM, No. 2, pp 105
- Domingo A, Jiménez S, Passadore C (2007) Plan de Acción Nacional para reducir la captura incidental de aves marinas en las pesquerías uruguayas.

- Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA). Montevideo, pp 76
- Dragani WC, Romero SI (2004) Impact of a possible local wind change on the wave climate in the upper Río de la Plata. *International Journal of Climatology* 24 (9):1149-1157. <https://doi.org/10.1002/joc.1049>
- Einoder LD (2009) A review of the use of seabirds as indicators in fisheries and ecosystem management. *Fisheries Research* 95:6-13. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.09.024>
- Eisler R (1987) Mercury Hazards to fish, wildlife, and invertebrates: synoptic review. Report 10, Biological Report 85(1.10). US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, USA
- Escalante R (1980) Notas sobre tres Procellariiformes en el Uruguay y Río de la Plata (*Pterodroma brevirostris*, *Pachyptila belcheri*, *Macronectes halli*). I Jornadas de Ciencias Naturales (Montevideo, 29 de setiembre-4 de octubre de 1980), Resúmenes 1:123-124
- Escalante R (1984). Problemas en la conservación de dos poblaciones de Láridos sobre la costa atlántica de Sud América (*Larus belcheri atlanticus* y *Sterna maxima*). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*, *Zoología* 13:147-152.
- Escalante R (1985) Taxonomy and conservation of austral-breeding Royal Terns. *Neotropical Ornithology. Ornithological Monographs* 36:935-942
- Escalante R (1970a) Notes on the Cayenne Tern in Uruguay. *Condor* 72:89-94
- Escalante R (1970a) Aves marinas del Río de la Plata y aguas vecinas de Océano Atlántico. Barreiro & Ramos SA, Montevideo. 199 pp
- Etchegoin JA, Merlo MJ, Parietti M (2012) The role of the invasive polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923)(Serpulidae) as facilitator of parasite transmission in Mar Chiquita coastal lagoon (Buenos Aires, Argentina). *Parasitology* 139 (11):1506-1512. <https://doi.org/10.1017/S0031182012000820>
- Falabella V (2014) Identificación de áreas de alto valor de conservación como potenciales áreas marinas protegidas. Informe elaborado durante la fase preparatoria del Proyecto GEF 5112-FAO, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires
- FAO (1999) International Plan of Action for the Conservation and Management of Sharks. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2010) Plan de Acción Internacional para reducir las capturas incidentales de aves marinas en la pesca con palangre. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma
- FAO (2012) Recreational fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 13. Roma
- FAO (2022) El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma
- FARN (2022) ¿La apertura de la última frontera extractiva de los fósiles? Fundación Ambiente y Recursos Naturales, pp 40
- Favero M (2008) South American perspective: fisheries mortality. Pp. 176-177 en: De Roy T, Jones M, Fitter J (eds.). *Albatross: their world, their ways*. David Bateman Ltd., Auckland, New Zealand
- Favero M, Bachmann S, Copello S, Mariano-Jelicich R, Silva Rodríguez MP, Ghys M, Khatchikian C, Mauco L (2001a) Aves marinas del sudeste bonaerense. Pp. 251-267 en: Iribarne O. (ed.). *Reserva de Biosfera Mar Chiquita: características físicas, biológicas y ecológicas*. Editorial Martín, Mar del Plata
- Favero M, Becke PH (2006) Effect of North Atlantic Oscillation and El Niño – Southern Oscillation on return rates, body mass and timing of migration of Common Terns breeding in Germany. Pp. 405-409 en: Boere GC, Galbraith CA, Scott D, Stroud DA, Underhill LG. (eds.). *Waterbirds of the World*. The Stationery Office, Edinburgh
- Favero M, Blanco G, Copello S, Seco Pon JP, Patterlini C, Mariano-Jelicich R, García G, Berón MP (2013) Seabird by-catch in the Argentinean demersal longline fishery, 2001 – 2010. *Endangered Species Research* 19:187-199. <https://doi.org/10.3354/esr00478>
- Favero M, Copello S, García GO, Mariano-Jelicich R, Ravasi T, Seco Pon JP (2016) Aves marinas de las costas bonaerenses. Pp. 368-384 en: Celsi C, Athor J (eds.). *La costa marítima bonaerense y su conservación*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires
- Favero M, Gandini P, Blanco G, García G, Copello S, Seco Pon JP, Frere E, Quintana F, Yorio P, Rabuffetti F, Cañete G (2011) Seabird mortality associated to freshies in the Patagonian shelf: effect of discards in the occurrence of interactions with fishing gear. *Animal Conservation* 14:131-139. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2010.00405.x>
- Favero M, Khatchikian C, Arias A, Silva Rodríguez MP, Cañete G, Mariano-Jelicich R (2003) Estimates of seabird by-catch along the Patagonian Shelf by Argentine Longline Fishing Vessels, 1999-2001. *Bird Conservation International* 13: 273-281. <https://doi.org/10.1017/S0959270903003204>
- Favero M, Mariano-Jelicich R, Silva Rodríguez MP, Bó MS, García Mata C (2001b) Food and feeding biology of Black Skimmer in Argentina: evidence supporting offshore feeding in nonbreeding grounds. *Waterbirds* 24:413-418. <https://doi.org/10.2307/1522073>
- Favero M, Silva Rodríguez MP (2005) Estado actual y conservación de aves pelágicas que utilizan la plataforma continental argentina como área de alimentación. *Hornero* 20 (1):95-110
- Favero M, Stagi A, Ghys MI (2003) Distribución, abundancia, interacciones tróficas y conservación de los principales representantes de la ornitofauna en el área. En: Protección Ambiental del Río de la Plata

- y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Preservación del Hábitat. Informe Final Aves, Proyecto PNUD/GEF/RLA/99/G31. 40p
- Framiñan MB, Etala MP, Acha EM, Guerrero RA, Lasta CA, Brown OB (1999) Physical characteristics and processes of the Río de la Plata estuary. Pp. 161-194 en: Perillo GM, Piccolo MC, Pino Quivira M (eds.) *Estuaries of South America: Their Morphology and Dynamics*. Springer, New York
- García G, Gorostegui Valenti A, Zumpano F, Hernández M, Friedman I, Castano MV, Cabral VN, Favero M y Seco Pon JP (2021) Conservation approach in a coastal reserve in Argentina to promote the responsible disposal of litter derived from recreational fisheries. *Ocean and Coastal Management* 214:105899. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105899>
- García GO, Cabral VN, Zumpano F, Gorostegui Valenti A (2022) Anglers' perception and attitudes towards angling related marine litter and a conservation program in Argentina. *Ocean and Coastal Management* 230:106372. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106372>
- García GO, Favero M, Vassallo AI (2011) Efecto de la asociación y actividad de un cleptoparásito sobre el comportamiento trófico de su hospedador. *Ornitología Neotropical* 22:505-516
- García GO, Favero M, Vassallo AI (2012) Inter-specific kleptoparasitism between gulls and hosts with different foraging strategies: a comparative approach. *Emu* 112 (3):227-233. <https://doi.org/10.1071/MU11085>
- García GO, Mariano-Jelicich R (2005) Foraging behavior of the Snowy-Crowned Tern (*Sterna trudeaui*) at Mar Chiquita, Buenos Aires Province, Argentina. *Ornitología Neotropical* 16 (4):563-566.
- García GO, Zumpano F, Mariano-Jelicich R, Favero M (2023) Effect of urbanization on individual condition of a threatened seabird: the Olrog's Gull *Larus atlanticus*. *Urban Ecosystems* 26:411-424. <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01347-7>
- Ghys MI, Favero M (2004) Espectro trófico de la Gaviota Capucho Café (*Larus maculipennis*) en agroecosistemas del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ornitología Neotropical* 15:493-500
- Gómez Lende S (2019) Pesca marítima y acumulación por desposesión en Argentina (1966-2018): Extranjerización del recurso, crisis socio-ambiental, precarización laboral y redistribuciones estatales. *Entorno Geográfico* 18:98-127. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i18.8657>
- González Carman V, Mandiola A, Alemany D, Dassis M, Seco Pon JP, Prosdocimi L, Ponce de León A, Mianzan H, Acha EM, Rodríguez D, Favero M, Coppello S (2016) Distribution of megafaunal species in the Southwestern Atlantic: key ecological areas and opportunities for marine conservation. *ICES Journal of Marine Science* 73:1579-1588. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw019>
- Gorostegui Valenti A, Cabral VN, García GO (2024) La cobertura mediática digital de los incendios en las áreas protegidas de Argentina: el caso de la reserva de Mar Chiquita (Provincia de Buenos Aires). *Intersecciones en Comunicación* 1(18)
- Gorostegui Valenti A, Conforti ME, García GO (2023) Construcción noticiosa del proyecto de exploración de hidrocarburos offshore: El rol de la principal prensa digital de la ciudad de Mar del Plata. *Question/Cuestión* 3 (74):769. <https://doi.org/10.24215/16696581e769>
- Gouvêa AC, Bravo GA, Antas PDTZ, Schuchmann KL, Silveira LF (2023) Rainy cycles in South America as a driver for the breeding of the Black Skimmer (*Rynchops niger*) and the Large-billed Tern (*Phaetusa simplex*) (Aves, Charadriiformes). *Papéis Avulsos de Zoologia* 63. <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2023.63.028>
- Griffin AS, Netto K, Peneaux C (2017) Neophilia, innovation and learning in an urbanized world: a critical evaluation of mixed findings. *Curr Opin Behav Sci* 16:15-22. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.01.004>
- Gudynas E (2009) Diez tesis urgentes sobre el nuevo extractivismo. *Extractivismo, política y sociedad* 187:187-225
- Hall MA, Alverson DL, Metuzals KI (2000) By-Catch: Problems and Solutions. *Marine Pollution Bulletin* 41 (1):204-219. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00111-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00111-9)
- Hastings E, Potts T (2013) Marine litter: progress in developing an integrated policy approach in Scotland. *Mar. Pol.* 42:49-55. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.01.024>
- Hernandez MM, Favero M, Seco Pon JP (2024) Effect of environmental variability on seabird assemblages across the Brazil-Malvinas Confluence during the austral winter. *Mar Biol* 171:51. <https://doi.org/10.1007/s00227-023-04371-5>
- Hiddink JG, Jennings S, Sciberras M, Szostek CL, Hughes KM, Ellis N, Rijnsdorp AD, McConnaughey RA, Mazor T, Hilborn N, Collie JS, Pitcher CR, Amoroso RO, Parma AM, Suuronen P, Kaiser MJ (2017) Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (31):8301-8306. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618858114>
- Huig N, Buijs R-J, Kleyheeg E (2016) Summer in the city: behaviour of large gulls visiting an urban area during the breeding season. *Bird Study* 63 (2):214-222. <https://doi.org/10.1080/00063657.2016.1159179>
- INDEC (2020) Informe de avance del nivel de actividad. Tercer trimestre de 2020
- Isacch JP, Chiurla E (1997). Observaciones sobre aves pelágicas en el sudeste bonaerense, Argentina. *Hornero* 14:253-254
- Isla FI, Lasta CA (2010) Manual de manejo de barreras medanosas para la Provincia de Buenos Aires.

- Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata EUDEM, Mar del Plata, pp 264
- Jaime PR, Menéndez AN (2002) Análisis del régimen hidrológico de los ríos Paraná y Uruguay Informe LHA-01-216-02. Instituto Nacional del Agua, Ezeiza, pp 150
- Jaureguizar AJ, Cortés F, Milessi AC, Cozzolino E, Allegra L (2015) A trans-ecosystem fishery: environmental effects on the small-scale gillnet fishery along the Río de la Plata boundary. *Estuarine, Coastal Shelf Sci* 166:92–104. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.11.003>
- Jaureguizar A, Menni R, Lasta C, Guerrero R (2006) Fish assemblages of the Northern Argentine Coastal System: spatial patterns and their temporal variations. *Fisheries Oceanography* 15:326–344. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2006.00405.x>
- Jiménez S, Domingo A, Abreu M, Brazeiro A (2011) Structure of the seabird assemblage associated with pelagic longline vessels in the southwestern Atlantic: implications for bycatch. *Endangered Species Research* 15 (3):241–254. <https://doi.org/10.3354/esr00378>
- Jiménez S, Domingo A, Abreu M, Brazeiro A (2012) Risk assessment and relative impact of Uruguayan pelagic longliners on seabirds. *Aquatic Living Resources* 25:281–295. <https://doi.org/10.1051/alr/2012026>
- Jiménez S, Domingo A, Brazeiro A (2009) Seabird bycatch in the Southwest Atlantic: interaction with the Uruguayan pelagic longline fishery. *Polar Biology* 32:187–196. <https://doi.org/10.1007/s00300-008-0519-8>
- Johnston FD, Arlinghaus R, Dieckmann U (2012) Fish life history, angler behaviour and optimal management of recreational fisheries. *Fish and Fisheries* 14:554–579. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00487.x>
- Jones KC, de Voogt P (1999) Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. *Environmental Pollution* 100:209–221
- Josens ML, Pretelli MG, Escalante AH (2009) Censos de aves acuáticas en sus colonias reproductivas en lagunas del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *El Hornero* 24: 7–12
- Lasta CA, González E, Verón E, Mutti A, Marchi V, Ezpeleta L, Alonso D (2010) Evaluación de la vulnerabilidad a la erosión del cordón costero en el Partido de la Costa. Pp. 264 en: EUDEM (ed.). Manual de manejo de barreras medianas para la Provincia de Buenos Aires. Mar del Plata
- Lenzi J, Burgues M F, Carrizo D, Machín E, Teixeira-de Mello F (2016) Plastic ingestion by a generalist seabird on the coast of Uruguay. *Marine Pollution Bulletin* 107 (1):71–76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.016>
- Lenzi J, González-Bergonzoni I, Flaherty E, Hernández D, Machín E, Pijanowsky B (2021) The relationship between urban refuse with fecundity and nestling's success of a generalist seabird in the Río de la Plata Estuary - Uruguay. *Marine Pollution Bulletin* 173:113000. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113000>
- Lenzi J, González-Bergonzoni I, Machín E, Pijanowsky B, Flaherty E (2019) The impact of anthropogenic food subsidies on a generalist seabird during nestling growth. *Science of the total Environment* 687:546–553. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.485>
- Lenzi J, Jiménez S, Caballero D, Alfaro M, Laporta P (2010) Some aspects of the breeding biology of Royal (*Thalasseus maximus*) and Cayenne terns (*T. sandvicensis eurygnathus*) on Isla Verde, Uruguay. *Ornitología Neotropical* 21:361–370
- Lercari D, Defeo O (2006) Large-scale diversity and abundance trends in sandy beach macrofauna along full gradients of salinity and morphodynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68:27–35. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.12.017>
- Leveau LM, Leveau CM (2004) Comunidades de aves en un gradiente urbano de la ciudad de Mar del Plata. *El Hornero* 19(1):13–21
- Lewin WC, Weltersbach MS, Denfeld G, Strehlow HV (2020) Recreational anglers' perceptions, attitudes, and estimated contribution to angling related marine litter in the German Baltic Sea. *Journal of Environmental Management* 272:111062. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111062>
- Lucifora L (2003) *Ecología y conservación de los grandes tiburones costeros de Bahía Anegada Provincia de Buenos Aires*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, pp 410
- Maiztegui T, Paracampo AH, Liotta J, Cabanellas E, Bonetto CA, Colautti DC (2022) Freshwater fishes of the Río de la Plata: current assemblage structure. *Neotropical Ichthyology* 20 (3):1–39. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0159>
- Mariano-Jelicich R, Botto F, Martinetto P, Iribarne O, Favero M (2008) Trophic segregation between sexes in the Black Skimmer revealed through the analysis of stable isotopes. *Marine Biology* 155: 443–450. <https://doi.org/10.1007/s00227-008-1042-8>
- Mariano-Jelicich R, Favero M (2006) Assessing the diet of Black Skimmers (*Rynchops niger*) through different methodologies: is the analysis of pellets reliable? *Waterbirds* 29:81–87. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2006\)29\[81:ATDOTB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2006)29[81:ATDOTB]2.0.CO;2)
- Mariano-Jelicich R, Favero M, Silva Rodríguez MP (2003) Fish prey of the Black Skimmer *Rynchops niger* at Mar Chiquita, Buenos Aires Province, Argentina. *Marine Ornithology* 31 (2):199–202
- Mariano-Jelicich R, García GO, Favero M (2014) Fish composition and prey utilization of the Black Skimmer (*Rynchops niger*) in Mar Chiquita Coastal Lagoon, Argentina. *Brazilian Journal of Oceanography* 62 (1):1–10. <https://doi.org/10.1590/s1679-87592014034806201>
- Mariano-Jelicich R, Madrid E (2014) Microsatellite variability among Black Skimmer (*Rynchops niger intercedens*) populations in Southern South

- America. *Waterbirds* 37 (2):175–182. <https://doi.org/10.1675/063.037.0206>
- Mariano-Jelicich R, Silva Rodríguez MP, Copello S, Seco Pon JP, Berón MP, Mauco L, Ghys MI, Favero M (2011) The diet of the South American Tern: the Argentine Anchovy as key prey in the non-breeding season. *Emu* 111:292–296. <https://doi.org/10.1071/MU10055>
- Marín Y, Chocca J, González B, Beathgate G (2013) Interacciones entre la actividad pesquera y los proyectos de desarrollo en la Zona Económica Exclusiva uruguaya. *Frente Marítimo* 23:29–53 (URL: https://ctmfm.org/upload/archivoSeccion/1404834320_attach42.pdf)
- Martínez Curci NS, Petracci P (2016) Aves playeras del litoral costero de la provincia de buenos aires: Ecología y conservación; Fundación de Historia Natural Félix de Azara; 204–233
- Martínez MM (2001) Avifauna de Mar Chiquita. En: Iribarne O (ed.) Reserva de Biosfera Mar Chiquita: características físicas, biológicas y ecológicas. Editorial Martín, Mar del Plata, pp 227–250
- Martínez MM, Isacch JP, Rojas M (2000). Olrog's Gull *Larus atlanticus*: specialist or generalist? *Bird Conservation International* 10:89–92. <https://doi.org/10.1017/S0959270900000071>
- Marzluff JM (2001) Worldwide urbanization and its effects on birds. Pp. 19–47 en: Marzluff JM, Bowman R, Donnelly R (eds.) *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts
- Mauco L, Favero M (2005) The food and feeding biology of Common Terns wintering in Argentina: influence of environmental conditions. *Waterbirds* 28:450–457
- Mauco L, Favero M, Bó MS (2001) Food and feeding biology of the Common Tern (*Sterna hirundo*) in Samborombón Bay, Buenos Aires, Argentina. *Waterbirds* 24 (1):89–96. <https://doi.org/10.2307/1522247>
- Mauco L, Paterlini C, Isaldo DI, Quintero Blanco SA, Navarro M (2007) Primer registro de reproducción de la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) en la Bahía Samborombón, provincia de Buenos Aires, Argentina. *El Hornero* 22:47–50. <https://doi.org/10.56178/eh.v22i1.776>
- MAYDS, AA (2017) Categorización de las Aves de la Argentina según su estado de conservación. Buenos Aires: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y Aves Argentinas
- Meerhoff E, Rodríguez-Gallego L, Giménez L, Muniz P, Conde D (2013) Spatial patterns of macrofaunal community structure in coastal lagoons of Uruguay. *Marine Ecology Progress Series* 492:97–110. <https://doi.org/10.3354/meps10472>
- Minetti JL, Vargas WM (1990) Comportamiento del borde anticiclónico subtropical en Sudamérica II Parte. *Revista Geofísica* 33:177–190
- Montevocchi WA (2001) Interactions between fisheries and seabirds. Pp.545–576 en: Schreiber EA, Burger J (eds.) *Biology of marine birds*. CRC Press, Boca Raton
- Moore CJ (2008) Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research* 108:131–139. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025>
- Morea JP (2017) Problemática territorial y conservación de la biodiversidad en espacios protegidos de Argentina. *Investigaciones Geográficas* (España) 68:115–132. <https://doi.org/10.14198/INGEO2017.68.07>
- Morea JP (2019) Problemática territorial asociada al uso público en la Reserva de Biosfera “Parque Atlántico Mar Chiquito”, Argentina. *Cuadernos Geográficos* 58 (1):101–120. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.5959>
- Moreira D (2016) *Estudio de los procesos que determinan el transporte de los sedimentos finos y su variabilidad en el Río de la Plata en base a simulaciones numéricas y observaciones satelitales e in situ*. Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires
- Moreira D, Simionato C (2019) Hidrología y circulación del estuario del Río de La Plata. *Centro Argentino de Meteorólogos. Meteorológica* 44:1–30
- Muller R, Amar A, Sumasgutner P, McPherson SC, Downs CT (2020) Urbanization is associated with increased breeding rate, but decreased breeding success, in an urban population of near-threatened African Crowned Eagles. *The Condor* 122 (3):1–11. <https://doi.org/10.1093/condor/duaa024>
- Nagy G, Erache MG, Fernández V (2007) El aumento del nivel del mar en la costa uruguaya del Río de la Plata: tendencias, vulnerabilidades y medidas para la adaptación. *Medio Ambiente y Urbanización* 67 (1):77–93
- Nelms SE, Piniak WED, Weir CR, Godley BJ (2016) Seismic surveys and marine turtles: an underestimated global threat? *Biological Conservation* 193:49–65. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.10.020>
- Nogueira ML (2018) Constelaciones conflictivas en la industria pesquera bonaerense: Análisis comparativo entre Mar del Plata y Necochea, Argentina (1997–2012). *Trabajos y comunicaciones* 47: e052
- Oro D, Genovrt M, Tavecchia G, Fowler MS, Martínez-Abraín A (2013) Ecological and evolutionary implications of food subsidies from humans. *Ecology Letters* 16 (12):1501–1514. <https://doi.org/10.1111/ele.12187>
- Paz JA, Copello S, Mariano y Jelicich R, Ranzoni E, Veiga JO, Seco Pon JP (2019) Nuevos registros de ave fragata (*Fregata magnificens*) en la costa atlántica, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Nóttulas Faunísticas* 261:1–6
- Paz JA, Seco Pon JP, Favero M, Blanco G, Copello S (2018) Seabird interactions and by-catch in the anchovy pelagic trawl fishery operating in northern Argentina. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystems* 28 (4):850–860. <https://doi.org/10.1002/aqc.2907>
- Paz JA, Seco Pon JP, Krüger L, Favero M, Copello S (2024) Foraging habitat suitability of black-browed albatrosses *Thalassarche melanophris* wintering in

- the South-west Atlantic Ocean: Acknowledging age class to improve conservation management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 34 (1):1-14. <https://doi.org/10.1002/aqc.4071>
- Paz JA, Copello S, Seco Pon JP, Favero M (2023) Áreas de importancia para la conservación de aves marinas en el Mar Argentino: el Albatros Ceja Negra (*Thalassarche melanophris*) como especie clave. Informe técnico N° 22 del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC) UNMdP-CONICET, Mar del Plata, Argentina
- Pichegru L, Nyengera R, McInnes AM, Pistorius P (2017) Avoidance of seismic survey activities by penguins. *Scientific Reports* 7: 16305. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16569-x>
- Piola AR, Campos EJD, Möller OO, Charo M, Martinez C (2000) Subtropical Shelf Front off eastern South America. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 105(C3):6565-6578. <https://doi.org/10.1029/1999JC000300>
- Piola AR, Martinez Avellaneda N, Guerrero RA, Jardón FP, Palma ED, Romero SI (2010) Malvinas-slope water intrusions on the northern Patagonia continental shelf. *Ocean Science* 6 (1):345-359. <https://doi.org/10.5194/os-6-345-2010>
- Prieto S, Banzato G (2017) Los vecinos del Barrio El Dique y los problemas ambientales: Primeros avances hacia una agenda de gestión con Inteligencia Territorial (Ensenada, Buenos Aires, Argentina). Pp. 217-236 en: Saquet M, Alves A (eds) *Processos de cooperação e solidariedade na América Latina*. Editora Consequência, Rio de Janeiro
- Pütz K, Ingham RJ y Smith JG (2000) Satellite tracking of the winter migration of Magellanic Penguins *Spheniscus magellanicus* breeding in the Falkland Islands. *Ibis* 142:614-622. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2000.tb04461.x>
- Quadri-Adrogué A, Gómez-Ramírez MP, García-Fernandez AJ, Seco Pon JP, García GO, Miglioranza KSB (2022) Feather mercury levels in beached Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) in northern Argentina during the non-breeding season. *Environmental Science and Pollution Research* 29:24793-24801. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17539-7>
- Quadri-Adrogué AQ, Miglioranza KS, Copello S, Favero M, Seco Pon JP (2019) Pelagic seabirds as biomonitors of persistent organic pollutants in the Southwestern Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 149:110516. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110516>
- Quadri-Adrogué A, Seco Pon JP, García GO, Castano MV, Copello S, Favero M, Miglioranza BKS (2021) Chlorpyrifos and Persistent Organic Pollutants in feathers of the Near Threatened Olrog's Gull in southeastern Buenos Aires Province, Argentina. *Environmental Pollution* 272:115918. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115918>
- Rasmussen MS, Sørensen K, Vittrup MF, Wahlberg M (2022) Pavlovian conditioning of gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) to underwater sound. *Biology Open* 11 (1):bio059425. <https://doi.org/10.1242/bio.059425>
- Ravasi MM, Seco Pon JP, Paz J, Favero M, Copello S (2019) Use of winter habitat at an early age: spatial ecology and association with human activities of juvenile Olrog's gulls. *Bird Conservation International* 29 (4):575-585. <https://doi.org/10.1017/S0959270919000029>
- Rebstock GA y Boersma PD (2023) Sex-specific migratory behavior in a marine predator results in higher risks to females. *Marine Ecology Progress Series* 725: 141-156. <https://doi.org/10.3354/meps14476>
- Ripple WJ, Wolf C, Gregg JW, Rockström J, Newsome TM, Law BE, Marques L, Lenton TM, Xu C, Huq S, Simons L, King DA (2023) The 2023 state of the climate report: Entering uncharted territory. *BioScience* 73:841-850. <https://doi.org/10.1093/biosci/biad080>
- Risher JF, Amler SN (2005) Mercury exposure: evaluation and intervention the inappropriate use of chelation agents in the diagnosis and treatment of putative mercury poisoning. *Neurotoxicology* 26:691-699. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2005.05.004>
- Rocca C, Pascual J, Díaz de Astarloa C, Daleo P, Iribarne O, Alberti J (2024) Exotic wild boars and native wild guinea pigs maintain plant diversity in Argentinean coastal grasslands by decreasing plant dominance. *Journal of Vegetation Science* 35 (4):e13287. <https://doi.org/10.1111/jvs.13287>
- Rodríguez-Gallego L, Achkar M, Defeo O, Vidal L, Meerhoff E, Conde D (2017) Effects of land use changes on eutrophication indicators in five coastal lagoons of the Southwestern Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 188:116-126. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.02.010>
- Rubio L, González S, López G, Berriolo C, Jiménez S, Lenzi J, Domingo A (2015) Evaluación de la actividad de prospección sísmica en la plataforma continental uruguaya. Informe Técnico DINARA 52
- SAGyP (2023) Exportaciones e importaciones pesqueras 2022. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Economía
- Sala JE, Valiñas M, García GO, Verón E, Navarro M, Vitale A (eds.) (2023) Pampa Azul: el mar argentino como vector de desarrollo. Una política de ciencia, tecnología e innovación mirando al mar. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 1a ed. Fundación CICCUS, Buenos Aires
- Sapoznikow A, Vila A, Lopez de Casenave J, Vuillermoz P (2002) Abundance of Common Terns at Punta Rasa, Argentina: a major wintering area. *Waterbirds* 25 (3):378-381. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2002\)025\[0378:AOC2AP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2002)025[0378:AOC2AP]2.0.CO;2)
- Sarroca M, Alfaro M, Lenzi J, Jiménez S, Abud C, Caballero-Sadi D (2006) Aves de la costa de Montevideo urbano. Pp. 457-546 en: Rodríguez L, Scarabino F, Menafrá R, Conde D (eds.) *Bases para la con-*

- servación y el manejo de la costa uruguaya. Vida Silvestre Uruguay, Montevideo
- Savigny C (2001) Pardela Chica (*Puffinus assimilis*) y Petrel Gigante Oscuro (*Macronectes balli*) en las costas continentales argentinas. *Nuestras Aves*, no. 42 (December). <https://doi.org/10.56178/na.vi42.973>
- Savigny C (2002) Registros de aves nuevas o poco comunes para el Sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Nuestras Aves*, no. 43 (July). <https://doi.org/10.56178/na.vi43.993>
- Seco Pon JP, Álvarez VA, Torres Nicolini A, Rosenthal AF, García GO (2023b) Ingestion of marine debris by juvenile Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) in wintering grounds of coastal Argentina. *Marine Pollution Bulletin* 193:115247. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115247>
- Seco Pon JP, Bastida J, Giardino GV, Favero M, Copello S (2019) Seabirds east of Tierra del Fuego, Argentina during a 3d seismic survey. *Ornitología Neotropical* 30:103–111
- Seco Pon JP, Copello S, Favero M (2023c) Seabird interactions and bycatch in the Argentine freezer trawl fleet targeting Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*). *Fisheries Research* 262:106661. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106661>
- Seco Pon JP, Copello S, Moretinni A, Lértora HP, Pedrana J, Bruno I, Bastida J, Mauco L, Favero M (2013) Seabird and marine-mammal attendance and by-catch in semi-industrial trawl fisheries in near-shore waters of northern Argentina. *Marine and Freshwater Research* 64:237–248. <https://doi.org/10.1071/MF12312>
- Seco Pon JP, Copello S, Tamini L, Mariano-Jelicich R, Paz J, Blanco G, Favero M (2015) Seabird conservation in fisheries: current state of knowledge and conservation needs for Argentine high-seas fleet high-seas Fleets. Pp. 45–87 en: Garrett M (ed.) *Seabirds and songbirds: Habitat preferences, conservation and migratory behavior 1st Edition*. Publisher: NOVA Science Publishers, NY
- Seco Pon JP, Favero M (2011) The Olrog's Gull (*Larus atlanticus*) attending high-seas trawlers during the breeding season. *El Hornero* 26:105–109
- Seco Pon JP, García G, Copello S, Moretinni A, Lértora HP, Pedrana J, Mauco L, Favero M (2012) Seabird and marine mammal attendance in the Chub mackerel *Scomber japonicus* semi-industrial Argentinean purse seine fishery. *Ocean and Coastal Management* 64:56–66. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.04.017>
- Seco Pon JP, García GO (2022) Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la costa norte de Argentina: ¿evidencias de un sesgo sexual en aves juveniles varadas? *El Hornero* 37 (1):65–77. <https://doi.org/10.56178/eh.v37i1.362>
- Seco Pon JP, Hernandez MM, Zumpano F, Castano MV, Favero M, García G (2023a) Assessment of marine debris on the Mar Chiquita coastal lagoon (Biosphere Reserve, MAB-UNESCO), a unique wetland in northern Argentina. *Ocean and Coastal Management* 239:106604. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106604>
- Silva Rodríguez MP, Bastida R, Darrieu (2000) Dieta de la Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) en zonas costeras de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ornitología Neotropical* 11:331–340
- Silva Rodríguez MP, Favero M, Berón MP, Mariano-Jelicich, Mauco L (2005) Ecología y conservación de aves marinas que utilizan el litoral bonaerense como área de invernada. *El Hornero* 20:111–130
- Silva-Costa A, Bugoni L (2013) Feeding ecology of Kelp Gulls (*Larus dominicanus*) in marine and limnetic environments. *Aquat Ecol* 47:211–224. <https://doi.org/10.1007/s10452-013-9436-1>
- Simionato CG, DraganI WC, Meccia VL (2004) A numerical study of the barotropic circulation of the Río de la Plata Estuary: sensitivity to bathymetry, the earth's rotation and low frequency wind variability. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 61 (2):261–273. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.05.005>
- Slabbekoorn H, Boutb N, Van Opzeeland I, Coers A, Ten Cate C, Popper AN (2010) A noisy spring: the impact of globally rising under-water sound levels on fish. *Trends in Ecology and Evoluton* 25:419–427. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.04.005>
- Stellatelli O, Block C, Vega L, Cruz F (2014) Responses of two sympatric sand lizards to exotic forestations in the coastal dunes of Argentina: some implications for conservation. *Wildl Res* 41 (6):480–489. <https://doi.org/10.1071/WR14078>
- Stokes DL, Boersma PD, Lopez de Casenave J y García Borboroglu P (2014) Conservation of migratory Magellanic penguins requires marine zoning. *Biological Conservation* 170:151–161. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.024>
- Turini Ruibal F (2022) ¿Hay impacto del kitesurf sobre las aves acuáticas de la Laguna Garzón?: tendencias de abundancia durante 15 años. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Universidad de la República, Maldonado Uruguay. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/34340>
- Urien CM (1972) Río de La Plata Estuary environments. *Geological Society of America Memoirs* 133:213–234. <https://doi.org/10.1130/MEM133-p213>
- Vera CS, Vigliarolo PK (2000) A diagnostic study of cold-air outbreaks over South America. *Monthly Weather Review* 128 (1):3–24. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2000\)128<0003:ADSOCA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2000)128<0003:ADSOCA>2.0.CO;2)
- Wetlands International (2024) Base de datos del Censo Neotropical de Aves Acuáticas (actualizado a febrero de 2024). Wetlands International, Buenos Aires, Argentina
- Winkler DW, Billerman SM, Lovette IJ (2020) Skuas and Jaegers (Stercorariidae), version 1.0. En: Billerman SM, Keeney BK, Rodewald PG, Schulenberg TS (eds.) *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.1111/dob.10150>

- porg/10.2173/bow.sterco1.01
- Yorio P (2005) Estado poblacional y de conservación de gaviotines y escúas que se reproducen en el litoral marítimo argentino. *El Hornero* 20 (1):75-93. <https://doi.org/10.56178/eh.v20i1.820>
- Yorio P (2024) Olrog's Gull (*Larus atlanticus*), versión 2.0. En: Roesler I, Medrano F, Boesman PFD, Pyle P (eds.) *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.olrgul1.02>
- Yorio P, Branco JO, Lenzi J, Luna-Jorquera G, Zavallaga C (2016) Distribution and Trends in Kelp Gull (*Larus dominicanus*) Coastal Breeding Populations in South America. *Waterbirds* 39:114-135. <https://doi.org/10.1675/063.039.sp103>
- Yorio P, Efe MA (2008) Population Status of Royal and Cayenne Terns Breeding in Argentina and Brazil. *Waterbirds* 31 (4):561-570. <https://doi.org/10.1675/1524-4695-31.4.561>
- Yorio P, Frere E, Gandini P, Harris G (1998) *Atlas de la distribución reproductiva de aves marinas en el litoral patagónico argentino*. Fundación Patagonia Natural y Wildlife Conservation Society, Buenos Aires
- Yorio P, Marinao C, Retana MV, Suárez N (2013) Differential use of food resources between the Kelp Gull *Larus dominicanus* and the threatened Olrog's Gull *L. atlanticus*. *Ardeola* 60:29-44. <https://doi.org/10.13157/arla.60.1.2012.29>
- Yurkievich GJ (2013) Pesca y puerto en la ciudad de Mar del Plata: Relaciones íntimas entre una actividad económica transformada y un espacio deteriorado. *Estudios Socioterritoriales* 14
- Zumpano F, Castano M, Favero M, García GO (2021) Factors affecting individual foraging behavior in a threatened seabird: Olrog's Gull (*Larus atlanticus*) as a case study. *Canadian Journal of Zoology* 99 (8):658-664. <https://doi.org/10.1139/cjz-2020-0203>
- Zumpano F, Copello S, Cabral VN, Favero M, García GO (2024) Interaction between coastal-marine birds and recreational fisheries in Argentine: incorporating the social dimension to improve effectiveness of conservation and management measures in a key estuarine reserve. *Marine Policy* 167:106278. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106278>
- Zumpano F, Copello S, Favero M, García GO (2023) Research trends and future perspectives of recreational fisheries in South America. *Fisheries Research* 258:106546. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106546>
- Zumpano F, García GO (2022) Interacciones intra-específicas durante la alimentación en grupo en la Gaviota de Olrog (*Larus atlanticus*). *El Hornero* 37:51-63
- Zusi RL (1996) Family Rynchopidae (skimmers). Pp. 668-677 en: Del Hoyo J, Elliott A Y Sargatal J (eds.) *Handbook of the birds of the world. Volumen 3. Hoatzin to auks*. Lynx Edicions, Barcelona



CRECIMIENTO POSNATAL EN AVES MARINAS DE SUDAMÉRICA: ADAPTACIONES, ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA SU ESTUDIO

POSTNATAL GROWTH IN SOUTH AMERICAN SEABIRDS: ADAPTATIONS, STATE OF KNOWLEDGE AND STATISTICAL TOOLS FOR ITS STUDY

Walter S. Svagelj

Grupo Vertebrados, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina

*wsvagelj@mdp.edu.ar

RESUMEN: La etapa de crecimiento posnatal es clave en el ciclo de vida de los individuos ya que la variación en las trayectorias de crecimiento y los fenotipos juveniles resultantes pueden afectar directamente a las habilidades competitivas, la supervivencia y el éxito de apareamiento futuro, lo que se refleja en última instancia en términos de eficacia biológica. En este sentido, a pesar de que diferentes aspectos del crecimiento corporal han sido estudiados en aves en general y aves marinas en particular, los estudios realizados en aves marinas sudamericanas son escasos. Aquí, presento una síntesis de causas próximas, últimas, e implicancias de la variación en el crecimiento corporal en aves marinas, abordando además la utilidad de algunas herramientas estadísticas para su estudio. Asimismo, planteo una revisión bibliográfica de la información existente para la región, identificando aspectos de interés a ser considerados en futuros estudios.

PALABRAS CLAVE: *dimorfismo sexual en tamaño, modelos de crecimiento, modelos no lineales mixtos (MNLMM), tamaño adulto estimado, tasa de crecimiento*

ABSTRACT: The postnatal growth stage is key in the life cycle of individuals since variation in growth trajectories and the resulting juvenile phenotypes can directly affect competitive abilities, survival and future mating success, which is ultimately reflected in terms of fitness. In this sense, although different aspects of body growth have been studied in birds in general and seabirds in particular, studies in South American seabirds are scarce. Here, I present a synthesis of proximate causes, ultimate causes, and implications of variation in postnatal growth in seabirds, also addressing the usefulness of some statistical tools for its study. I also present a bibliographic review of the existing information for the region, identifying aspects of interest to be considered in future studies.

KEYWORDS: *growth models, growth rate, non-linear mixed models (NLMM), predicted adult size, sexual size dimorphism*

I. AVES MARINAS, CRECIMIENTO POSNATAL EN AVES, Y EVOLUCIÓN ANTE AMBIENTES SUB-ÓPTIMOS

El crecimiento posnatal es un carácter de historia de vida que presenta considerable variación entre los distintos órdenes y familias de aves (Ricklefs 1968a,

Stearns 1992, Starck & Ricklefs 1998a, 1998b). De hecho, las aves marinas exhiben una amplia diversidad en los patrones de desarrollo y crecimiento a lo largo del espectro altricial-precocial (Starck & Ricklefs 1998a, Hamer et al. 2002, Visser 2002). Por ejemplo, los pichones de cormoranes (familia Phalacrocoracidae) y piqueros (Sulidae) son altriciales, naciendo sin

plumas y con los ojos cerrados, siendo completamente dependientes del calor, protección y alimento entregado por los progenitores en el nido, mientras que los pichones de algunos mérgulos y alcas (Alcidae) son precoces y abandonan el nido rápidamente luego del nacimiento -en el género *Synthliboramphus*, a los dos días de edad, incluso-, mucho antes de alcanzar el tamaño adulto (Hamer et al. 2002, Visser 2002). Más allá de esta diversidad en el patrón de desarrollo, todas las especies de aves marinas se caracterizan por ser longevas y tener una baja mortalidad anual, una maduración sexual y reproducción tardías, y una baja tasa de reproducción anual (Hamer et al. 2002). Así, muchas aves marinas pueden vivir más de 30 años, no comienzan a reproducirse hasta los 3 años de edad o más y sólo ponen de uno a tres huevos por puesta (Hamer et al. 2002). El periodo de crecimiento de los pichones es altamente variable entre especies de aves marinas (1-9 meses), aunque para la mayoría de las especies queda circunscripto a los 2-4 meses desde el nacimiento (Hamer et al. 2002). Debido a que el crecimiento y desarrollo adquirido durante esas primeras semanas de vida será un determinante del fenotipo de individuos que, típicamente, pueden llegar a vivir varias décadas, esta ventana temporal debería estar sujeta a una fuerte presión de selección (Gebhardt-Henrich & Richner 1998, Lindström 1999).

En condiciones ideales, el crecimiento corporal estaría fundamentalmente limitado por la capacidad de diferenciación de tejidos del pichón en desarrollo (Metcalf & Monaghan 2001). Sin embargo, este escenario ideal muy raramente se da y los individuos deben desarrollarse en un amplio gradiente de condiciones sub-óptimas en las cuales el alimento recibido es limitante (Schew & Ricklefs 1998). Un ambiente de crecimiento sub-óptimo puede tener efectos negativos tanto en las trayectorias de crecimiento como en los fenotipos juveniles resultantes, pudiendo afectar directamente a las habilidades competitivas, la supervivencia y el éxito de apareamiento futuro de los individuos (Schew & Ricklefs 1998, Metcalf & Monaghan 2001, 2003, West-Eberhard 2003). Entre los diversos efectos negativos de un pobre crecimiento están una menor supervivencia (Bolton 1991, Harris et al. 1992), menor tasa de reclutamiento (Coulson & Porter 1985) y un acortamiento y aceleración en la pérdida de telómeros (Watson et al. 2015). Ante estos típicos ambientes no ideales y variables, los organismos han desarrollado diferentes estrategias como el *crecimiento convergente*, el *crecimiento compensatorio* y el *crecimiento diferencial*.

Para los individuos de muchas especies, el tamaño como adulto tiene una importante influencia en su eficacia biológica. Ante un escenario sub-óptimo en términos de provisión de alimento, los pichones tendrán un menor crecimiento y desarrollo que el que se corresponde con el ideal -lo que provocará un desfase entre la edad cronológica y la correspondiente al desarrollo alcanzado-, y si esta restricción persiste, un menor tamaño final. Ahora, si las condiciones cambiasen y se tornasen favorables durante el crecimiento, los pichones podrían reponerse mostrando un *crecimiento convergente* ("catch-up growth"; Jobling 2010, Hector & Nakagawa 2012), lo que implica que aún podrían alcanzar el tamaño adulto de una situación de crecimiento ideal a expensas de crecer durante un mayor periodo de tiempo (Hector & Nakagawa 2012, Aldredge 2016). Por otro lado, los pichones podrían recuperarse a través de un *crecimiento compensatorio* ("compensatory growth"; Hector & Nakagawa 2012), es decir, compensar el menor desarrollo inicial a través de una tasa de crecimiento mayor a la ideal, lo que les permitiría crecer más rápido, recuperarse y acercarse al tamaño y desarrollo correspondientes a su edad cronológica. Estas estrategias, sin embargo, podrían tener un costo asociado en términos de un aumento de la probabilidad de depredación -a consecuencia del mayor tiempo de permanencia en el nido- y un menor tiempo para el desarrollo de habilidades cognitivas o destrezas antes de que las condiciones ambientales o de alimento desmejoren, para el caso del crecimiento convergente, o en el caso del crecimiento compensatorio, de aumentar la acumulación de daño celular, resistencia al estrés oxidativo, acortamiento de telómeros, y reducir la supervivencia y fecundidad (Mangel & Munch 2005, Hector & Nakagawa 2012). Basándose en diversos metanálisis en una amplia gama de taxones, Hector & Nakagawa (2012) encontraron que ambas estrategias tienen un costo asociado en términos de eficacia biológica, aunque en el corto plazo resulten beneficiosas.

Por otro lado, los efectos negativos de un ambiente sub-óptimo no necesariamente afectan en forma homogénea a todas las características corporales del individuo en desarrollo. De hecho, los individuos en crecimiento pueden exhibir una plasticidad que les permite ajustar su morfología, fisiología y comportamiento y así maximizar su eficacia biológica en relación al ambiente que experimentan (Starck & Ricklefs 1998a, West-Eberhard 2003). De esta forma, los individuos que crezcan en ambientes desfavorables podrían priorizar la asignación de recursos al desarrollo de aquellas estructuras o características

corporales clave que aumenten sus probabilidades de supervivencia y reproducción (O'Connor 1977, Gil et al. 2008, Coslovsky & Richner 2011, Mainwaring & Hartley 2012). Es importante notar que la asignación de recursos -ya de por sí, limitados- a determinados caracteres o estructuras relevantes en etapas tempranas del desarrollo (e.g., pichones), se podría encontrar en una solución de compromiso con otros caracteres que pueden ser relevantes en otras etapas del ciclo de vida (Roff 1992, Stearns 1992, Mock & Parker 1997, Mainwaring & Hartley 2012). Por ejemplo, una mayor inversión en estructuras que aumenten la habilidad competitiva del pichón en el nido (e.g., ancho o área expuesta del pico que represente un mayor estímulo para los progenitores al distribuir el alimento; Glassey & Forbes 2002, Gil et al. 2008) podría ir en detrimento de otro carácter que resulte relevante, unos días más tarde, para su supervivencia al abandonar el nido (peso corporal, largo del tarso, largo del ala). Es importante destacar que los caracteres clave diferirán entre especies dependiendo de sus características de historia de vida y estrategias reproductivas, e incluso podrían diferir entre poblaciones de una misma especie sujetas a diferentes presiones selectivas (Mainwaring & Hartley 2012). Considerando todas estas aristas, es claro el por qué el estudio de este *crecimiento diferencial* y sus causas y consecuencias es un área de investigación apasionante y fértil, con un muy interesante desarrollo reciente en aves (Nilsson & Gårdmark 2001, Johnson et al. 2003, Gil et al. 2008, Mainwaring et al. 2009, 2011, Mainwaring & Hartley 2012).

Finalmente, un mismo ambiente de crecimiento puede tener un efecto diferente dependiendo del sexo del pichón en desarrollo (Kalmbach & Benito 2007). En especies que presentan dimorfismo sexual en tamaño corporal, el sexo más grande suele crecer a una tasa de crecimiento absoluto mayor (Richner 1991), requiere más energía e inversión parental (Weathers 1992, Anderson et al. 1993, Krijgsvelde et al. 1998) y, en consecuencia, es más vulnerable a los entornos alimentarios sub-óptimos (Kalmbach & Benito 2007). En especies de aves sexualmente dimórficas en tamaño se ha documentado una mayor sensibilidad del sexo más grande para rasgos tan diversos como la supervivencia de los pichones (Teather & Weatherhead 1989, Torres & Drummond 1997, Nager et al. 2000), el peso a la independencia (Kalmbach et al. 2005), la tasa de crecimiento (Daunt et al. 2001) y la edad a la que se alcanza el máximo crecimiento (Kalmbach et al. 2009). Esta *sensibilidad sexo-dependiente* puede ser intrínseca (i.e., desventaja fisiológica del sexo mayor tamaño) o extrínseca (i.e., desventaja de un sexo debida a las inte-

racciones entre la progenie; Kalmbach & Benito 2007). Así, la sensibilidad sexo-dependiente puede afectar al valor reproductivo relativo de los sexos y, por tanto, se espera que influya en las estrategias de inversión de los progenitores (Trivers & Willard 1973, Clutton-Brock et al. 1985, Clutton-Brock 1991, Hardy 2002).

El estudio del crecimiento convergente, compensatorio, diferencial y de sensibilidad sexo-dependiente en aves tiene una gran parte de su cuerpo de evidencia proveniente de estudios en paseriformes y en menor medida en aves marinas. Para el caso de las aves marinas sudamericanas, existen algunos trabajos los cuales están mayormente conducidos en unas pocas especies. En la siguiente sección se presentará un panorama del estado del conocimiento actual del crecimiento en aves marinas de Sudamérica.

II. ESTADO DEL CONOCIMIENTO DEL CRECIMIENTO POSNATAL EN AVES MARINAS DE SUDAMÉRICA

Metodología y criterios de inclusión

En este trabajo se consideraron sujetos de revisión a las aves marinas que reproducen en los Grandes Ecosistemas Marinos de Sudamérica, siendo estos grandes áreas costeras y oceánicas adyacentes al continente, definidas por su batimetría, hidrografía, productividad y relaciones tróficas (Sherman et al. 1990, Sherman 1991), excluyéndose de la revisión a islas no costeras. Mediante la plataforma de búsqueda Google Académico (<https://scholar.google.com.ar>) y el portal Scientific Electronic Library Online (<https://search.scielo.org/>), se realizó una búsqueda de artículos utilizando como palabras clave los nombres científicos -actuales y pasados- de las especies de aves marinas que reproducen en la región (Hoyo et al. 1992, 1996, Schreiber & Burger 2002). Asimismo, se utilizaron los términos "growth" y "crecimiento" asociados a los nombres científicos con el objeto de tener referencias más directas. Se seleccionaron aquellos artículos publicados hasta marzo de 2024 que contemplaron cualquier tipo de estudio cuantitativo en alguna característica corporal (e.g., peso corporal, largo del tarso, alto del pico) a lo largo del crecimiento, siendo excluidos los estudios que no satisficieron esto o que fueron realizados en las especies abordadas pero fuera de la región. Asimismo, se exploraron e incluyeron artículos, tesis, informes y actas de congreso publicadas que surgieron de la bibliografía de los artículos analizados o por el intercambio con colegas.

¿Qué sabemos sobre el crecimiento posnatal en aves marinas sudamericanas?

La mayor parte de los estudios relacionados a algún aspecto del crecimiento posnatal de aves marinas sudamericanas estuvo circunscripto a unas pocas especies (Tabla 1). Así, la mayoría de los trabajos fueron realizados en el Cormorán Imperial (*Leucocarbo atriceps*) y el Pingüino Patagónico (*Spheniscus magellanicus*). A continuación, se sintetizan los principales aportes para las especies que se reproducen en Sudamérica.

El Cormorán Imperial (*Leucocarbo atriceps*) es un ave marina de tamaño mediano que se alimenta en el mar en base a buceos propulsados por sus patas (Hoyo et al. 1992, Quintana et al. 2022). Es una especie monógama (Calderón et al. 2012), sexualmente dimórfica en tamaño con los machos siendo más grandes y pesados (18%) que las hembras (Malacalza & Hall 1988, Svagelj & Quintana 2007). En esta especie el tamaño de puesta modal es de tres huevos, los cuales eclosionan asincrónicamente con pichones altriciales que nacen sin plumas y con los ojos cerrados, que crecen y se desarrollan hasta alcanzar la muda juvenil aproximadamente a los tres meses de edad (Malacalza & Navas 1996, Punta et al. 2003, Frere et al. 2005, Svagelj & Quintana 2011a, 2011b). El crecimiento en tarso se completa a los 25-30 días de edad mientras que el crecimiento completo del pico y cabeza se alcanza a los 40-45 días, siendo el crecimiento total del ala alcanzado cerca de los dos meses de edad (Malacalza & Navas 1996, Punta et al. 2003, Svagelj & Quintana 2017). Los machos presentan valores asintóticos y tasas de crecimiento absoluto mayores a las hembras, aunque la aparición del dimorfismo sexual varía entre características corporales. El dimorfismo en peso, largo de pico y largo de cabeza surge tempranamente (10-15 días), en tanto que esa diferencia entre sexos es más tardía en los largos del tarso (20 días) y ala (40 días, Svagelj & Quintana 2017). El orden de nacimiento de los pichones y el nivel de asimetría en edad entre los mismos -consecuencia del nacimiento asincrónico- son factores determinantes del crecimiento en esta especie (Svagelj 2009, 2019). En nidadas de tres pichones, la ganancia en peso de los pichones disminuye con el orden de su nacimiento, donde el tercer pichón en nacer usualmente muere de inanición en la primera semana de vida (Svagelj 2009, 2019). En un estudio que modeló el crecimiento en peso ante distintos tratamientos experimentales en los cuales la asimetría en edad entre hermanos de nidada fue modificada, se encontró que el peso asintótico de los pichones de nidadas simétricas (i.e., tres pichones nacidos el mismo día) fue menor que el correspondiente

a nidadas naturalmente asimétricas (i.e., tres pichones donde dos de ellos nacieron dos y cuatro días después respecto al primero, en promedio; Giudici et al. 2017). En esta especie la utilización de parámetros bioquímicos del plasma sanguíneo de pichones como indicadores de crecimiento y condición física, tuvo una aplicabilidad limitada (Gallo et al. 2017). Con un enfoque netamente metodológico, la información del crecimiento de esta especie fue utilizada para evaluar la pertinencia de diferentes modelos matemáticos de amplia aplicación en el estudio del crecimiento corporal en aves, presentando amplio soporte al modelo de Richards (Tjørve & Tjørve 2010, 2017) en relación a modelos más clásicos como el logístico, Gompertz o von Bertalanffy (Svagelj et al. 2019). Finalmente, en esta especie se evaluó el efecto sexo-dependiente del tamaño de nidada y del orden de nacimiento en el crecimiento en peso, encontrando que las hembras pueden tener pleno desarrollo y alcanzar el tamaño adulto máximo aún en nidadas en la que se independicen dos pichones, siempre que éstas sean el pichón de mayor edad del nido. En el caso de los pichones macho, los que se emanciparon como único pichón del nido tuvieron un mayor peso que los pichones de mayor edad de nidadas de dos pichones independizados (Svagelj et al. 2021). A pesar de esta sensibilidad sexo-dependiente, los Cormoranes Imperiales no realizan una asignación diferencial del sexo de su progenie, ni en términos de la razón de sexos total de la nidada ni en relación al orden de puesta (Svagelj 2009, Svagelj & Quintana, datos inéditos).

Como todas las especies pertenecientes a la familia Phalacrocoracidae, el Biguá (*Nannopterum brasilianus*) es una especie dimórfica con pichones altriciales de eclosión asincrónica (Frere et al. 2005). En un estudio realizado en la zona central de Chile, Kalmbach & Becker (2005) estudiaron el crecimiento en peso en relación al orden de nacimiento y el tamaño de nidada. En las nidadas de cuatro pichones, los últimos pichones en nacer tuvieron una menor tasa de crecimiento absoluto en relación al resto de los pichones. Esta diferencia entre el último pichón en nacer y el resto de la nidada, sin embargo, no fue detectable en nidadas más pequeñas (Kalmbach & Becker 2005).

Un estudio que incluyó a varias especies de aves guaneras de Perú analizó el crecimiento básico de pichones del Guanay (*Leucocarbo bougainvillii*), Piquero variado (*Sula variegata*), Piquero Patiazul (*Sula nebouxi*) y Pelicano Pardo (*Pelecanus thagus*) en las islas Lobos de Tierra, Macabí y Mazorca y en la Punta San Juan (Jahncke & Paz-Soldán 1998). Además de la caracteri-

Tabla 1. Estudios relacionados al crecimiento posnatal de aves marinas en Sudamérica. Se detalla el carácter analizado (Peso representa el peso corporal, Pico incluye medidas de la totalidad o partes del pico en su largo, alto o ancho, Pata representa alguna característica de los miembros inferiores -pie, pata, tarso, etc. - y Ala, largo del ala. Modelo refiere a la ecuación utilizada para estimar los parámetros de crecimiento, donde L, G, vB y R representan los modelos Logístico, Gompertz, von Bertalanffy y Richards, respectivamente, a través de los cuales se analizó el tamaño adulto estimado (A) o alguna forma de tasa de crecimiento (k). Predictores refiere a los principales factores implicados en la variación del crecimiento (1 = año, 2 = sexo, 3 = fecha de nacimiento en la temporada, 4 = tamaño de la nidada, 5 = orden de nacimiento o asincronía/asimetría entre pichones de la nidada, 6 = locación o lugar de reproducción, 7 = otro predictor).

Especie	Autores	Característica				Modelo			Parámetro		Predictores
		Peso	Pico	Pata	Ala	L	G	vB	R	k	
SULIFORMES											
Phalacrocoracidae											
Cormorán Imperial (<i>Leucocarbo atriceps</i>)	Malacalza & Navas (1996)	✓	✓	✓		✓					
	Punta et al. (2003)	✓	✓	✓			✓			✓	✓
	Svageļj (2009)	✓	✓	✓	✓		✓			✓	2
	Gallo et al. (2017)	✓							✓		7
	Giudici et al. (2017)	✓							✓	✓	2 3 4 5
	Svageļj & Quintana (2017)	✓	✓	✓	✓				✓	✓	2
	Svageļj (2019)	✓									5
Biguá (<i>Nannopterum brasilianus</i>)	Svageļj et al. (2019)	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	7
	Svageļj et al. (2021)	✓							✓	✓	1 2 3 4 5
	Kalmbach & Becker (2005)	✓				✓				✓	4 5
	Jahncke & Paz-Soldán (1998)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	3 6
Sulidae											
Piquero variado (<i>Sula variegata</i>)	Jahncke & Paz-Soldán (1998)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	3 6
Piquero Patiazul (<i>Sula nebouxii</i>)	Jahncke & Paz-Soldán (1998)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			3
	Duffy & Ricklefs (1981)	✓	✓	✓	✓		✓				
Fregatidae											
Ave Fragata (<i>Fregata magnificens</i>)	Zavalaga (2015)	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	2
PELECANIFORMES											
Pelecanidae											
Pelicano Pardo (<i>Pelecanus thagus</i>)	Guerra & Cikutovic (1983)	✓	✓	✓	✓						

Especie	Autores	Peso	Pico	Pata	Ala	L	G	vB	R	k	A	Predictores
SPHENISCIFORMES												
Spheniscidae												
Pinguino Patagónico (<i>Spheniscus magellanicus</i>)	Jahncke & Paz-Soldán (1998)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	Boersma (1992)	✓										1 4 5
	Boersma & Stokes (1995)	✓		✓								5
	Radl & Culik (1999)	✓										5 6
	Barrionuevo & Frere (2014)	✓	✓	✓	✓							1 5 7
	Barrionuevo & Frere (2017)	✓					✓				✓	1 5
	Barrionuevo et al. (2018)	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	1 7
	Barrionuevo et al. (2021)	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	2
	Gownaris & Boersma (2021)	✓	✓	✓	✓							
	Riveros (1999), en Lau Alarcón (2021)	✓								✓		1
Pinguino de Humboldt (<i>Spheniscus humboldti</i>)	Castro (2005), en Lau Alarcón (2021)	✓								✓		1
	Lau Alarcón (2021)	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	1 7
PROCELLARIIFORMES												
Procellariidae												
Petrel Gigante del Sur (<i>Macronectes giganteus</i>)	Copello et al. (2006)	✓	✓	✓	✓							2
Potoyunco Peruano (<i>Pelecanoides garnotii</i>)	Jahncke & Goya (1998)	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	1 3
CHARADRIIFORMES												
Laridae												
Gaviota Cocinera (<i>Larus dominicanus</i>)	Yorio & García Borboroglu (2002)		✓	✓		✓		✓			✓	5
	Dantas & Morgante (2010)	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	
	Kasinsky et al. (2022)	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓	1
	Guerra et al. (1988)	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	7
Gaviotín Peruano (<i>Sterna lorata</i>)	Zavalaga et al. (2008)	✓				✓				✓	✓	

zación de las curvas de crecimiento de esas especies, se pudo establecer que el peso corporal de los volantes de Guanay estuvo inversamente relacionado con el tamaño de la colonia en la que crecieron, en tanto que el de los piqueros variados dependió de la fecha de nacimiento de los pichones, con los mayores pesos siendo registrados en verano (Jahncke & Paz-Soldán 1998). Adicionalmente, basándose en dos visitas a las islas Lobos de Tierra y Macabí, Duffy & Ricklefs (1981) realizaron una descripción del crecimiento en peso, largos de pico y de ala del Piquero Patiazul. Finalmente, para el Pelicano Pardo también existe información sobre el crecimiento de pichones en condiciones controladas en un aviario en Chile, en las que se estableció que las extremidades que más rápido crecen son el tarso, húmero y radio-cúbito, las que solucionan a temprana edad lo concerniente a la locomoción de los pichones (Guerra & Cikutovic 1983).

El Ave Fragata (*Fregata magnificens*) presenta un dimorfismo sexual reverso, es decir que las hembras son más grandes y pesadas que los machos, con pichones altriciales (Diamond & Schreiber 2002). En Tumbes, Perú, se encontró que el crecimiento estructural en relación al peso corporal fue casi dos veces más rápido que el correspondiente a pichones de otros lugares de reproducción como Isla de Barbuda en las Antillas o Baja California en México, probablemente debido a mejores condiciones de disponibilidad de alimento (Zavalaga 2015). Este mayor desarrollo permitió que los pichones de Tumbes comiencen a volar a una edad más temprana que los de los otros sitios de reproducción (Zavalaga 2015).

El Pingüino Patagónico (*Spheniscus magellanicus*) es un ave monógama, dimórfica en tamaño con machos más grandes que hembras, puestas típicas de dos huevos de eclosión asincrónica y pichones semialtriciales que se distribuye en las costas Atlántica y Pacífica de Sudamérica (Scolaro et al. 1983, Hamer et al. 2002, Bertellotti et al. 2002, Schiavini et al. 2005). Modelando el crecimiento en peso, largo y alto del pico, largo de pie y de aleta, en esta especie se evaluó el surgimiento del dimorfismo y los costos de crianza sexo-dependientes, encontrando que los machos son más grandes que las hembras con un dimorfismo en peso apreciable desde los 30 días de edad, y un costo energético de crianza ligeramente mayor (Barrionuevo et al. 2021). En esta especie, el dimorfismo sexual en largo y alto del pico, y largo de aleta ya es evidente a los 70 días de edad y permite determinar el sexo de los pichones en base a su morfometría (Bertellotti et al. 2002). El tamaño de nidada tiene un efecto en el cre-

cimiento donde la parte final del crecimiento en peso de los pichones criados en solitario muestra un mayor peso que la correspondiente a pichones de nidadas de dos individuos (Boersma 1992). En comparación con los pichones de la costa Atlántica, los que se desarrollaron en dos colonias del sur de Chile mostraron una mayor tasa de crecimiento y el peso al volantoneo (Radl & Culik 1999). En esta especie, el tamaño del huevo tiene una relación positiva con el peso de los pichones hasta los 12 días, y con su tamaño corporal hasta los 48 días (Barrionuevo & Frere 2014). El peso de los pichones a la independencia no tiene una relación con la eclosión asincrónica (Boersma & Stokes 1995). Sin embargo, la manipulación experimental de la asincronía de nacimiento revela que esta afecta al crecimiento donde los pichones de nidadas de 2 días de asimetría volantonean a un mayor peso que el correspondiente a pichones de nacimiento sincrónico (Barrionuevo & Frere 2017). Otro factor relacionado positivamente al crecimiento de los pichones es la condición corporal paterna (Barrionuevo et al. 2018). Finalmente, utilizando una base de datos de largo término, se analizó el crecimiento diferencial en esta especie encontrando que los pichones primero asignaron los recursos a desarrollar las patas y luego las aletas (Gownaris & Boersma 2021). Por otro lado, el crecimiento de los pichones que finalmente murieron fue más lento y variable en relación a los exitosos (Gownaris & Boersma 2021).

El Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*) habita las costas del Pacífico de Perú y Chile y al igual que su pariente patagónico, es dimórfico en tamaño, tiene puestas típicas de dos huevos de eclosión asincrónica y pichones semialtriciales (Hoyo et al. 1992, Zavalaga & Paredes 1997a, 1997b, Hamer et al. 2002). En esta especie tanto el peso corporal asintótico como la tasa de crecimiento en peso varían interanualmente (Riveros 1999, Castro 2005, Lau Alarcón 2021); sin embargo, los tamaños asintóticos de los caracteres morfométricos (tarso, culmen, aleta) son relativamente estables a través de los años y no exhiben variación considerable (Lau Alarcón 2021). Asimismo, las anomalías de la temperatura superficial del mar durante el desarrollo no estarían relacionadas con la tasa de crecimiento de los pichones (Lau Alarcón 2021).

El Petrel Gigante del Sur (*Macronectes giganteus*) es un procelariforme de gran tamaño que exhibe notable dimorfismo sexual donde los machos son 40% más pesados que las hembras, y sus pichones -provenientes de puestas de un único huevo- son altriciales (Quintana et al. 2005, Copello et al. 2006). En esta es-

pecie se estudió el desarrollo del peso corporal, largo y alto del pico, y largos de tarso y ala en relación al sexo de los pichones, encontrando un extenso periodo de crecimiento de los pichones, de 3-4 meses, donde el dimorfismo sexual comienza a surgir a partir del mes de vida fundamentalmente para el alto del pico (Copello et al. 2006).

El Potoyunco Peruano (*Pelecanoides garnotii*) es un procelariforme de pequeño tamaño que habita las costas de Chile y Perú. En Isla La Vieja (Perú) se analizó el crecimiento en peso corporal y largo del ala en esta especie, determinando que los pichones requieren de 70 a 80 días para completar el desarrollo (Jahncke & Goya 1998).

Finalmente, existe información del crecimiento de varios láridos. La Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) es un lárido dimórfico con machos más grandes que hembras, puestas típicas de tres huevos y pichones semi-precociales (Torlaschi et al. 2000, Yorio et al. 2005). En esta especie la duración de la etapa de cría de pichones se extiende por 9-10 semanas en las cuales el largo del tarso es la característica que primero alcanza los valores asintóticos adultos (Yorio & García Borboroglu 2002, Dantas & Morgante 2010, Kasinsky et al. 2022), no difiriendo entre primer, segundo y tercer pichón del nido a las cuatro semanas de edad (Yorio & García Borboroglu 2002). La Gaviota Garuma (*Leucophaeus modestus*) es una especie que se alimenta en el mar pero que nidifica en el interior del desierto de Atacama a 35-100 km de la costa del Pacífico de Chile (Guerra et al. 1988). En esta especie no existen diferencias en el peso asintótico estimado entre pichones criados en aviario con alimento *ad libitum* y aquellos en silvestria (Guerra et al. 1988). Dentro de esta familia también existe información del crecimiento de un pichón del Gaviotín Peruano (*Sternula lorata*), una especie amenazada desde el punto de vista de su conservación para la cual se conoce muy poco (Zavalaga et al. 2008).

A modo de síntesis, podemos decir que existe información básica sobre el desarrollo y crecimiento corporal solo para algunas especies de los cinco órdenes (Tabla 1). Debido fundamentalmente a restricciones logísticas impuestas por la locación de los sitios de reproducción y la sensibilidad ante disturbios, se desconoce esa información básica para la mayoría de las especies de aves marinas que se reproducen en la región. Así, para enriquecer nuestra comprensión de la evolución del crecimiento, se necesita incorporar estudios en especies que aún no han sido abordadas. Asimismo, los estudios que evaluaron específicamente la existencia de crecimientos diferencial o de sensibi-

lidad sexo-dependiente son escasos y puntuales (Gownaris & Boersma 2021, Svagelj et al. 2021). Un aspecto a considerar a futuro es que a pesar de que la mayoría de las especies de aves marinas exhiben dimorfismo sexual en tamaño (Fairbairn & Shine 1993, Croxall 1995), varios estudios no han considerado esa fuente de variación en sus análisis del crecimiento, siendo ello un elemento fundamental al momento de evaluar hipótesis con precisión. Sea a través de técnicas de biología molecular utilizando muestras de sangre (Ellegren 1996) o en base a la morfometría de pichones de sexo conocido (Bertellotti et al. 2002, Svagelj & Quintana 2017), el determinar el sexo de las aves en desarrollo resulta fundamental a la hora de estudiar especies dimórficas. Por otro lado, la mayoría de los estudios se han realizado en especies donde los machos son más grandes que las hembras, razón por lo cual son necesarios estudios que analicen el crecimiento en escúas (Stercorariidae), piqueros (Sulidae) y fragatas (Fregatidae), especies que exhiben dimorfismo sexual reverso con hembras más grandes que machos.

III. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CRECIMIENTO

La forma en que se desarrolla un determinado carácter a lo largo del tiempo no solo varía entre especies sino también entre caracteres de una misma especie, razón por la cual no existe una ecuación única ideal predeterminada para su modelado. En virtud de esa variación se han utilizado una gran cantidad de ecuaciones, la mayoría con forma sigmoideal, para modelar el crecimiento aviar (Ricklefs 1967, 1968a, 1968b). En general, estos modelos no lineales comprenden un pequeño número de parámetros (normalmente de dos a cuatro) que tienen un significado o interpretación biológica y que por lo tanto son útiles para la inferencia estadística (e.g., comparaciones entre tratamientos, inter e intra-específicas). Por ejemplo, los parámetros que se suelen considerar en las ecuaciones pueden incluir al tamaño adulto estimado (A), una tasa de crecimiento máxima relativa (k) y el punto de inflexión (T) que indica la edad en la que se da el máximo crecimiento instantáneo (Starck & Ricklefs 1998b). Los ornitólogos han utilizado principalmente modelos logísticos, de Gompertz y de von Bertalanffy (Ricklefs 1967, 1968a, Starck & Ricklefs 1998b) para describir el crecimiento posnatal. A pesar de su utilidad y simplicidad, estos modelos tienen formas fijas con un punto de inflexión fijado en un porcentaje de la asíntota superior (30, 37 y 50% para los modelos von Bertalanffy, Gompertz y logístico, respectivamente), lo que suele ser un supuesto poco realista (Tjørve &

Tjørve 2017, Svagelj et al. 2019). En este sentido, la elección de un modelo incorrecto -que no represente a los datos- derivará en asíntotas y tasas de crecimiento sesgadas e irreales (Svagelj et al. 2019). Una alternativa interesante a las ecuaciones clásicas es el modelo de Richards (Tjørve & Tjørve 2010) que incluye un parámetro adicional que determina la ubicación del punto de inflexión, por lo que los modelos logístico, Gompertz y von Bertalanffy representan casos particulares de la ecuación de Richards. Más aún, ciertos caracteres como el peso corporal de algunas especies de aves marinas (e.g., procelariiformes) o estructuras relacionadas a las boqueras o el ancho del pico en paseriformes pueden mostrar un desarrollo máximo y luego un decrecimiento antes de llegar al valor representativo de adulto. Esta recesión (Ricklefs 1968b) no puede ser representada por modelos simples con una asíntota superior, pero sí por ecuaciones dobles donde sea modelada naturalmente (e.g., un modelo Richards-Richards; Huin & Prince 2000, Oswald et al. 2012). Considerando todo esto, la elección y evaluación de diferentes modelos matemáticos candidatos es un paso fundamental antes de seleccionar aquel que presente un buen ajuste a un determinado carácter (Svagelj et al. 2019).

Por otro lado, los modelos no lineales de efectos mixtos (en adelante, MNLM; Pinheiro & Bates 2000) se han convertido en una potente herramienta para analizar el crecimiento posnatal (Oswald et al. 2012, Sofaer et al. 2013, Aldredge 2016). Los MNLM pueden hacer frente a la falta de independencia estadística entre los datos, como ocurre con múltiples mediciones en el mismo individuo o mediciones en grupos de individuos relacionados (por ejemplo, pichones de una misma nidada, o pichones de los mismos progenitores a lo largo de los años). Estos modelos permiten la inclusión simultánea de parámetros de crecimiento como efectos fijos, que describen la curva media de crecimiento, así como efectos aleatorios que permiten la variación aleatoria en torno a los valores medios poblacionales (Sofaer et al. 2013, Aldredge 2016). Además, los MNLM permiten un enfoque regresivo en el que el efecto de las variables predictoras puede evaluarse para cada parámetro de crecimiento (Kalmbach et al. 2009, Giudici et al. 2017, Svagelj & Quintana 2017). Así, la aplicación de la ecuación de Richards utilizando el enfoque de MNLM aparece como una herramienta analítica flexible y poderosa a tener en cuenta para el análisis del crecimiento aviar. Alternativamente, la estadística bayesiana también ha mostrado su versatilidad y utilidad a la hora de ajustar modelos no lineales de crecimiento (Finco et al. 2016,

Sawada et al. 2021), siendo una muy interesante opción a aplicar en futuros estudios.

En relación a los análisis empleados en el estudio del crecimiento de las aves marinas sudamericanas, existió una amplia variedad de enfoques estadísticos desde la medición puntual del tamaño a determinadas edades a lo largo del crecimiento, hasta el modelado aplicando MNLM con un enfoque regresivo poniendo a prueba variables predictoras. En este sentido, es interesante destacar que el modelado de los datos utilizando una determinada ecuación de crecimiento (Tabla 1) permite estimar parámetros (con un significado biológico, como A = tamaño adulto estimado, o k = tasa de crecimiento) que pueden sintetizar el crecimiento y ser comparados. Así, en futuros estudios, la opción de ajustar los datos a ecuaciones o modelos matemáticos debería ser aplicada siempre que sea posible.

IV. CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS DEL ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO EN AVES MARINAS DE SUDAMÉRICA

El estudio del crecimiento corporal en aves marinas sudamericanas tiene un interesante campo de desarrollo por delante en relación a su evolución histórica (considerando sus patrones, presiones de selección y plasticidades) y a los escenarios y amenazas futuras. Los factores moduladores en relación a impactos antrópicos como pesquerías, basurales y turismo y sus consecuencias en el crecimiento y por ende en las dinámicas poblacionales augura una profundización de estos estudios a futuro. Por otro lado, el escenario actual de cambio climático predice que el incremento en la temperatura global que se ha dado en las últimas décadas continuará a futuro así como también se incrementará la severidad y frecuencia de olas de calor y eventos extremos (IPCC 2021). Existe evidencia de que los cambios recientes en los patrones de temperatura repercuten sobre el desarrollo y reproducción de las aves, siendo el crecimiento de pichones una etapa clave (Stevenson & Bryant 2000, Quillfeldt & Masello 2013, Wingfield et al. 2017, Keogan et al. 2018, Andreasson et al. 2020, Sauve et al. 2021, Quintana et al. 2022). Así, futuros estudios son necesarios para enriquecer nuestra comprensión de esta etapa clave en el ciclo vital de las aves marinas sudamericanas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Editora Asociada Andrea Raya Rey y a dos revisores anónimos por los comentarios

vertidos sobre la versión original de esta revisión, los cuales mejoraron la misma en términos de contenido, presentación y claridad.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aldredge RA (2016) Using non-linear mixed effects models to identify patterns of chick growth in House Sparrows *Passer domesticus*. *Ibis* 158:16–27. <https://doi.org/10.1111/ibi.12312>
- Anderson DJ, Reeve J, Gomez JEM, Weathers WW, Hutson S, Cunningham HV, Bird DM (1993) Sexual size dimorphism and food requirements of nestling birds. *Canadian Journal of Zoology* 71:2541–2545. <https://doi.org/10.1139/z93-347>
- Andreasson F, Nilsson J-Å, Nord A (2020) Avian reproduction in a warming world. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8:576331. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.576331>
- Barrionuevo M, Ciancio J, Marchisio N, Frere E (2018) Parental body condition and high energy value of fish determine nestling success in Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*). *Marine Biology* 165:105. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3358-3>
- Barrionuevo M, Ferreti V, Ciancio J, Frere E (2021) Sex-specific costs of rearing a nestling and its implications in the brood sex ratio of Magellanic penguins. *Marine Biology* 168:125. <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03906-y>
- Barrionuevo M, Frere E (2014) Parental investment in eggs and its effect on nestling growth and survival in Magellanic penguins. *Emu – Austral Ornithology* 114:259–267. <https://doi.org/10.1071/MU13067>
- Barrionuevo M, Frere E (2017) An experimental approach to the brood reduction hypothesis in Magellanic penguins. *Journal of Avian Biology* 48:1077–1086. <https://doi.org/10.1111/jav.01200>
- Bertellotti M, Tella JL, Godoy JA, Blanco G, Foreiro MG, Donazar JA, Ceballos O (2002) Determining sex of Magellanic Penguins using molecular procedures and discriminant functions. *Waterbirds* 25:479–484. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2002\)025\[0479:DSOM-PU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2002)025[0479:DSOM-PU]2.0.CO;2)
- Boersma PD (1992) Asynchronous hatching and food allocation in the Magellanic penguin *Spheniscus magellanicus*. *Proceedings of the International Ornithological Congress* 20:961–973
- Boersma PD, Stokes DL (1995) Mortality patterns, hatching asynchrony, and size asymmetry in Magellanic Penguin *Spheniscus magellanicus* chicks. Pp. 3–25 en: Dann P, Norman I, Reilly P (eds) *The penguins: ecology and management*. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, NSW, Australia
- Bolton M (1991) Determinants of chick survival in the Lesser Black-backed Gull: relative contributions of egg size and parental quality. *Journal of Animal Ecology* 60:949–960. <https://doi.org/10.2307/5424>
- Calderón L, Svagelj WS, Quintana F, Lougheed S, Tubaro P (2012) No evidence of extra-pair paternity or intraspecific brood parasitism in the Imperial Shag *Phalacrocorax atriceps*. *Journal of Ornithology* 153:399–404. <https://doi.org/10.1007/s10336-011-0754-6>
- Castro N (2005) *Variación temporal del éxito reproductivo del Pingüino de Humboldt Spheniscus humboldti (Meyen, 1834) en Punta San Juan, Marcona Perú (2000–2003)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- Clutton-Brock TH (1991) *The evolution of parental care*. Princeton University Press
- Clutton-Brock TH, Albon SD, Guinness FE (1985) Parental investment and sex differences in juvenile mortality in birds and mammals. *Nature* 313:131–133. <https://doi.org/10.1038/313131a0>
- Copello S, Quintana F, Somoza G (2006) Sex determination and sexual size-dimorphism in Southern Giant-Petrels (*Macronectes giganteus*) from Patagonia, Argentina. *Emu* 106:141–146. <https://doi.org/10.1071/MU05033>
- Coslovsky M, Richner H (2011) Predation risk affects offspring growth via maternal effects. *Functional Ecology* 25:878–888. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2011.01834.x>
- Coulson JC, Porter JM (1985) Reproductive success of the Kittiwake *Rissa tridactyla*: the roles of clutch size, chick growth rates and parental quality. *Ibis* 127:450–466. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1985.tb04841.x>
- Croxall JP (1995) Sexual size dimorphism in seabirds. *Oikos* 73:399–403. <https://doi.org/10.2307/3545964>
- Dantas GPM, Morgante JS (2010) Breeding biology of Kelp Gull on the Brazilian coast. *Wilson Journal of Ornithology* 122:39–45. <https://doi.org/10.1676/08-104.1>
- Daunt F, Monaghan P, Wanless S, Harris MP, Griffiths R (2001) Sons and daughters: age-specific differences in parental rearing capacities. *Functional Ecology* 15:211–216
- Diamond AW, Schreiber EA (2002) *Magnificent frigatebird* (*Fregata magnificens*). En: Pool A (ed) *The birds of North America Online*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca
- Duffy DC, Ricklefs RE (1981) Observations on growth of Blue-footed Boobies and development of temperature regulation in Peruvian Guano Birds. *Journal of Field Ornithology* 52:332–336
- Ellegren H (1996) First gene on the avian W chromosome (CHD) provides a tag for universal sexing of non-ratite birds. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 263:1635–1641. <https://doi.org/10.1098/rspb.1996.0239>
- Fairbairn J, Shine R (1993) Patterns of sexual size dimorphism in seabirds of the Southern Hemisphere. *Oikos* 68:139–145. <https://doi.org/10.2307/3545964>

- org/10.2307/3545319
- Finco EM, Marcato SM, Furlan AC, Rossi RM, Grieser DdeO, Zancanela V, Oliveira TMM, Stanquevis CE (2016) Adjustment of four growth models through Bayesian inference on weight and body nutrient depositions in laying quail. *Revista Brasileira de Zootecnia* 45:737–744. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001200002>
- Frere E, Quintana F, Gandini P (2005) Cormoranes de la costa patagónica: estado poblacional, ecología y conservación. *Hornero* 20:35–52
- Gallo L, Quintana F, Svagelj WS, Uhart M (2017) Plasma biochemistries and morphometric indices of body condition in Imperial Cormorant (*Phalacrocorax atriceps*) chicks. *Waterbirds* 40:118–128. <https://doi.org/10.1675/063.040.0204>
- Gebhardt-Henrich S, Richner H (1998) Causes of growth variation and its consequences for fitness. Pp. 324–339 en: Starck J, Ricklefs RE (eds) *Avian growth and development: evolution within the altricial-precocial spectrum*. Oxford University Press
- Gil D, Bulmer E, Celis P, López I (2008) Adaptive developmental plasticity in growing nestlings: sibling competition induces differential gape growth. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 275:549–554. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1360>
- Giudici PI, Quintana F, Svagelj WS (2017) The role of hatching asynchrony in a seabird species exhibiting obligate brood reduction. *Waterbirds* 40:221–232. <https://doi.org/10.1675/063.040.0304>
- Glassey B, Forbes S (2002) Begging and asymmetric nestling competition. Pp. 269–281 en: Wright J, Leonard ML (eds) *The evolution of begging: competition, cooperation and communication*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands
- Gownaris NJ, Boersma PD (2021) Feet first: adaptive growth in Magellanic penguin chicks. *Ecology and Evolution* 11:4339–4352. <https://doi.org/10.1002/ece3.7331>
- Guerra CG, Cikutovic MA (1983) Algunos aspectos de la nidificación y el crecimiento de *Pelecanus occidentalis thagus* Molina, 1782 en el norte de Chile. *Proceedings of the First Simposium of Neotropical Ornithology* 33–48
- Guerra CG, Fitzpatrick LC, Aguilar RE (1988) Influence of desert nesting and foraging distance on growth rates in Gray Gulls (*Larus modestus*). *Auk* 105:779–783
- Hamer KC, Schreiber EA, Burger J (2002) Breeding biology, life histories, and life-history environment interactions in seabirds. Pp. 217–261 en: Schreiber EA, Burger J (eds) *Biology of marine birds*. CRC Press, Florida, USA
- Hardy ICW (2002) *Sex ratios. Concepts and research methods*. Cambridge University Press
- Harris MP, Halley DJ, Wanless S (1992) The post-fledging survival of young Guillemots *Uria aalge* in relation to hatching date and growth. *Ibis* 134:335–339. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1992.tb08012.x>
- Hector KL, Nakagawa S (2012) Quantitative analysis of compensatory and catch-up growth in diverse taxa. *Journal of Animal Ecology* 81:583–593. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2011.01942.x>
- Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, Christie DA (1992) *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 1: Ostrich to Ducks. Lynx Edicions, Barcelona, España
- Hoyo J, Elliot A, Sargatal J, Christie DA (1996) *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 3: Hoatzin to Auks. Lynx Edicions, Barcelona, España
- Huin N, Prince PA (2000) Chick growth in albatrosses: curve fitting with a twist. *Journal of Avian Biology* 31:418–425. <https://doi.org/10.1034/j.1600-048X.2000.310318.x>
- IPCC (2021) Summary for policymakers. Pp 3–32 en: Masson-Delmotte V et al. (eds) *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, UK
- Jahncke J, Goya E (1998) Biología reproductiva del Potoyunco peruano *Pelecanoides garnotii* en Isla La Vieja, costa central del Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú* 17:67–74
- Jahncke J, Paz-Soldán L (1998) La biología reproductiva de las aves guaneras y sus relaciones con la disponibilidad de anchoveta. *Boletín del Instituto del Mar del Perú* 17:55–66
- Jobling M (2010) Are compensatory growth and catch-up growth two sides of the same coin? *Aquaculture International* 18:501–510. <https://doi.org/10.1007/s10499-009-9260-8>
- Johnson LS, Wimmers LE, Campbell S, Hamilton L (2003) Growth rate, size, and sex ratio of last-laid, last-hatched offspring in the tree swallow *Tachycineta bicolor*. *Journal of Avian Biology* 34:35–43. <https://doi.org/10.1034/j.1600-048X.2003.02950.x>
- Kalmbach E, Becker PH (2005) Growth and survival of Neotropical Cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) chicks in relation to hatching order and brood size. *Journal of Ornithology* 146:91–98. <https://doi.org/10.1007/s10336-004-0061-6>
- Kalmbach E, Benito MM (2007) Sexual size dimorphism and offspring vulnerability in birds. Pp. 133–142 en: Fairbairn DJ, Blanckenhorn WU, Székely T (eds). *Sex, size and gender roles - Evolutionary studies of sexual size dimorphism*. Oxford University Press
- Kalmbach E, Furness RW, Griffiths R (2005) Sex-biased environmental sensitivity: natural and experimental evidence from a bird species with larger females. *Behavioral Ecology* 16:442–449. <https://doi.org/10.1093/beheco/ari018>
- Kalmbach E, Griffiths R, Furness RW (2009) Sex-specific growth patterns and effects of hatching condition on growth in the reversed sexually

- size-dimorphic Great Skua *Stercorarius skua*. *Journal of Avian Biology* 40:358–368. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2008.04339.x>
- Kasinsky T, Suárez N, Yorio P (2022) Evaluación de parámetros reproductivos de la Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) en una de las mayores colonias de Patagonia, Argentina. *Hornero* 37:37–50
- Keogan K, Daunt F, Wanless S, Phillips RA, Walling CA, Agnew P, Ainley DG, et al. (2018) Global phenological insensitivity to shifting ocean temperatures among seabirds. *Nature Climate Change* 8:313–318. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0115-z>
- Krijgsveld K, Dijkstra C, Visser HG, Daan S (1998) Energy requirements for growth in relation to sexual size dimorphism in Marsh Harrier *Circus aeruginosus* nestlings. *Physiological Zoology* 71:693–702
- Lau Alarcón KA (2021) *Variación interanual en la tasa de crecimiento de pichones de Pingüino de Humboldt (Spheniscus humboldti, Meyen 1834) en Punta San Juan-Ica periodo 2000-2019*. Tesis de Licenciatura. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú
- Lindström J (1999) Early development and fitness in birds and mammals. *Trends in Ecology and Evolution* 14:343–348
- Mainwaring MC, Dickens M, Hartley IR (2011) Sexual dimorphism and growth trade-offs in Blue Tit *Cyanistes caeruleus* nestlings. *Ibis* 153:175–179. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2010.01071.x>
- Mainwaring MC, Hartley IR (2012) Causes and consequences of differential growth in birds: a behavioral perspective. *Advances in the Study of Behavior* 44:225–277. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394288-3.00006-X>
- Mainwaring MC, Rowe LV, Kelly DJ, Grey J, Bearhop S, Hartley IR (2009) Hatching asynchrony and growth trade-offs within barn swallow broods. *Condor* 111:668–674. <https://doi.org/10.1525/cond.2009.090064>
- Malacalza VE, Hall MA (1988) Sexing adult King cormorants (*Phalacrocorax albiventer*) by discriminant analysis. *Colonial Waterbirds* 11:32–37. <https://doi.org/10.2307/1521167>
- Malacalza VE, Navas JR (1996) Biología y ecología reproductiva de *Phalacrocorax albiventer* (Aves: Phalacrocoracidae) en Punta León, Chubut, Argentina. *Ornitología Neotropical* 7:53–61
- Mangel M, Munch SB (2005) A life-history perspective on short- and long-term consequences of compensatory growth. *American Naturalist* 166:E155–E176. <https://doi.org/10.1086/444439>
- Metcalf NB, Monaghan P (2001) Compensation for a bad start: grow now, pay later? *Trends in Ecology and Evolution* 16:254–260. DOI: 10.1016/S0169-5347(01)02124-3
- Metcalf NB, Monaghan P (2003) Growth versus lifespan: perspectives from evolutionary ecology. *Experimental Gerontology* 38:935–940. [https://doi.org/10.1016/S0531-5565\(03\)00159-1](https://doi.org/10.1016/S0531-5565(03)00159-1)
- Mock DW, Parker GA (1997) *The evolution of sibling rivalry*. Oxford University Press
- Nager RG, Monaghan P, Houston DC, Genovart M (2000) Parental condition, brood sex ratio and differential young survival: an experimental study in gulls (*Larus fuscus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 48:452–457. <https://doi.org/10.1007/s002650000262>
- Nilsson J-Å, Gårdmark A (2001) Sibling competition affects individual growth strategies in marsh tit, *Parus palustris*, nestlings. *Animal Behaviour* 61:357–365. <https://doi.org/10.1006/anbe.2000.1602>
- O'Connor RJ (1977) Differential growth and body composition in altricial passerines. *Ibis* 119:147–166. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1977.tb03533.x>
- Oswald SA, Nisbet ICT, Chiaradia A, Arnold JM (2012) FlexParamCurve: R package for flexible fitting of nonlinear parametric curves. *Methods in Ecology and Evolution* 3:1073–1077. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00231.x>
- Pinheiro JC, Bates DM (2000) *Mixed-effects models in S and S-Plus*. Springer science & business media
- Punta G, Yorio P, Herrera G, Saravia J (2003) Biología reproductiva de los cormoranes Imperial (*Phalacrocorax atriceps*) y Cuello Negro (*P. magellanicus*) en el Golfo San Jorge, Chubut, Argentina. *Hornero* 18:103–111
- Quillfeldt P, Masello JF (2013) Impacts of climate variation and potential effects of climate change on South American seabirds - a review. *Marine Biology Research* 9:337–357
- Quintana F, Schiavini A, Copello S (2005) Estado poblacional, ecología y conservación del Petrel Gigante del Sur (*Macronectes giganteus*) and Argentina. *Hornero* 20:25–34
- Quintana F, Uhart MM, Gallo L, Mattera MB, Rimondi A, Gómez-Laich A (2022) Heat-related massive chick mortality in an Imperial Cormorant *Leucocarbo atriceps* colony from Patagonia, Argentina. *Polar Biology* 45:275–284. <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02982-6>
- Quintana F, Wilson R, Prandoni N, Svagelj WS, Gómez-Laich A (2022) *Long-term ecology studies in Patagonian seabirds: a review with the Imperial Cormorant as a case study*. En: Helbling W, Narvarte M, González R, Villafañe V (eds) *Global change in Atlantic coastal Patagonian ecosystems: A journey through time*. Springer, Suiza, pp 233–262
- Radl A, Culik BM (1999) Foraging behaviour and reproductive success in Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*): a comparative study of two colonies in southern Chile. *Marine Biology* 133:381–393
- Richner H (1991) The growth dynamics of sexually dimorphic birds and Fisher's sex ratio theory: does sex-specific growth contribute to balanced sex ratios. *Functional Ecology* 5:19–28. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1991.tb00000.x>

- org/10.2307/2389552
- Ricklefs RE (1967) A graphical method of fitting equations to growth curves. *Ecology* 48:978–983. <https://doi.org/10.2307/1934545>
- Ricklefs RE (1968a) Patterns of growth in birds. *Ibis* 110:419–451. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1968.tb00058.x>
- Ricklefs RE (1968b) Weight recession in nestling birds. *Auk* 85:30–35. <https://doi.org/10.2307/4083621>
- Riveros J (1999) *Crecimiento y desarrollo postnatal del Pingüino de Humboldt* *Spheniscus humboldti* (Meyen, 1834). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- Roff DA (1992) *The evolution of life histories: theory and adaptation*. Chapman and Hall
- Sauve D, Friesen VL, Charmanier A (2021) The effects of weather on avian growth and implications for adaptation to climate change. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9:569741. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.569741>
- Sawada A, Akatani K, Takagi M (2021) Growth curves of Ryukyu Scops Owl nestlings, an owl species with asynchronous hatching and reversed sexual dimorphism. *Ardea* 109:229–241. <https://doi.org/10.5253/arde.v109i3.a1>
- Schew WA, Ricklefs RE (1998) Developmental plasticity. Pp. 288–304 en: Starck JM, Ricklefs RE (eds) *Avian growth and development: evolution within the altricial-precocial spectrum*. Oxford University Press
- Schiavini A, Yorio P, Gandini P, Raya Rey A, Boersma PD (2005) Los pingüinos de las costas argentinas: estado poblacional y conservación. *Hornero* 20:5–23
- Schreiber EA, Burger J (2002) *Biology of marine birds*. CRC Press, Boca Ratón
- Scolaro JA, Hall MA, Ximénez IM (1983) The Magellanic Penguin (*Spheniscus magellanicus*): sexing adults by discriminant analysis of morphometric characters. *Auk* 100:221–224
- Sherman K (1991) The Large Marine Ecosystem concept: research and management strategy for living marine resources. *Ecological Applications* 1:349–360. <https://doi.org/10.2307/1941896>
- Sherman K, Alexander LM, Gold BD (1990) *Large marine ecosystems: patterns, processes and yields*. American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C., USA
- Sofaer HR, Chapman PL, Sillett TS, Ghalambor CK (2013) Advantages of nonlinear mixed models for fitting avian growth curves. *Journal of Avian Biology* 44:469–478. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2013.05719.x>
- Starck JM, Ricklefs RE (1998a) Variation, constraint, and phylogeny: comparative analysis of variation in growth. Pp. 247–265 en: Starck JM, Ricklefs RE (eds) *Avian growth and development: evolution within the altricial-precocial spectrum*. Oxford University Press
- Starck JM, Ricklefs RE (1998b) Avian growth rate data set. Pp. 381–423 en: Starck JM, Ricklefs RE (eds) *Avian growth and development: evolution within the altricial-precocial spectrum*. Oxford University Press
- Stearns SC (1992) *The evolution of life histories*. Oxford University Press
- Stevenson IR, Bryant DM (2000) Avian phenology: climate change and constraints on breeding. *Nature* 406:366–367
- Svagelj WS (2009) *Ecología reproductiva de aves marinas dimórficas en relación a las teorías de inversión parental y proporción de sexos en las nidadas*. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Argentina
- Svagelj WS (2019) Brood reduction in Neotropical birds: mechanisms, patterns and insights from studies in the Imperial Shag (*Phalacrocorax atriceps*). Pp. 87–102 en: Rebores JC, Fiorini VD, Turo DT (eds) *Behavioral Ecology of Neotropical Birds*. Springer, Suiza
- Svagelj WS, Gómez-Laich A, Pérez MR, Somoza GM, Quintana F (2021) Sex-specific environmental sensitivity on the postnatal growth of a sexually size-dimorphic seabird. *Ibis* 163:1032–1044. <https://doi.org/10.1111/ibi.12920>
- Svagelj WS, Gómez-Laich A, Quintana F (2019) Richards's equation and nonlinear mixed models applied to avian growth: why use them? *Journal of Avian Biology* 50:e01864. <https://doi.org/10.1111/jav.01864>
- Svagelj WS, Quintana F (2007) Sexual size dimorphism and sex determination by morphometric measurements in breeding Imperial Shags (*Phalacrocorax atriceps*). *Waterbirds* 30:97–102. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2007\)030\[0097:SSDASD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2007)030[0097:SSDASD]2.0.CO;2)
- Svagelj WS, Quintana F (2011a) Breeding performance of the Imperial Shag (*Phalacrocorax atriceps*) in relation to year, laying date and nest location. *Emu* 111:162–165. <https://doi.org/10.1071/MU10062>
- Svagelj WS, Quintana F (2011b) Egg-size variation in the Imperial Cormorant: on the importance of individual effects. *Condor* 113:528–537. <https://doi.org/10.1525/cond.2011.100038>
- Svagelj WS, Quintana F (2017) Sex-specific growth in the Imperial Cormorant (*Phalacrocorax atriceps*): when does dimorphism arise? *Waterbirds* 40:154–161. <https://doi.org/10.1675/063.040.0207>
- Teather KL, Weatherhead PJ (1989) Sex-specific mortality in nestling Great-tailed Grackles. *Ecology* 70:1485–1493. <https://doi.org/10.2307/1938207>
- Tjörve E, Tjörve KMC (2010) A unified approach to the Richards-model family for use in growth analyses: why we need only two model forms. *Journal of Theoretical Biology* 267:417–425. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2010.09.008>
- Tjörve KMC, Tjörve E (2017) A proposed family of

- Unified models for sigmoidal growth. *Ecological Modelling* 359:117–127. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.05.008>
- Torlaschi C, Gandini P, Frere E, Martinez Peck R (2000) Predicting the sex of Kelp gulls by external measurements. *Waterbirds* 23:518–520. <https://doi.org/10.2307/1522193>
- Torres R, Drummond H (1997) Female-biased mortality in nestlings of a bird with size dimorphism. *Journal of Animal Ecology* 66:859–865. <https://doi.org/10.2307/6001>
- Trivers RL, Willard DE (1973) Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring. *Science* 179:90–91. DOI: 10.1126/science.179.4068.90
- Visser GH (2002) Chick growth and development in seabirds. Pp. 439–465 en: Schreiber EA, Burger J (eds) *Biology of marine birds*. CRC Press, Florida, USA
- Watson H, Bolton M, Monaghan P (2015) Variation in early-life telomere dynamics in a long-lived bird: links to environmental conditions and survival. *Journal of Experimental Biology* 218:668–674. <https://doi.org/10.1242/jeb.104265>
- Weathers WW (1992) Scaling nestling energy requirements. *Ibis* 134:142–153. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1992.tb08391.x>
- West-Eberhard MJ (2003) *Developmental plasticity and evolution*. Oxford University Press
- Wingfield JC, Pérez JH, Krause JS, Word KR, González-Gómez PL, Lisovski S, Chmura HE (2017) How birds cope physiologically and behaviourally with extreme climatic events. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 372:20160140. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0140>
- Yorio P, Bertellotti M, García Borboroglu P (2005) Estado poblacional y de conservación de gaviotas que se reproducen en el litoral marítimo argentino. *Hornero* 20:53–74
- Yorio P, García Borboroglu P (2002) Breeding biology of Kelp Gulls (*Larus dominicanus*) at Golfo San Jorge, Patagonia, Argentina. *Emu* 102:257–263. <https://doi.org/10.1071/MU00077>
- Zavalaga CB (2015) *Proyecto Fragata Karoon, Tumbes 2012-2013. Informe sobre los resultados del estudio biológico de las aves fragatas magníficas en la Isla de los Pájaros, Manglares de Puerto Pizarro*. JW Impresiones S.A.C. Lima, Perú
- Zavalaga CB, Paredes R (1997a) Sex determination of adult Humboldt penguins using morphometric characters. *Journal of Field Ornithology* 68:102–112
- Zavalaga CB, Paredes R (1997b) Humboldt penguins at Punta San Juan, Perú. *Penguin Conservation* 10:6–8
- Zavalaga CB, Plenge MA, Bertolero A (2008) The breeding biology of the Peruvian Tern (*Sternula lorata*) in Peru. *Waterbirds* 31:550–560



USO DE RECURSOS DE ORIGEN ANTRÓPICO POR PARTE DE AVES MARINAS QUE REPRODUCEN EN LA PATAGONIA ARGENTINA

USE OF ANTHROPOGENIC RESOURCES BY SEABIRDS BREEDING IN ARGENTINE PATAGONIA

Pablo Yorio^{1,2,*}, Cristian Marinao^{1,2}, Nicolás Suárez^{1,2}, Nora Lisnizer^{1,2}, Tatiana Kasinsky^{1,2}, Natalia Rosciano³ & Martín G. Frixione^{1,4}

¹Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, CONICET, Blv. Brown 2915, Puerto Madryn, Chubut, Argentina

²Wildlife Conservation Society Argentina, Amenábar 1595 piso 2 oficina 19, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

³Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente, Pasaje Gutiérrez 1415, CONICET-UNCo. San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina

⁴School of Biological Sciences, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112, USA

*yorio@cenpat-conicet.gob.ar

RESUMEN: Las aves marinas son uno de los grupos de aves más amenazados a nivel global. Sin embargo, varias actividades humanas también proveen recursos que estas aves pueden utilizar en su beneficio. Se presenta una síntesis del conocimiento sobre el uso de recursos antrópicos por parte de las aves marinas que se reproducen en el litoral patagónico argentino. Las investigaciones realizadas indican que un total de quince especies utilizan recursos antrópicos para su alimentación y/o nidificación durante los meses de la temporada reproductiva. De los diferentes recursos de alimento de origen antrópico identificados, el provisto por la pesca comercial durante las operaciones en el mar es utilizado por el mayor número de especies (doce) y el que representa la oferta de mayor extensión geográfica. Un menor número de especies hacen uso de residuos urbanos (cuatro) y de recursos derivados de la pesca recreativa (tres) y la actividad agrícola-ganadera (seis). En relación a los recursos antrópicos para nidificar, la información disponible es mayormente anecdótica, e indica que seis especies aprovechan ambientes y/o estructuras antrópicas para construir sus nidos, y siete incorporan materiales antrópicos en los mismos. Se discuten los posibles beneficios y costos asociados a dicho uso, y se consideran los posibles conflictos derivados en relación a otras especies y las poblaciones humanas. Se espera que esta síntesis de conocimiento, identificando limitaciones de estudios previos y vacíos de información, contribuya a la definición de prioridades de investigación y al desarrollo de recomendaciones para el monitoreo de las interacciones entre aves marinas reproductoras y actividades humanas.

PALABRAS CLAVE: *aves marinas, descarte pesquero, estructuras antrópicas, material de nidificación, Patagonia argentina, residuos urbanos, temporada reproductiva*

ABSTRACT: Seabirds are one of the most threatened groups of birds globally. However, several human activities also provide resources that these birds can use for their benefit. We present a synthesis of knowledge on the use of anthropogenic resources by seabirds breeding in the Argentine Patagonian coast. Research indicates that fifteen species use anthropic resources during the months of the breeding season. Of the different food resources of anthropogenic origin identified, the one provided by commercial fishing during operations at sea is used by the largest number of species (twelve) and the one that represents the most geographically widespread offer. A smaller number of species make use of urban waste (four) and resources derived from recreational fishing (three) and agricultural-livestock activity (six). In relation to anthropic resources used for nesting, the available information is mostly anecdotal, and indicates that six species take advantage of anthropic environments and/or structures to build their nests, and seven incorporate anthropic materials in their nests. We discuss the potential

benefits and costs associated with such use, and consider the potential conflicts with other species and human populations. We expect that this synthesis of knowledge, identifying limitations of previous studies and information gaps, will contribute to the definition of research priorities and the development of recommendations for monitoring interactions between breeding seabirds and human activities.

KEYWORDS: *anthropic structures, argentine Patagonia, breeding season, fishing discards, nesting material, seabirds, urban waste*

Las aves marinas son uno de los grupos de aves más amenazados a nivel global, como resultado de factores que operan tanto en el mar como en tierra (Croxall et al. 2012, Dias et al. 2019). Se considera que actualmente los principales problemas que enfrenta este grupo de aves son la mortalidad incidental en pesquerías, la presencia de especies introducidas en sitios reproductivos y el cambio climático global, aunque otros factores resultantes de actividades humanas alrededor del mundo también han sido identificados como perjudiciales (Phillips et al. 2023). Sin embargo, varias de estas actividades humanas también proveen recursos que las aves marinas pueden utilizar en su beneficio. Entre ellas, la actividad pesquera genera cantidades variables de descartes (proporción de la captura no deseada que se devuelve al mar) y desechos (restos del procesamiento de la captura) que son aprovechados por diferentes organismos marinos, incluidas las aves marinas (Tasker et al. 2000, Montevecchi 2023). Las pesquerías de arrastre, en particular, ponen a disposición de las aves que se alimentan en la superficie y en los primeros metros de agua, una cantidad significativa de recursos a los que no tendrían acceso en condiciones naturales. Por otro lado, los basurales urbanos constituyen importantes fuentes de alimento utilizadas por una gran variedad de especies de aves alrededor del mundo, particularmente especies oportunistas y carroñeras (ver revisiones en Oro et al. 2013 y Plaza & Lambertucci 2017). Debido a que este alimento es en general más abundante, de más fácil acceso y más predecible que el de origen natural, su aprovechamiento ha generado efectos positivos tanto a nivel individual como poblacional en un gran número de especies (Oro et al. 2013, y referencias allí citadas). Sin embargo, el uso de estos recursos de origen antrópico puede resultar en mortalidad y aumentar la probabilidad de contraer infecciones por patógenos, de envenenamiento por ingestión de sustancias tóxicas y/o de consumir accidentalmente objetos no comestibles como plásticos (ver revisiones en Plaza & Lambertucci 2017, Montevecchi 2023).

Por otro lado, en las últimas décadas, las urbaniza-

ciones en las zonas costeras experimentaron un desarrollo significativo, siendo uno de los principales factores de la pérdida y degradación de ambientes naturales (Grimm et al. 2008, Barragán et al. 2015). A pesar de los potenciales efectos negativos sobre la vida silvestre, muchos trabajos en otras regiones documentaron la reproducción de aves marinas en centros urbanos y en hábitats con características similares a los naturales inmersos en desarrollos industriales, construyendo a menudo sus nidos sobre estructuras artificiales. Este comportamiento fue observado en una gran variedad de especies, incluidas gaviotas, gaviotines, alcas, cormoranes, piqueros, petreles y pingüinos (p. ej., Jennings 2012, Sherley et al. 2012, Vogt 2018, García-Cegarra et al. 2020, de Faria et al. 2022, VanderWerf et al. 2023, entre otros), mostrando la plasticidad en el uso del hábitat de reproducción en este grupo de aves. En estos casos, las aves se encuentran sujetas a presiones selectivas diferentes a las que enfrentan al reproducir en ambientes naturales. La información publicada sobre el uso de ambientes antrópicos y estructuras artificiales para nidificar por parte de las aves marinas en la Argentina es escasa, y dado el creciente desarrollo costero en la región es relevante evaluar la magnitud de ocurrencia de este comportamiento para comenzar a entender sus consecuencias.

Además, las actividades humanas a lo largo de la costa asociadas al desarrollo urbano e industrial están resultando en un incremento de residuos sólidos a lo largo de gran parte del litoral argentino (Esteves et al. 1997, Albareda et al. 2021). Estos incluyen una gran variedad de materiales, principalmente plásticos, que constituyen un material potencialmente utilizable en la construcción de los nidos por diferentes especies de aves marinas. El uso de residuos antrópicos como material de nidificación fue reportado en una gran diversidad de aves a nivel global, incluyendo 176 especies tanto en ambientes terrestres como acuáticos (Jagiello et al. 2023). En aves marinas, en particular, se lo reportó en albatros, pingüinos, cormoranes, piqueros, gaviotas y gaviotines (Jagiello et al. 2019, Tavares et al. 2020), y se postularon diferentes hipó-

tesis para explicar este comportamiento (Jagiello et al. 2023). Más allá de las razones del uso del material antrópico por las aves marinas, es una problemática de creciente preocupación en otras regiones del mundo porque su incorporación al nido podría afectar su reproducción (Votier et al. 2011, Ryan 2018). En este contexto, resulta relevante conocer el estado de situación de esta interacción en nuestro litoral y evaluar los efectos sobre las aves.

Muchos trabajos enfocados desde diversas perspectivas documentaron que diferentes poblaciones de aves marinas en la Argentina hacen uso de recursos provistos por actividades humanas durante la temporada reproductiva. En este trabajo se sintetiza la información sobre el uso por parte de las aves marinas de recursos antrópicos durante la etapa reproductiva, considerando tanto recursos utilizados para su alimentación como para nidificar. Aunque algunos

recursos antrópicos pueden estar disponibles y ser utilizados por las aves durante gran parte del año, la presente síntesis de información se restringe a la temporada reproductiva, la cual abarca la mayoría de los meses de primavera y verano austral. Por otro lado, este trabajo se enfoca en las especies que se reproducen en el litoral patagónico argentino, desde el sur del Río Colorado hasta Tierra del Fuego (Fig. 1). Dada la fuerte conectividad entre poblaciones y actividades de desarrollo en el sur de Buenos Aires, también se incluye el sector al norte de la desembocadura del Río Colorado hasta el estuario de Bahía Blanca. Los objetivos son: (1) presentar una síntesis del conocimiento sobre el aprovechamiento de recursos antrópicos por parte de las aves marinas durante la temporada reproductiva, y (2) discutir los potenciales beneficios y costos asociados al aprovechamiento de dichos recursos, y considerar los posibles conflictos derivados

Tabla 1 . Aves marinas de la costa patagónica argentina que hacen uso durante la etapa reproductiva de recursos derivados de la actividad pesquera comercial en las diferentes flotas que operan en aguas provinciales y nacionales.

* Ver texto. Los trabajos muestran que varias especies se asocian a las embarcaciones, pero no se dispone de observaciones en lances cercanos a las colonias o no se especifican los meses del año en los cuales se avistaron las aves.

PM: Pingüino de Magallanes; PGS: Petrel Gigante del Sur; PO: Pardela Oscura; CI: Cormorán Imperial; CCN: Cormorán Cuello Negro; B: Biguá; GC: Gaviota Cocinera; GCC: Gaviota Capucho Café; GS: Gaviotín Sudamericano; GPA: Gaviotín Pico Amarillo; GR: Gaviotín Real; EP: Escúa Parda; EC: Escúa Común.

¹Bertellotti & Yorio (2000a); ²M. Coller & A. Romero, datos no publicados; ³Yorio et al. (2016a); ⁴C. Arroyo & C. Marinao, datos no publicados; ⁵Yorio, obs. pers.; ⁶Marinao & Yorio (2011); ⁷C. Marinao, datos no publicados; ⁸González-Zevallos & Yorio (2006); ⁹González-Zevallos et al. (2007); ¹⁰González-Zevallos & Yorio (2011); ¹¹Favero et al. (2011); ¹²González-Zevallos et al. (2011); ¹³Tamini et al. (2015); ¹⁴Tamini et al. (2021); ¹⁵Seco Pon et al. (2023).

	PM	PGS	PO	CI	CCN	B	GC	GCC	GS	GPA	GR	EP	Fuente
Flota fresquera costera													
Área El Rincón*													
Área Golfo San Matías		✓	✓				✓		✓				1, 2
Área Bahía Engaño y El Pozón	✓	✓		✓		✓	✓		✓				3, 4, 5
Área Isla Escondida	✓	✓	✓	✓			✓	✓					6, 7
Área Camarones	✓			✓			✓						3, 7
Área Golfo San Jorge	✓	✓	✓		✓		✓				✓		5
Flota fresquera de altura													
Área Golfo San Jorge	✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓		✓	8, 9, 10
Aguas nacionales*		✓	✓										11
Flota congeladora													
Área Golfo San Jorge	✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓		✓	10, 12
Aguas nacionales*		✓	✓										13, 14, 15
Flota palangrera artesanal													
Área Golfo San Matías*							✓						1
Flota palangrera industrial													
Aguas nacionales*													
Flota trampera													
Área Golfo San Jorge		✓					✓						7

de este uso en relación a otras especies y las poblaciones humanas. Se espera que esta síntesis del conocimiento permita identificar vacíos de información que orienten la definición de prioridades de investigación y el desarrollo de recomendaciones para el monitoreo de las interacciones entre las aves marinas y las actividades humanas. La información sobre cómo las aves marinas hacen uso de los recursos provistos por actividades humanas podría contribuir, entre otras cosas, al diseño de medidas de mitigación de las diferentes problemáticas, a la certificación de pesquerías, y a la

comprensión sobre el rol de las aves como vectores de patógenos y dispersoras de contaminantes.

RECURSOS ANTRÓPICOS COMO ALIMENTO

Recursos derivados de la pesca comercial

Operaciones pesqueras en el mar

Hasta la fecha, doce de las especies de aves marinas que reproducen en el litoral patagónico argentino fueron reportadas aprovechando el subsidio antropogénico provisto por diferentes pesquerías comerciales durante la primavera y verano, coincidente con los meses de su temporada de cría (Tabla 1; Fig. 2a). La asociación de las aves con la actividad de pesca durante su reproducción no solo depende de la estrategia alimentaria de cada especie sino también de las restricciones espaciales impuestas por la alimentación de punto central, por lo que el grado de asociación con la actividad de pesca es altamente dependiente de la ubicación del caladero de pesca. En la región considerada, las flotas costeras y algunas flotas fresqueras y congeladoras de altura operan en aguas provinciales o aguas nacionales cercanas a la costa, en proximidad de una o varias colonias mixtas de aves marinas (Yorio et al. 2016a). Por lo tanto, a estas flotas se asocia un mayor número de especies de aves marinas que crían en el litoral patagónico argentino (Tabla 1).

La información disponible muestra que la Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) es la especie más frecuente y abundante en estas pesquerías de arrastre demersal que operan en áreas relativamente cercanas a las costas del sur de Buenos Aires, Río Negro y Chubut, cuyas especies objetivos son principalmente el Langostino Patagónico (*Pleoticus muelleri*) y/o la Merluza Común (*Merluccius hubbsi*). En dichas flotas, la Gaviota Cocinera estuvo presente en frecuencias de ocurrencia mayores al 97% y en abundancias variables, con números que oscilaron entre unos pocos y 1700 individuos por lance dependiendo de la flota y mes de la temporada de pesca (Bertellotti & Yorio 2000a, González-Zevallos & Yorio 2006, 2011, González-Zevallos et al. 2007, 2011, Marinao & Yorio 2011, Yorio et al. 2016a, C. Marinao, datos no publicados). El Petrel Gigante del Sur (también llamado Petrel Gigante Antártico, *Macronectes giganteus*), en cambio, mostró frecuencias en general altas dependiendo de la flota (hasta un 91%), pero un relativo bajo número de individuos por lance (<50) (González-Zevallos & Yorio 2006, 2011, González-Zevallos et al. 2007, 2011, Marinao & Yorio 2011, Yorio et al. 2016a). El Cormorán

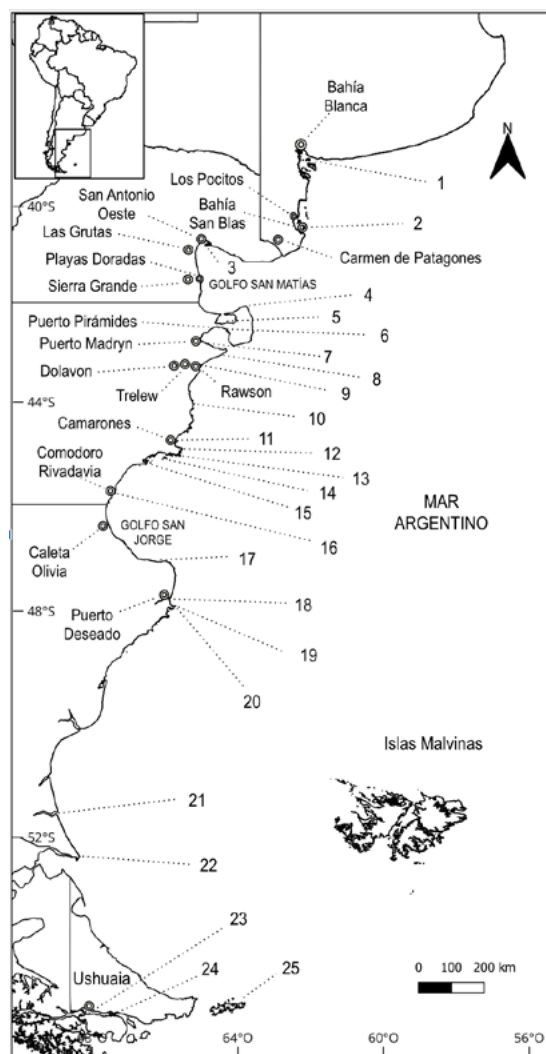


Figura 1. Mapa del litoral patagónico argentino indicando las localidades y la ubicación de los sitios reproductivos mencionados en el texto. 1: Estuario de Bahía Blanca; 2: Isla Arroyo Jabalí Este; 3: Isla Novaro; 4: Estancia San Lorenzo; 5: Islote Notable; 6: Punta Pirámides; 7: Punta Loma; 8: Punta León; 9: El Salitral; 10: Punta Tombo; 11: Isla Blanca Mayor; 12: Cabo Dos Bahías; 13: Isla Leones; 14: Isla Tova; 15: Isla Vernaci Este; 16: puerto de Comodoro Rivadavia; 17: Monte Loayza; 18: Ría Deseado; 19: Isla Pingüino; 20: Isla Chata; 21: Isla Deseada; 22: Cabo Virgenes; 23: Isla Casco; 24: Isla Martillo; 25: Isla de los Estados.

Imperial (*Leucocarbo atriceps*), por su parte, mostró en general frecuencias de ocurrencia relativamente altas (hasta un 90%) y un número variable de aves asociadas a las embarcaciones en cada lance (10-400). El Pingüino de Magallanes (también llamado Pingüino Patagónico, *Spheniscus magellanicus*), la Pardela Oscura (*Ardenna grisea*), la Escúa Parda (*Stercorarius antarcticus*) y los gaviotines Sudamericano (*Sterna hirundinacea*) y Pico Amarillo (*Thalasseus sandvicensis eurygnathus*) mostraron en general frecuencias de ocurrencia variables, pero abundancias relativamente bajas (en general desde unos pocos a decenas de individuos), mientras que el Cormorán Cuello Negro (*L. magellanicus*), el Biguá (*Nannopterum brasilianum*) y el Gaviotín Real (*Thalasseus maximus*) fueron raramente observados. La Gaviota Capucho Café (*Chroicocephalus maculipennis*) fue observada únicamente aprovechando el descarte, en general del último lance, en cercanías del Puerto de Rawson (C. Marinao, obs. pers.).

En cambio, los reproductores de solo algunas de las especies que crían a lo largo del litoral patagónico argentino podrían acceder a caladeros de pesca alejados de la costa. Por ejemplo, reproductores de

Petrel Gigante del Sur pueden efectuar viajes hasta más de 600 km de sus colonias ubicadas en Chubut y Tierra del Fuego (Quintana & Dell'Arciprete 2002, Quintana et al. 2010), por lo que también se asocian regularmente a buques de arrastre de altura, tanto fresqueros como congeladores, que operan en plataforma a mayor distancia de la costa. En forma similar, dado su rango de alimentación, las Pardelas Oscuras criando en Tierra del Fuego también podrían asociarse a dichas flotas de altura. Estas dos especies están presentes durante la primavera y verano en buques congeladores y fresqueros de altura que operan sobre Merluza Común (Tamini et al. 2015, Tamini et al. 2021), así como en congeladores que operan sobre Vieira Patagónica (*Zygochlamys patagonica*) (Seco Pon et al. 2023), mayormente en áreas de la plataforma media y/o talud. A diferencia de las flotas que operan más cerca de la costa arriba mencionadas, la frecuencia de ocurrencia y el número de Petreles Gigantes del Sur asociados a estos buques pueden ser mayores, habiéndose registrado hasta más de 500 individuos por lance (Tamini et al. 2015). La presencia del Petrel Gigante del Sur y la Pardela Oscura también fue ob-



Figura 2. Uso de alimento de origen antrópico por parte de aves marinas durante la temporada reproductiva. (a) Gaviotas Cocineras alimentándose de Merluza Común descartada en el caladero de pesca de Isla Escondida, Chubut; (b) Gaviota Cocinera alimentándose de restos de Pescadilla de Red generados por la pesquería recreativa en Bahía San Blas, Buenos Aires; (c) Gaviotas Cocinera y Gaviotas Capucho Café alimentándose en el basural urbano de Dolavon, Chubut; (d) Gaviotas Cocineras alimentándose de residuos orgánicos en un criadero de cerdos en Gaiman, Chubut.

servada por Favero et al. (2011) en fresqueras de altura operando mayormente sobre Merluza Común y por Tamini et al. (2023) en congeladores operando mayormente sobre Polaca (*Micromesistius australis*) y Merluza Negra (*Dissostichus eleginoides*), pero estos estudios no presentan información discriminada por estación del año y, por lo tanto, no permiten conocer si estas aves fueron registradas durante los meses correspondientes a su temporada de cría. La inclusión de las fechas en las cuales las aves se asocian a las embarcaciones, agrupadas al menos por mes o estación del año, contribuirían a establecer posibles relaciones entre el aporte de descarte por parte de las flotas de altura y la ecología alimentaria de poblaciones reproductoras. Es importante resaltar que, para las flotas que operan en áreas de pesca más australes, los individuos de Petrel Gigante del Sur y Pardela Oscura asociados a las embarcaciones podrían también pertenecer a las poblaciones que reproducen en las Islas Malvinas.

Aunque en relativa baja frecuencia y/o abundancia, también se observó otras especies asociadas a buques arrastreros de altura operando en aguas alejadas de la costa, como la Gaviota Cocinera, el Gaviotín Sudamericano, el Cormorán Imperial, el Pingüino de Magallanes, la Escúa Parda, la Escúa Común (también llamada Escúa Canela, *Stercorarius chilensis*) y/o la Gaviota de Olrog (también llamada Gaviota Cangrejera, *Larus atlanticus*) (Favero et al. 2011, Seco Pon & Favero 2011, Tamini et al. 2015, 2021, Seco Pon et al. 2017, 2023). Dada la distancia entre sus colonias y las áreas de operación de estas embarcaciones, se requiere de más estudios para comprender adecuadamente el uso por parte de reproductores de estas especies de los descartes y desechos generados.

Información proveniente de estudios de ecología espacial y dieta apoyan que algunas de las aves avistadas a bordo durante los estudios arriba mencionados pueden haber sido individuos reproductores. Varios estudios muestran que individuos instrumentados en sus colonias con dispositivos para su seguimiento remoto (geoposicionadores satelitales -GPS- y dispositivos de telemetría por satélite-PTT, por su sigla en inglés), superponen sus áreas de alimentación con la de las operaciones de las flotas. Esto fue reportado para el Pingüino de Magallanes, el Cormorán Imperial, la Gaviota Cocinera y el Petrel Gigante del Sur, mayormente reproduciendo en colonias del norte del Golfo San Jorge, Chubut (Copello & Quintana 2009, Yorio et al. 2010, 2021, Copello et al. 2016, Kasinsky et al. 2021). Otras especies reproduciendo en Chubut, como los gaviotines Pico Amarillo y Real, se alimentan

en áreas y fechas que coinciden con las operaciones de la flota costera (Gatto et al. 2019), pero se carece de evaluaciones simultáneas de la actividad de los reproductores de estas dos especies y las embarcaciones. La comprensión de la real magnitud de superposición entre la alimentación de las aves marinas y la actividad de pesca requerirá de estudios más detallados, complementando los dispositivos arriba mencionados con la colocación de registradores de actividad y/o cámaras de video en las aves que permitan corroborar la interacción.

Por otro lado, varios estudios de la composición de la dieta durante las operaciones de pesca muestran que algunas poblaciones de las especies arriba mencionadas aprovechan el descarte pesquero durante la etapa reproductiva. Por ejemplo, la composición de la dieta de adultos y pichones de Gaviota Cocinera en diferentes colonias a lo largo de la costa de Chubut indica que esta especie complementa regularmente las presas naturales con el descarte obtenido de diferentes flotas, principalmente la Merluza Común (Yorio & Bertellotti 2002, González-Zevallos et al. 2017, Kasinsky 2020, Yorio et al. 2020a, Kasinsky et al. 2021). La merluza común es una de las principales presas descartadas por las diferentes flotas (Romero et al. 2009; Góngora et al. 2012), y esta y otras presas demersales consumidas no pueden ser obtenidas directamente por un ave marina de alimentación superficial como la Gaviota Cocinera. El descarte pesquero es también un componente regular en la dieta del Petrel Gigante del Sur (Copello & Quintana 2003, Copello et al. 2008). En otras especies, como el Pingüino de Magallanes o el Cormorán Imperial, en las cuales la Merluza Común puede ser un componente importante de la dieta dependiendo de la colonia y etapa del ciclo reproductivo, la contribución de este subsidio antrópico a su dieta no ha sido cuantificada debido principalmente a que al alimentarse de presas en la columna de agua no es posible determinar si las mismas fueron obtenidas del descarte o en forma natural (Yorio et al. 2010, 2017, Ibarra et al. 2018, 2022).

Las diferentes especies de aves marinas se alimentan del descarte de distinta manera dependiendo de sus estrategias y métodos de alimentación. Las aves consumen los peces e invertebrados mayormente cuando son arrojados al mar durante la actividad del descarte (p. ej., Gaviota Cocinera, Petrel Gigante del Sur, gaviotines, Escúa Parda), aunque también obtienen presas cuando caen de la red o directamente de la misma durante la etapa de izado del arte de pesca (p. ej., Pingüinos de Magallanes, cormoranes, Pardela Os-

cura y Gaviota Cocinera) (Yorio & Caille 1999, González-Zevallos & Yorio 2006). También pueden capturar organismos marinos traídos a la superficie producto de la perturbación en el agua causada por la actividad de la embarcación y de la red durante el arrastre (p. ej., gaviotines) (Yorio & Caille 1999, González-Zevallos & Yorio 2006). El Petrel Gigante del Sur, en particular, no solo se alimenta del descarte, sino también de los residuos orgánicos generados por la tripulación durante las operaciones de pesca (Copello et al. 2008; C. Marinao, obs. pers.) y la Escúa Parda puede robar las presas del descarte obtenidas por otras especies (Yorio & Caille 1999). La distribución de las aves alrededor de la embarcación y los métodos de alimentación utilizados tienen implicancias no solo en la manera en que las diferentes especies del ensamble particionan el descarte arrojado al mar, sino también en su vulnerabilidad a la captura incidental y a la ingesta de contaminantes como plásticos (ver sección “*Implicancias del uso de recursos antrópicos*”). El desarrollo creciente de métodos de colecta electrónica de datos a bordo de embarcaciones pesqueras utilizando cámaras de video (p. ej., McElderry et al. 2011, van Helmond et al. 2020) ofrece opciones prometedoras para cuantificar las aves asociadas y evaluar sus comportamientos e interacciones con el arte de pesca en superficie y bajo el agua, especialmente en flotas costeras.

Es importante destacar que las especies arriba mencionadas comparten el ensamble detrás de las embarcaciones con otras especies de aves marinas que crían en las Islas Malvinas y otras regiones, mayormente Procellariiformes. Entre ellas, destaca por su alta frecuencia de ocurrencia y abundancia el Albatros Ceja Negra (*Thalassarche melanophrys*) y el Petrel Barba Blanca (*Procellaria aequinoctialis*) (p. ej., González Zevallos & Yorio 2006, 2011, Marinao & Yorio 2011, González-Zevallos et al. 2007, 2011, Favero et al. 2011, Tamini et al. 2015). También comparten el ensamble con individuos jóvenes de su misma especie (p. ej., Bertellotti & Yorio 2000b, Marinao & Yorio 2011) y presumiblemente con adultos no reproductores. La interacción con individuos de otras especies y conespecíficos debe ser tenida en cuenta al evaluar la forma en que las aves marinas que reproducen en la región particionan el descarte (p. ej., González-Zevallos & Yorio 2011, Marinao & Yorio 2021).

A pesar de que los estudios arriba mencionados muestran que los descartes pueden jugar un papel relevante en la ecología alimentaria de algunas aves marinas, para la mayoría de las flotas no se dispone de información integrada y actualizada sobre el patrón

espacio-temporal de las operaciones pesqueras ni de una evaluación adecuada del descarte que generan. La composición y abundancia del descarte puede determinar cuáles especies de aves marinas se asocian a las embarcaciones además de su abundancia (Arcos & Oro 2002, Furness et al. 2007, Favero et al. 2011). Cabe señalar también que la composición del descarte puede variar dependiendo del área de pesca, del arte de pesca, y de la especie objetivo (González Zevallos & Yorio 2011, Bovcon et al. 2013). Por otro lado, la distancia de la operación de pesca a las colonias de las aves marinas puede cambiar entre años y a lo largo de los meses de primavera y verano (Marinao & Yorio 2011, Yorio et al. 2021), lo que puede influir en la magnitud del uso del descarte por los individuos reproductores. Además, no toda la captura descartada es aprovechada por las aves, ya que parte de las especies no son seleccionadas por las diferentes aves asociadas. Por ejemplo, la Gaviota Cocinera consume solo una parte del descarte, seleccionando determinadas especies y tallas, como fuera observado en el Golfo San Matías (Bertellotti & Yorio 2000a), en el caladero de Isla Escondida (Marinao & Yorio 2021), y en el Golfo San Jorge (González Zevallos & Yorio 2011). Por lo tanto, la comprensión adecuada de la relevancia del descarte para las aves requerirá de un conocimiento más detallado del patrón espacio-temporal de las operaciones de las diferentes flotas, de la composición del descarte y de la selectividad en el consumo por parte de las diferentes especies.

Además de las flotas de arrastre demersal, las aves marinas también se asocian, aunque en menor medida, a otras flotas que operan con artes de pesca de menor representación regional. Por ejemplo, el Petrel Gigante del Sur y la Pardela Oscura fueron reportados asociados a palangreros para aprovechar el cebo durante el calado en los meses de primavera y/o verano (p. ej., Favero et al. 2003, 2013, Seco Pon et al. 2007) (Tabla 1). Varias aves marinas fueron también registradas asociadas a la flota artesanal palangrera que opera en el Golfo San Matías para aprovechar los restos del procesamiento a bordo de la captura (Tabla 1). En esta pesquería se registró a la Gaviota Cocinera (Bertellotti & Yorio 2000a). González Zevallos & Firstater (2004) mencionan la presencia en esta pesquería de cuatro especies que crían en el Golfo San Matías (Gaviota Cocinera, Pingüino de Magallanes, Gaviotín Sudamericano y Gaviotín Real), pero sus muestreos fueron realizados entre febrero y octubre y los datos presentados no permiten discriminar si el avistaje de estas especies en particular ocurrió efectivamente durante alguno de los meses de su ciclo reproductivo.

Por otro lado, muestreos preliminares en embarcaciones tramperas que operan sobre Centolla (*Lithodes santolla*) en el Golfo San Jorge indican la presencia de individuos de Gaviota Cocinera y Petrel Gigante del Sur, los que aprovechan los restos del cebo utilizado en las trampas (C. Marinao, datos no publicados). Finalmente, durante los meses de primavera se han observado individuos de Gaviota Cocinera, Gaviota de Olrog y Gaviotín Sudamericano asociados a la pesquería de arrastre semi-pelágica de media agua cuyo objetivo es la Anchoíta (*Engraulis anchoita*), y que opera en parte en el área de El Rincón (Paz et al. 2018). Sin embargo, dicho trabajo no presenta observaciones en proximidades de los asentamientos reproductivos de estas aves marinas en el sur de Buenos Aires. Cabe resaltar que Gaviotas Cocineras instrumentadas con geoposicionadores satelitales durante su etapa de incubación en Bahía San Blas viajaron mar adentro hasta más de 150 km de la colonia, hacia áreas utilizadas por esta pesquería de arrastre semi-pelágica (Kasinsky et al. 2018). En aguas frente a Chubut, por otro lado, la captura de anchoíta se extiende hasta principios de la primavera, por lo que sería valioso evaluar su interacción con las aves marinas, particularmente el Pingüino de Magallanes que comienza a arribar a sus colonias en septiembre. Por otro lado, poco se conoce sobre la posible interacción de las aves marinas con varias de las pesquerías de pequeña escala que operan durante primavera y verano a lo largo de las cinco provincias con litoral marítimo (Sánchez-Carnero et al. 2022), las cuales podrían contribuir también con subsidios de alimento a algunas especies durante su reproducción.

Algunas de las especies mencionadas también reproducen en otros países de la región, y fueron igualmente reportadas aprovechando el descarte generado por pesquerías que operan en cercanías de sus colonias. En Brasil, la Gaviota Cocinera, el Biguá y los gaviotines Sudamericano, Real y Pico Amarillo fueron reportados utilizando descartes pesqueros en la flota de arrastre artesanal que opera en aguas costeras de Santa Catarina (Branco 2001) y el descarte provisto por lanchas artesanales que usan redes de arrastre y de deriva en la costa de Paraná (Carniel & Krul 2012a). En Chile, las Gaviotas Cocineras también se asocian a flotas de arrastre operando en aguas costeras cercanas a sus colonias (Weichler et al. 2004, Villablanca et al. 2007). Por otro lado, y aunque en bajo número, la Gaviota Cocinera, el Petrel Gigante del Sur, el Cormorán Imperial, la Escúa Común y el Pingüino de Magallanes, se observaron asociados a la pesquería de palangre artesanal en los fiordos del sur de Chile

(Moreno et al. 2006, Ojeda et al. 2011).

Procesamiento en tierra

Al subsidio antropogénico brindado por el descarte en el mar, hay que considerar también el generado por plantas que procesan en tierra la captura de estas pesquerías comerciales en varias ciudades de la costa patagónica argentina. La Gaviota Cocinera, en particular, fue reportada utilizando durante los meses de la etapa reproductiva los residuos generados por plantas pesqueras y depositadas tanto en predios específicos como en sectores definidos dentro de basurales urbanos (Giaccardi et al. 1997, Yorio & Giaccardi 2002, Giaccardi & Yorio 2004). Sin embargo, la disponibilidad de este recurso para las aves ha sido variable en el tiempo, ya que la misma depende de las prácticas de manejo o de su utilización para la fabricación de harina de pescado (Yorio & Caille 2004). Estudios a mediados de la década de 1990 mostraron la presencia de esta especie en basurales pesqueros que en esos años estaban activos en las ciudades de San Antonio Oeste, Puerto Madryn y Rawson (Yorio & Giaccardi 2002), los tres localizados dentro del rango de alimentación de individuos reproductores de diferentes colonias. Por ejemplo, en el predio para residuos pesqueros en Puerto Madryn, las Gaviotas Cocineras estuvieron presentes en todos los muestreos realizados durante los meses que abarca su temporada reproductiva, en números que variaron entre 1400 y 3500 individuos adultos dependiendo del mes (Giaccardi & Yorio 2004). En forma similar, se observaron gaviotas en todos los muestreos quincenales realizados durante los meses de la temporada reproductiva en el basural de Rawson, en números que variaron desde unos pocos cientos hasta más de 5000 individuos adultos (Giaccardi et al. 1997). Cabe señalar que en este basural los residuos pesqueros se disponían en el mismo predio que los urbanos, y en los valores de abundancia presentados no se discriminó entre individuos alimentándose en sectores con diferente tipo de residuo. Por otro lado, un estudio realizado en la colonia de Islote Notable, Península Valdés, mostró que adultos que se encontraban incubando viajaron regularmente a alimentarse en el basural pesquero de Puerto Madryn (Bertellotti et al. 2001). En estas localidades de Río Negro y Chubut, los residuos pesqueros atrajeron más Gaviotas Cocineras que los urbanos durante la primavera y el verano (Giaccardi et al. 1997, Yorio & Giaccardi 2002, Giaccardi & Yorio 2004), lo que posiblemente esté relacionado con la cantidad y calidad del alimento ofrecido. La Gaviota Cocinera también fue reportada a mediados de la década de

1990 utilizando residuos en el basural pesquero de Puerto Deseado (Frere et al. 2000). La Gaviota Capucho Café, por su parte, fue observada en bajo número en el basural pesquero de San Antonio Oeste (Yorio & Giaccardi 2002) y la Gaviota Austral (también llamada Gaviota Gris, *Leucophaeus scoresbii*) en el basural de Puerto Deseado (Gandini et al. 2008). Cabe mencionar que las Gaviotas Capucho Café también podrían haber estado aprovechando insectos asociados a los residuos de pescado (Giaccardi 1993). Es importante resaltar que no se dispone de información actualizada sobre el uso por las aves ni la oferta de residuos generados por el procesamiento de la captura en plantas pesqueras en las diferentes localidades de la costa patagónica argentina, aunque en años recientes se han observado Gaviotas Cocineras en predios donde se depositan restos del procesamiento de langostino cercanos a Trelew, Puerto Madryn y Camarones (C. Marinao, N. Suárez y M. Frixione, obs. pers.) y en Puerto Deseado (Grupo Aves Marinas UNPA, com. pers.). Además, se registraron viajes de alimentación de reproductores de Punta Tombo a plantas pesqueras ubicadas en el puerto de Rawson (Kasinsky 2020). Los efluentes líquidos o semilíquidos resultantes del procesamiento en las plantas pesqueras de Puerto Deseado, los cuales son vertidos al mar, también son utilizados por las gaviotas Cocinera y Austral (A. Morgenthaler, com. pers.).

En menor medida, las Gaviotas Cocineras también hacen uso de recursos provistos por las actividades en el puerto. Por ejemplo, en el puerto de Rawson las Gaviotas Cocineras aprovechan el descarte de peces e invertebrados, los restos de su procesamiento, el material proveniente de la limpieza de equipos y los residuos de cocina (Yorio & Caille 1999, Frixione et al. 2023a, C. Marinao, com. pers.).

También durante la temporada de cría en Chile, la Gaviota Cocinera fue observada aprovechando descartes pesqueros en el puerto de Coquimbo (Ludynia et al. 2005), mientras que en Brasil esta especie, y en menor medida el Biguá y el Gaviotín Pico Amarillo, fueron registradas aprovechando el residuo generado por la actividad de pesca artesanal durante el procesamiento de la captura en la playa (Carniel & Krul 2012b).

Recursos derivados de la pesca recreativa

El conocimiento sobre el uso por las aves marinas de los residuos generados por la pesca recreativa durante su temporada reproductiva proviene principalmente de Bahía San Blas donde se desarrolla

una de las pesquerías recreativas más relevantes en el Atlántico Sudoccidental. Esta actividad reúne entre 40 y 50 mil pescadores al año, mayormente en primavera y verano (Llompарт et al. 2012). La información de varios años sobre la dieta reproductiva de la Gaviota Cocinera en las diferentes colonias de Bahía San Blas mostró que su principal presa durante todo el ciclo reproductivo fue la Pescadilla de Red (*Cynoscion guatucupa*) (Yorio et al. 2013, Marinao et al. 2018), la que a su vez es la principal especie objetivo de la pesca recreativa en esta localidad. Los residuos generados por el fileteado de esta especie blanco son descartados en la playa en sitios establecidos por las autoridades, en el basural urbano y, en ocasiones, en el mismo sitio donde fuera pescada (Fig. 2b). El hecho de que la Pescadilla de Red sea una especie demersal y que los individuos encontrados en las muestras de dieta sean de relativamente gran tamaño (promedio 40 cm) refuerzan la suposición que son obtenidas de la pesca recreativa (Marinao et al. 2018). También se encontraron en las muestras de dieta de la Gaviota Cocinera restos de Gatuza (*Mustelus schmitti*), una presa demasiado grande para ser capturada en forma directa (Marinao et al. 2018). Es más, es frecuente encontrar en las egagrópilas de la gaviota restos de bolsas y bandejas utilizadas para carnada, y de envoltorios de comida que podrían también provenir de la pesca recreativa (Marinao et al. 2018, Yorio et al. 2020b; ver también sección “*Implicancias del uso de recursos antrópicos*”). Por otro lado, tanto el seguimiento de Gaviotas Cocineras instrumentadas con GPS durante la incubación como observaciones directas de aves adultas en diferentes momentos del ciclo reproductivo muestran que se alimentan regularmente tanto en las playas asociadas a la actividad de pesca como en el basural urbano donde se descarta el fileteado de la pesca (Kasinsky et al. 2018, 2021, Canti et al. 2023). En Bahía San Blas, la pesca recreativa también se desarrolla desde embarcaciones, y aunque observaciones preliminares indican que las Gaviotas Cocineras se asocian a las mismas para aprovechar los restos del fileteado a bordo (J. Mangiagli, guía de pesca, com. pers.), esta interacción no ha sido aún cuantificada ni se ha evaluado la contribución de este aporte de la pesca recreativa a su ecología alimentaria.

En Bahía San Blas, la Gaviota de Olrog también anida en colonias cercanas a las playas con actividad de pesca recreativa (Suárez et al. 2014), y varios estudios en la temporada no reproductiva muestran que esta especie se asocia regularmente con dicha actividad (p. ej., Berón et al. 2007). Además, aunque en muy baja frecuencia, se registraron peces que podrían pro-

ceder de la pesca recreativa en su dieta reproductiva (Suárez et al. 2011). Sin embargo, no se observaron Gaviotas de Olrog asociadas a la actividad de pesca recreativa durante los meses correspondientes a la temporada reproductiva (Canti et al. 2023, N. Suárez, obs. pers.). Dada su categorización como especie amenazada, y considerando el relativamente bajo número de reproductores en Bahía San Blas, sería valioso implementar muestreos más intensivos que permitan detectar eventos de muy baja ocurrencia y así evaluar más adecuadamente la posible asociación con la actividad.

La información sobre la interacción entre las aves marinas y las pesquerías recreativas en el resto de la costa de la Patagonia argentina es muy escasa. Cabe señalar que existen varias decenas de sitios de pesca recreativa (Bovcon 2016, Venerus & Cedrola 2017,

Giudi 2019, Sánchez-Carnero et al. 2022), muchos de ellos relativamente cercanos a colonias de aves marinas, por lo que no puede descartarse que la actividad provea recursos de alimento, particularmente a la Gaviota Cocinera. Información preliminar en playas hacia el norte y sur de Rawson, Chubut, muestran que la Gaviota Cocinera y en menor medida el Cormorán Imperial se asocian a los pescadores, aprovechando tanto los restos de la pesca como restos orgánicos derivados de la actividad (J. Cortés, datos no publicados, C. Marinao, obs. pers.). Estas dos especies, además de la Gaviota Austral, fueron también registradas aprovechando este tipo de restos en el área de Puerto Deseado (Grupo Aves Marinas UNPA, com. pers.). Futuros estudios deberían evaluar la contribución de los recursos provenientes de estas otras pesquerías a sus poblaciones, particularmente de la Gaviota Cocinera.

Tabla 2. Localidades de la costa patagónica argentina en las cuales las aves marinas fueron reportadas alimentándose en basurales urbanos durante la etapa reproductiva.¹Kasinsky et al. (2018); ²Yorio & Giaccardi (2002); ³Giaccardi & Yorio (2004); ⁴Bertellotti et al. (2001); ⁵Giaccardi et al. (1997); ⁶Frixione et al. (2023a); ⁷Devillers (1978); ⁸Yorio et al. (1998); ⁹Sciavini & Yorio (1995); ¹⁰Raya Rey & Schiavini (2000); ¹¹Devillers (1977).

Centro urbano	Gaviota Cocinera	Gaviota Capucho Café	Escúa Parda	Escúa Común	Fuente
Buenos Aires					
Los Pocitos	✓				1
Bahía San Blas	✓				1
Carmen de Patagones	✓				1
Río Negro					
San Antonio Este	✓				2
San Antonio Oeste	✓				2
Las Grutas	✓	✓			2
Sierra Grande	✓				2
Playas Doradas	✓				2
Chubut					
Puerto Madryn	✓				2, 3, 4
Puerto Pirámide	✓				2
Trelew	✓	✓			2
Dolavon	✓	✓			5
Rawson	✓	✓			2, 5, 6
Camarones	✓		✓		2
Caleta Córdova	✓				2
Comodoro Rivadavia	✓				2
Santa Cruz					
Puerto Deseado	✓		✓	✓	7, 8
Tierra del Fuego					
Ushuaia	✓			✓	9, 10, 11

Estas evaluaciones son necesarias particularmente durante los torneos de pesca, los cuales muchas veces congregan a varios cientos y hasta miles de participantes (Venerus & Cedrola 2017). La Gaviota Cocinera también hace uso durante la reproducción de residuos de la pesca recreativa en ambientes lacustres del oeste de la Patagonia argentina (Frixione et al. 2012, N. Rosciano, obs. pers.).

RESIDUOS URBANOS

Las gaviotas Cocinera y Capucho Café y las escúas Parda y Común fueron registradas alimentándose en basurales urbanos a cielo abierto cercanos a sus colonias durante los meses que abarcan la temporada reproductiva (Tabla 2; Fig. 2c). La Gaviota Cocinera, en particular, fue observada en basurales urbanos de las cinco provincias con litoral marítimo (Tabla 2). Evaluaciones realizadas en la década de 1990, mostraron que esta especie fue la más frecuente y abundante en los ensambles de aves que aprovechaban residuos en los basurales urbanos de la costa norte de la Patagonia argentina, en números que podían llegar a menudo a varios miles de individuos en un solo conteo (Giaccardi et al. 1997, Yorio & Giaccardi 2002, Giaccardi & Yorio 2004). En los basurales de Rawson y Puerto Madryn, por ejemplo, las Gaviotas Cocineras estuvieron presentes en todos los muestreos realizados en los meses que abarca la temporada reproductiva (Giaccardi et al. 1997, Giaccardi & Yorio 2004). Las abundancias variaron a lo largo del día, días de la semana, y meses de la primavera y verano (Giaccardi & Yorio 2004), sugiriendo que las evaluaciones y programas de monitoreo deben ser cuidadosamente diseñados y requieren de cautela al momento de interpretar los resultados.

Debido a cambios en las prácticas de manejo de residuos urbanos a mediados de la década del 2010 en el noreste de Chubut, la disposición de la mayoría de los residuos de los diferentes centros urbanos comenzó a centralizarse en un solo sitio, lo que resultó en la inactivación de los basurales dentro de cada centro urbano. Sin embargo, las gaviotas continuaron alimentándose en bajo número en algunos antiguos predios, en los cuales se continuó depositando residuos en bajas cantidades (p. ej., Rawson, Dolavon), o en predios donde se realiza la separación previa al envío al basural urbano centralizado (p. ej., Trelew) (Frixione et al. 2023a). Aunque en bajo número, las Gaviotas Cocineras también usan regularmente durante los meses que coinciden con la temporada reproductiva

el predio donde se centralizan los residuos, además de pequeños basurales clandestinos (M. Frixione, obs. pers.).

Varios estudios de la ecología espacial y dieta de la Gaviota Cocinera durante la etapa reproductiva muestran que se alimentan en basurales urbanos. Durante la incubación, reproductores instrumentados con GPS realizaron viajes desde Isla Arroyo Jabalí Este a los basurales de Bahía San Blas, Los Pocitos y Carmen de Patagones (Kasinsky et al. 2018), desde Punta Tombo a basurales clandestinos en la ciudad de Trelew (Kasinsky 2020) y desde Isla Blanca Mayor al basural de Camarones (N. Suárez & P. Yorio, datos no publicados). También en la etapa de incubación, individuos marcados con colorante en Islote Notable y Punta Pirámides (Bertellotti et al. 2001) y en Punta Loma (P. Yorio & N. Lisnizer, datos no publicados) utilizaron el basural de Puerto Madryn. En la ría Deseado, las Gaviotas Cocineras fueron observadas viajando ida y vuelta desde sus nidos en dirección al basural (Yorio et al. 1998a, E. Frere, com. pers.). Por otro lado, residuos orgánicos e inorgánicos fueron registrados en mayor o menor medida en muestras de dieta de Gaviotas Cocineras en diferentes etapas del ciclo reproductivo en colonias del estuario de Bahía Blanca, Bahía San Blas, Islote Notable, Puerto Pirámides, Punta Loma, El Salitral, Punta León, Punta Tombo, Isla Blanca Mayor, Isla Vernaci Este, y ría Deseado (Bertellotti & Yorio 1999, Petracci et al. 2004, Yorio et al. 2013, 2020b, Marinao et al. 2018, E. Frere & P. Gandini, datos no publicados, J. Cortés, datos no publicados), con una mayor contribución a la dieta en colonias más cercanas a un basural (Bertellotti & Yorio 1999). Las Gaviotas Cocineras también fueron registradas alimentándose en el basural de la ciudad de Ushuaia y rompiendo bolsas de basura en las calles durante los meses de la temporada reproductiva (Schiavini & Yorio 1995, Raya Rey & Schiavini 2000).

Este comportamiento oportunista también fue observado en poblaciones reproductoras de esta especie fuera de la costa patagónica argentina, como en ciudades de la cordillera (Villa La Angostura, Neuquén, y San Carlos de Bariloche, Río Negro; Frixione et al. 2012, N. Rosciano, datos no publicados) y ciudades costeras en Chile y Uruguay (Ludynia et al. 2005, Lenzi et al. 2019, 2021, Burgues et al. 2020).

La Gaviota Capucho Café fue observada en los basurales de Las Grutas, Trelew y Rawson (Yorio & Giaccardi 2002) y Dolavon (M. Frixione, obs. pers.). Como fuera mencionado en la sección “*Recursos de la pesca recreativa*”, los individuos de esta

especie también podrían haber estado aprovechando insectos asociados a los residuos orgánicos (Giaccardi 1993). La Escúa Parda fue registrada en bajo número alimentándose en el basural de Camarones (Yorio & Giaccardi 2002), la Escúa Común en el basural deUSHuaia (Devillers 1977), y ambas especies en el basural de Puerto Deseado (Devillers 1978).

RECURSOS AGRÍCOLA-GANADEROS

De las especies de aves marinas que crían en esta región, la Gaviota Cocinera se asocia regularmente a actividades agrícolas y ganaderas, mientras que las gaviotas de Olrog y Capucho Café y las escúas Parda y Común lo hacen ocasionalmente.

Durante la temporada reproductiva en Bahía San Blas, la Gaviota Cocinera puede alimentarse en cultivos de avena cerca de sus colonias y de granos de avena en comederos para ganado (Marinao et al. 2018, Kasinsky et al. 2021). También se alimenta de insectos asociados a cultivos (p. ej., familias Scarabeidae y Curculionidae), tanto adultos como larvas subterráneas expuestas durante el arado del campo (Yorio et al. 2013, Marinao et al. 2018). Sin embargo, tanto los insectos como los granos constituyen un componente menor de la dieta reproductiva de la Gaviota Cocinera en dicha localidad de cría (Marinao et al. 2018). El uso de granos, lombrices e insectos característicos de cultivos también fue reportado en la dieta reproductiva de la Gaviota Cocinera en el estuario de Bahía Blanca (Petracci et al. 2004). En esta área, la Gaviota Cocinera también obtiene granos dispersos en las banquinas de rutas asociadas al puerto (Petracci et al. 2007). En el valle inferior del Río Chubut, donde existen áreas de cultivo, tanto la Gaviota Cocinera como la Gaviota Capucho Café las utilizan ocasionalmente y en bajo número durante la primavera y verano (Frixione et al. 2023a, M. Frixione, datos no publicados).

Al igual que la Gaviota Cocinera, y en ocasiones asociada a la misma, la Gaviota de Olrog fue registrada alimentándose en forma oportunista de granos en las banquinas del acceso y en la playa de estacionamiento del puerto de Ingeniero White, dentro del estuario de Bahía Blanca (Petracci et al. 2007). Algunas de estas observaciones fueron realizadas durante su temporada de cría, y esto sumado a la presencia relativamente cercana de colonias, la observación ocasional de granos en su dieta reproductiva, y la ocurrencia de este aprovechamiento durante la pleamar cuando sus presas habituales están inaccesibles (Petracci et al. 2007), indican que las aves observadas podrían haber

sido reproductoras.

Las Gaviotas Cocineras también pueden aprovechar residuos provenientes de la producción ganadera. La carroña vacuna fue reportada en la dieta reproductiva de esta especie en el área de Bahía Blanca, aunque con una baja frecuencia de ocurrencia (Petracci et al. 2004). En Chubut, adultos de esta especie fueron reportados alimentándose durante los meses de primavera y verano de desechos generados en mataderos y en establecimientos avícolas y, en mayor medida, de restos orgánicos utilizados para la alimentación de cerdos en criaderos (Yorio et al. 1996, Frixione et al. 2023a; Fig. 2d). Por otra parte, un ave equipada durante la incubación con GPS en la colonia de Punta Tombo viajó hasta un matadero ubicado en Trelew (Kasinsky 2020). En Puerto Deseado, las escúas Parda y Común también fueron observadas alimentándose en un matadero (Devillers 1978). La Gaviota Capucho Café, por su parte, también fue observada en bajo número alimentándose en un criadero de cerdos, posiblemente aprovechando además los insectos presentes en los residuos orgánicos (M. Frixione, datos no publicados). Por otro lado, en áreas rurales destinadas a la producción ovina, las Gaviotas Cocineras utilizan los tanques australianos cercanos a las áreas de cría como fuente de agua y para reposo (P. Yorio, obs. pers.).

La información arriba expuesta sugiere que, en comparación con la oferta de recursos antrópicos pesqueros y urbanos, los derivados de actividades agrícolas ganaderas son en general menos relevantes para la alimentación de las aves marinas durante la temporada reproductiva en la Patagonia argentina. Sin embargo, el aprovechamiento de estos recursos agrícolas y ganaderos podría tener implicancias sobre sus poblaciones, las de otras especies y las poblaciones humanas (ver sección “*Implicancias del uso de recursos antrópicos*”).

OTROS RECURSOS DE ALIMENTO DE ORIGEN ANTRÓPICO

La Gaviota Cocinera puede aprovechar otros recursos antrópicos, como residuos cloacales y alimento derivado de actividades recreativas. Por ejemplo, las aguas servidas depositadas en el basural de Rawson por camiones atmosféricos eran consumidas por la Gaviota Cocinera durante los meses que abarca la estación reproductiva (Giaccardi et al. 1997). También se alimentan de los restos de alimento generados por actividades recreativas en las playas (Canti et al.

Tabla 3. Sustratos artificiales utilizados para nidificar por las diferentes especies de aves marinas en la costa patagónica argentina. PM: Pingüino de Magallanes; CI: Cormorán Imperial; CCN: Cormorán Cuello Negro; GC: Gaviota Cocinera; GS: Gaviotín Sudamericano; GPA: Gaviotín Pico Amarillo.

¹Abril (1994); ²Libenson (1996); ³Marinao et al. (2023); ⁴Grupo de Aves Marinas UNPA, com. pers.; ⁵V. Fratto, com. pers.; ⁶N. Suárez, obs. pers.; ⁷P. García-Borboroglu, com. pers.; ⁸G. Blanco, com. pers.; ⁹C. Marinao, obs. pers.; ¹⁰Yorio et al. (2022); ¹¹T. Kasinsky, obs. pers.

Sustrato antrópico	PM	CI	CCN	GC	GS	GPA	Fuente
Sobre							
Espigón de hormigón		✓	✓				1, 2, 3
Muelle		✓	✓		✓		3, 4, 5
Plataforma petrolera abandonada		✓	✓				1, 3
Plataforma de carga abandonada		✓	✓				3
Embarcación en desuso		✓	✓		✓		3, 4
Techo de guinche		✓	✓				3
Oleoducto			✓				1, 3
Defensas de estructura portuarias			✓				3
Balizas			✓				4
Techo de edificio					✓		3
Camino de hormigón					✓		3
Restos de arte de pesca				✓			6
Debajo o dentro de							
Estructuras de metal	✓				✓		3, 4
Pasarelas de madera	✓						7, 8
Faro en desuso	✓						4, 7
Construcción abandonada	✓						4, 7, 9
Cajón de pesca	✓						4, 10
Barril de metal	✓						10
Tacho plástico de 20 litros	✓						10
Junto a							
Cajón de pesca				✓			11
Restos de arte de pesca	✓			✓			4, 6
Rieles de hierro					✓		3
Mangueras					✓		3
Malla de alambre					✓		3
Estructura de hormigón					✓		3
Restos de construcción	✓						4, 9

2023; obs. pers.). La Gaviota Cocinera también fue registrada junto a la Gaviota Capucho Café consumiendo presas atraídas a la superficie por luminarias en el extremo de un muelle de Puerto Madryn (Leopold et al. 2010). La alimentación de la Gaviota Cocinera sobre insectos atraídos a luces artificiales fue reportada en Nueva Zelanda (Pugh & Pawson 2016).

RECURSOS ANTRÓPICOS PARA NIDIFICAR

Ambientes antrópicos y estructuras artificiales

Un total de seis especies utilizan ambientes antrópicos para reproducir y/o usan estructuras artificiales para construir sus nidos en la costa patagónica argentina, incluidas el Cormorán Imperial, el Cormorán Cuello Negro, el Gaviotín Sudamericano, el Gaviotín Pico Amarillo, la Gaviota Cocinera y el Pingüino de

Magallanes (Tabla 3). Tanto el Cormorán Imperial como el Cormorán Cuello Negro reprodujeron en el predio de un astillero inactivo dentro del puerto de Comodoro Rivadavia, colocando sus nidos sobre un espigón de hormigón (Abril 1994, Libenson 1996, Marinao et al. 2023), un muelle de madera y los techos de guinches (Marinao et al. 2023), así como en antiguas plataformas petroleras de madera a lo largo del sector costero aledaño (Abril 1994, Marinao et al. 2023). Estas plataformas eran parte de los pozos utilizados para la explotación de petróleo en aguas someras en el área de Restinga Ali, adyacente a Comodoro Rivadavia (Nievas El Makte et al. 2021). La mayoría desapareció erosionada por el mar, por lo que algunas colonias antiguamente reportadas sobre ellas ya no existen (Marinao et al. 2023). En el puerto de Caleta Córdova, Comodoro Rivadavia, ambas especies anidaron sobre una antigua plataforma de carga y en una embarcación en desuso anclada cerca del muelle del puerto (Marinao et al. 2023; Fig. 3a). La nidificación

del Cormorán Cuello Negro sobre una embarcación en desuso también fue registrada en la costanera de Ushuaia (A. Morgenthaler, com. pers.). Se observaron también colonias monoespecíficas de Cormorán Cuello Negro en el muelle Luis Piedrabuena en Puerto Madryn (V. Fratto, com. pers.), sobre el oleoducto paralelo al muelle de Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) en Comodoro Rivadavia (Abril 1994, Marinao et al. 2023), sobre las defensas externas del dique seco en el puerto Caleta Paula en Caleta Olivia (Marinao et al. 2023), sobre el muelle en Caleta Olivia (eBird: Morgenthaler 2022), y sobre balizas en el Canal Beagle (A. Morgenthaler, com. pers.).

Los gaviotines Sudamericanos y Pico Amarillo, por su parte, reprodujeron dentro del predio del astillero en Comodoro Rivadavia. Ambas especies ubicaron sus nidos en sectores del predio con características similares a los hábitats naturales (tanto suelo desnudo como con cobertura vegetal), aunque el Gaviotín Sudamericano también se asentó en sectores con



Figura 3. Uso de ambientes antrópicos y estructuras artificiales para nidificar por parte de aves marinas durante la temporada reproductiva. (a) Cormoranes Imperiales y Cuello Negro anidando en una embarcación en desuso en el puerto de Caleta Córdova, Chubut; (b) Gaviotines Sudamericanos anidando asociados a estructuras artificiales en el puerto de Comodoro Rivadavia, Chubut; (c) Pingüinos de Magallanes anidando asociados a cajones de pesca en Islas Blancas, Chubut; (d) Material antrópico en nidos de Cormorán Cuello en el puerto de Comodoro Rivadavia, Chubut.

diferente tipo de estructuras antrópicas (Marinao et al. 2023). En este último caso, los nidos de Gaviotín Sudamericano se construyeron arriba de un camino de hormigón, debajo de carros y caños de hierro, y junto a rieles de hierro, mangueras, malla de alambre y estructuras de hormigón (Marinao et al. 2023; Fig. 3b). El Gaviotín Sudamericano también nidificó en el muelle Almirante Storni en Puerto Madryn (V. Fratto, com. pers.), sobre el techo de una edificación abandonada ubicada sobre la costa y cercana al puerto de Comodoro Rivadavia (Marinao et al. 2023) y sobre una embarcación en desuso en la costanera de Ushuaia (A. Morgenthaler, com. pers.).

El Pingüino de Magallanes también suele utilizar estructuras antrópicas que le brinden cobertura para anidar. En Chubut, por ejemplo, fue registrado anidando debajo de estructuras de metal remanentes de la explotación lobera en Estancia San Lorenzo y debajo de pasarelas de madera en senderos para visitantes en Punta Tombo (P. García Borboroglu, com. pers.) y Cabo Dos Bahías (G. Blanco, com. pers.). En esta última colonia, el número de nidos bajo las pasarelas se incrementó en los últimos años (G. Blanco, com. pers.). También fue observado anidando debajo de muebles dentro del faro entonces en desuso, dentro de un galpón abandonado, y debajo de estructuras remanentes de la antigua explotación de esta especie en la Isla Leones (P. García Borboroglu, com. pers.) y en una casilla y otra construcción abandonada en Isla Tova, (C. Marinao, obs. pers.). En Santa Cruz, el Pingüino de Magallanes fue observado anidando en la casa del faro y la torre de señalización, debajo de chapas en sus alrededores y junto a restos de una construcción abandonada en Isla Pingüino, junto a restos de una construcción abandonada y bajo chatarra en Isla Chata, y últimamente en unos tráileres de chapa abandonados en Cabo Vírgenes (Grupo de Aves Marinas UNPA, com. pers.). El Pingüino de Magallanes también puede aprovechar la presencia de residuos antrópicos para ubicar sus nidos, los que cumplen claramente una función estructural. Por ejemplo, fue reportado anidando dentro de un barril de metal y de un tacho plástico de 20 litros (Yorio et al. 2022). Además, en varias localidades de la costa, los nidos fueron contruidos dentro o debajo de cajones de pesca (completos o partes de los mismos) que, tras acumularse en las playas, pueden ser trasladados tierra adentro por mareas extraordinarias o vientos (Fig. 3c). Esto fue registrado en Punta Tombo, Isla Blanca Mayor e Isla Vernaci Este (Yorio et al. 2022, obs. pers.) y en la ría Deseado (Grupo de Aves Marinas UNPA, com. pers.). El uso por parte del Pingüino de Maga-

llanes de cajones de pesca abandonados para anidar es seguramente más frecuente de lo observado, ya que los mismos están ampliamente distribuidos en el litoral patagónico argentino (Colombini et al. 2008) y estas situaciones no suelen ser registradas cuando se visitan las diferentes colonias.

La Gaviota Cocinera también fue observada anidando junto a cajones de pesca en la colonia de Punta Tombo (T. Kasinsky, obs. pers.), y junto a cabos gruesos (>5 cm) y sobre trozos de red de pesca encontrados en proximidades de la línea de marea en varias colonias del norte del Golfo San Jorge (N. Suárez, obs. pers.), estructuras que podrían servir como refugio para sus pichones.

Las especies arriba mencionadas fueron también registradas nidificando en estructuras antrópicas en otros países de la región. El Cormorán Imperial anida sobre muelles en el sur de Chile (Cursach et al. 2010, Kusch & Marín 2013). El Gaviotín Sudamericano fue observado anidando sobre estructuras antrópicas en una instalación portuaria, un puente y una terminal petrolera en Brasil (Alves et al. 2004, Campos et al. 2004, Fonseca & Barbieri 2024), y en embarcaciones ancladas en Chile (Portflitt-Toro et al. 2018). En Ecuador, esta especie de gaviotín anida además en hábitats naturales entre lagunas costeras artificiales construidas para la producción de sal industrial (Sarmiento Oyola 2009, Haase 2011, Gonzáles & Villón 2015). El Gaviotín Pico Amarillo también fue reportado anidando sobre los pilotes de un puente y en una terminal petrolera en Brasil (Alves et al. 2004, Fonseca 2023). La Gaviota Cocinera, por su parte, fue reportada reproduciendo en ambientes urbanos en gran parte de su distribución reproductiva en Chile, incluidas las ciudades de La Serena, Coquimbo, Concón, Viña del Mar, Concepción y Puerto Montt (Chávez Villavicencio 2014, Yorio et al. 2016b, Delgadillo & Correa 2022). En Coquimbo, en particular, los nidos reportados se ubicaron sobre techos de viviendas normalmente a dos aguas o con poca pendiente, sin cobertura alguna sobre los nidos (Chávez Villavicencio 2014). Datos preliminares sugieren que el número de parejas reproduciendo en techos de edificios en Chile está en aumento (Yorio et al. 2016b). Además, anidaron sobre tanques de almacenamiento de combustible en Coquimbo (Chávez Villavicencio 2014) y techos de bodegas portuarias en Puerto Montt (Cursach et al. 2022). En Brasil, las Gaviotas Cocineras reprodujeron exitosamente por varios años en el zoológico de Camboriú, donde anidaron sobre el techo de un recinto de fauna, el techo del tanque de agua y el techo de la taquilla del

parque (Branco et al. 2008).

Es interesante resaltar que el Cormorán Gris (*Poikilocarbo gaimardi*) fue registrado anidando en estructuras portuarias en la Bahía Mejillones, norte de Chile (García-Cegarra et al. 2020), lo que muestra su potencial capacidad de aprovechar recursos antrópicos en el litoral patagónico argentino.

MATERIAL DE NIDIFICACIÓN

Los estudios y observaciones realizados hasta la fecha sobre el uso de materiales antrópicos en la construcción del nido son escasos, pero muestran que siete especies que se reproducen en la Patagonia argentina los utilizan, incluyendo al Pingüino de Magallanes, el Cormorán Imperial, el Cormorán Cuello Negro, el Biguá, la Gaviota Cocinera, la Gaviota Austral y la Gaviota de Olrog. Estos residuos antrópicos se encontraron en nidos de colonias ubicadas en las cinco provincias con litoral marítimo. En Isla Novaro, Bahía San Antonio, Río Negro, el 37% de los nidos de Gaviota Cocinera contenían recursos antrópicos (> 5 mm) entre el material de nidificación, mayormente plásticos y papel (Seco Pon & Pereyra 2021). En Bahía San Blas, Buenos Aires, y en varias colonias a lo largo de la costa de Chubut (Punta Loma, Punta León, Punta Tombo, Isla Blanca Mayor e Isla Vernaci Este), se encontraron residuos antrópicos (>5 mm) en nidos de Pingüino de Magallanes, de Cormorán Imperial y de las gaviotas Cocinera, Austral y de Olrog (Yorio et al. 2022). Las frecuencias de ocurrencia de residuos antrópicos en estas colonias de Buenos Aires y Chubut fueron menores al 20%, salvo en tres de las ocho colonias de Gaviota Cocinera en las cuales la frecuencia fue mayor y alcanzó el 37%. Por otro lado, el número de materiales antrópicos por nido en todas estas especies fue muy bajo, mayormente una sola pieza (Yorio et al. 2022). En los nidos evaluados se observó una gran variedad de residuos, pero los tipos predominantes fueron plásticos, principalmente bolsas y envoltorios de comida, seguidos de fragmentos de sogas y monofilamento (Yorio et al. 2022). Estos últimos materiales antrópicos, los cuales pueden afectar la supervivencia de los adultos o sus pichones (ver “Implicancias del uso de recursos antrópicos”), fueron encontrados en nidos de Gaviota Cocinera, Gaviota de Olrog, Gaviota Austral y Cormorán Imperial. Por otro lado, se registraron en nidos de Biguá en Islas Vernaci (bolsas plásticas; C. Marinao, obs. pers.). También en Chubut, en el predio del astillero abandonado ubicado en el puerto de Comodoro Rivadavia (ver sección “Am-

bientes antrópicos y estructuras artificiales”), se observó gran cantidad de plásticos en los nidos del Cormorán Imperial (principalmente bolsas, además de cuerdas y monofilamento) y el Cormorán Cuello Negro (bolsas) (Fig. 3d), aunque su ocurrencia no pudo ser cuantificada (Marinao et al. 2023). En Santa Cruz, también se reportó la presencia de estos materiales en nidos del Cormorán Imperial en Monte Loayza (trozos de nylon; Vila & Pérez 1996) e Isla Deseada (bolsas, trapos, vidrios y plásticos; Arrighi & Navarro 1998), y de Pingüino de Magallanes en la ría Deseado (Millones et al. 2022). En Tierra del Fuego, se observó la presencia de residuos antrópicos en nidos del Pingüino de Magallanes en Isla Martillo (Chiesa et al. 2019) y del Cormorán Imperial en Isla Casco, cercana a la ciudad de Ushuaia, con frecuencias de ocurrencia de hasta el 92,6% en una de las temporadas evaluadas (Albizzi et al. 2024).

Para una misma especie, la frecuencia de residuos antrópicos en nidos puede ser variable entre localidades geográficas, en parte por diferencias en la disponibilidad relativa de materiales naturales y antrópicos (Witteveen et al. 2017, Grant et al. 2018). En algunas aves marinas en otras regiones, se encontró que la frecuencia de ocurrencia de materiales antrópicos en los nidos estaba relacionada a su disponibilidad local y a la falta de materiales naturales (Bond et al. 2012, Witteveen et al. 2017), lo que apoyaría la ‘hipótesis de la disponibilidad’ que plantea que los materiales disponibles más comunes en los ambientes cercanos a la colonia son los usados por las aves para construir sus nidos (Jagiello et al. 2019). Varios trabajos en otras regiones muestran una mayor prevalencia de materiales antrópicos en nidos de las colonias más cercanas a centros urbanos o sitios con alta actividad antrópica, donde se espera encontrar una mayor disponibilidad de residuos en el ambiente (Bond et al. 2012, Witteveen et al. 2017, Lato et al. 2021). Esta relación no fue observada en el caso de la Gaviota Cocinera (Yorio et al. 2022), pero la información disponible indica un alto contenido en centros urbanos como Comodoro Rivadavia y Ushuaia (ver arriba). Futuros estudios deberían evaluar la prevalencia de material antrópico en los nidos en simultáneo con su ocurrencia en el ambiente, de manera de poner a prueba adecuadamente la ‘hipótesis de disponibilidad’ y poder contrastarla con hipótesis alternativas.

Cabe señalar que el material antrópico puede ser mayormente incorporado a la estructura del nido, como en el caso del Cormorán Imperial y de las gaviotas Cocinera, Austral y de Olrog, o puede ser utilizado

como revestimiento, como en el caso del Pingüino de Magallanes. En el Cormorán Imperial, por ejemplo, el material natural utilizado durante la construcción del nido es cementado con guano, por lo que el residuo antrópico complementario queda también incorporado en la estructura del nido y por lo tanto no es necesariamente visible. Esto tiene implicancias para su evaluación, ya que una cuantificación adecuada que no subestime el uso de materiales antrópicos requeriría de la destrucción del nido, algo que no es aconsejable en aves que reutilizan el nido año tras año. Una situación similar podría aplicar a otras especies, por lo que la metodología para cuantificar este tipo de materiales en los nidos debe ser informada claramente para poder interpretar los resultados y efectuar comparaciones en forma adecuada.

Es importante considerar que, en algunos casos, la presencia de material en el nido puede ser resultado de la acumulación en su interior por el viento (especialmente materiales livianos como los plásticos), y no de su selección por parte de los individuos que construyeron el nido. Por ejemplo, es frecuente observar botellas de plástico tanto enteras como rotas dentro de nidos del Pingüino de Magallanes (Yorio et al. 2022), los cuales claramente no cumplen una función estructural o de revestimiento del nido, y que posiblemente hayan quedado atrapadas dentro de las cuevas o en los nidos bajo arbustos. En forma similar, algunos residuos encontrados en los nidos pueden no haber sido seleccionados como material, sino que son remanentes del alimento consumido y regurgitados en el nido, como fue propuesto para el caso de la Gaviota Cocinera anidando en Sudáfrica (Witteveen et al. 2017). Como fuera mencionado, la Gaviota Cocinera se alimenta frecuentemente en basurales y a lo largo de playas con actividad recreativa (ver sección “Residuos urbanos” y “Residuos derivados de la pesca recreativa”), pero el tipo y estado de los restos antrópicos identificados en sus egagrópilas indican que los residuos plásticos encontrados en los nidos no provienen del alimento, sino que son activamente recolectados por las aves (Yorio et al. 2022; A. Morgenthaler, com. pers.). Estas causas alternativas de la existencia de material antrópico en los nidos requieren de un diseño de muestreo que contemple una adecuada cuantificación y reporte de la información, de manera de discriminar entre los residuos antrópicos que llegan accidentalmente al nido y aquellos que son recolectados para construirlo o acondicionarlo.

Al igual que en la costa patagónica argentina, se reportaron residuos antrópicos en nidos de Gaviota

Cocinera en el lago Nahuel Huapi, Río Negro (N. Rosciano, datos no publicados). En Chile, también se registraron en nidos de Gaviota Cocinera (Arce et al. 2014), Cormorán Imperial (Thiel et al. 2018) y Biguá (Thiel et al. 2011, Arce et al. 2014). Cabe resaltar que no puede descartarse el uso de material antrópico en nidos de otras especies que reproducen en localidades de la costa patagónica argentina, ya que evaluaciones muestran que el Cormorán Gris los utiliza en colonias en Chile (Frere et al. 2004, Hidalgo Aranzamendi & Chipana Acuña 2012, García-Cegarra et al. 2020) y el Gaviotín Sudamericano en colonias de Brasil (Fonseca 2023).

IMPLICANCIAS DEL USO DE RECURSOS ANTRÓPICOS

Recursos antrópicos como alimento

Muchos estudios muestran que el uso de subsidios de alimento de origen antrópico puede favorecer la fecundidad y supervivencia de los individuos de muchas especies y, en consecuencia, el crecimiento poblacional (ver revisión en Oro et al. 2013). La información analizada indica que, entre las aves marinas que reproducen en la costa patagónica argentina, la Gaviota Cocinera es la que se asocia más frecuentemente y en mayores abundancias a fuentes de alimento derivadas de actividades humanas y, posiblemente, la única que podría ver significativamente afectada su ecología alimentaria y demografía por este comportamiento. Los resultados del monitoreo entre 1994 y 2008 de más de 60 colonias de Gaviota Cocinera a lo largo de unos 1800 km de costa de Río Negro y Chubut mostraron que el número de parejas se incrementó en la mayoría de ellas (74%) y que la población total en ambas provincias aumentó un 37% (Lisnizer et al. 2011). Sus tendencias poblacionales variaron entre sectores de costa, con la aparición de nuevas colonias y un crecimiento significativo en los sectores con mayor disponibilidad de alimento de origen antrópico (descarte en el mar y residuos urbanos y pesqueros), lo que sugiere que este subsidio podría haber contribuido a los cambios demográficos observados (Lisnizer et al. 2011). Las poblaciones en el sur de Buenos Aires y en Tierra del Fuego también mostraron un incremento, aunque menor que en Chubut y Río Negro (Raya Rey et al. 2014, Suárez et al. 2014). En forma similar, se argumenta que el uso de los descartes generados por la actividad de pesca en el mar fue uno de los factores determinantes del incremento de las poblaciones de Petrel Gigante del Sur en las costas de Chubut (Quintana et al. 2006, Copello & Quintana 2009). A través

de este aprovechamiento de alimento de origen antrópico, abundante y predecible, los individuos podrían beneficiarse con una mayor productividad o mejor condición física al iniciar la reproducción, como fue demostrado para otras especies de aves (ver revisiones en Oro et al. 2013 y Plaza & Lambertucci 2017). Sin embargo, no hay estudios hasta la fecha que hayan brindado evidencia directa de que el uso de estos subsidios favorezca la productividad o supervivencia de los individuos en las especies que reproducen en la costa patagónica argentina.

Por otro lado, las aves marinas podrían verse afectadas negativamente, en mayor o menor medida, por el uso de los subsidios de alimento de origen antrópico. En las pesquerías comerciales de arrastre, la asociación de las aves para aprovechar el descarte puede resultar en interacciones letales y/o subletales con el arte de pesca (Tasker et al. 2000, Montevocchi 2023). De entre las aves marinas que reproducen en el litoral patagónico y que hacen uso del mismo durante la temporada de cría, se registró mortalidad incidental en el Pingüino de Magallanes, el Cormorán Imperial, el Petrel Gigante del Sur, la Pardela Oscura y la Gaviota Cocinera. Estas especies difieren en su vulnerabilidad a la captura incidental dependiendo de su método de alimentación y, por lo tanto, la forma en que obtienen las presas del descarte (ver sección "*Recursos derivados de la pesca comercial*"). Dado que el Pingüino de Magallanes, el Cormorán Imperial y la Pardela Oscura intentan obtener presas de la red durante el izado, pueden quedar capturados dentro de la red o enmallados al cerrarse la luz de malla (González-Zevallos & Yorio 2006, C. Marinao, obs. pers.). Esto último puede también suceder en los casos en que la Gaviota Cocinera se posa sobre la red cuando la misma llega a la superficie (C. Marinao, obs. pers.). Por otro lado, como el Petrel Gigante del Sur y la Gaviota Cocinera a menudo se alimentan del descarte en la superficie detrás de la embarcación, pueden ser impactados y/o hundidos por los cables que arrastran la red (González-Zevallos et al. 2007). Además, estas dos especies generalmente sobrevuelan el área detrás de la embarcación antes de posarse o, en el caso de la Gaviota Cocinera, para obtener presas por zambullida superficial, lo que puede resultar en heridas o mortalidad debido a la colisión con los cables del arte de pesca (González-Zevallos & Yorio 2006, Favero et al. 2011, González-Zevallos et al. 2007). La colisión con cables fue evaluada en algunas pesquerías, reportándose contactos para el Petrel Gigante del Sur, la Pardela Oscura y la Gaviota Cocinera (Favero et al. 2011, Tamini et al. 2015, 2023). La mortalidad incidental de

estas especies, debido tanto a colisiones con cables como en redes, fue reportada en varias de las flotas de arrastre que operan relativamente cerca de la costa, con tasas variables dependiendo de la flota, caladero y mes del año (Yorio & Caille 1999, González-Zevallos & Yorio 2006, González-Zevallos et al. 2007, 2011, Yorio et al. 2010, Marinao et al. 2011, 2014, Yorio et al. 2016a, 2021), y del Petrel Gigante del Sur en flotas operando en plataforma a mayor distancia de la costa (Tamini et al. 2015). A pesar de su relevancia para el manejo responsable de las pesquerías, se carece hasta el momento de modelos demográficos que permitan evaluar el impacto de las pesquerías de arrastre en términos de mortalidad incidental sobre la dinámica poblacional de las especies arriba mencionadas. Cabe resaltar que como los Petreles Gigantes del Sur también aprovechan la basura generada y arrojada por la borda (ver sección "*Recursos derivados de la pesca comercial*"), están también expuestos a la ingesta de materiales inorgánicos, mayormente plásticos (Copello & Quintana 2003). El Petrel Gigante del Sur también puede sufrir mortalidad incidental al intentar consumir el cebo en las flotas de palangre (Favero et al. 2003, 2013). Finalmente, las Gaviotas Cocineras y Cormoranes Imperiales pueden enredarse con monofilamento o colisionar con líneas de pesca recreativa (Canti et al. 2023, C. Marinao, obs. pers.).

La alimentación de las aves en basurales urbanos, por otro lado, incrementa el riesgo de infección por patógenos, envenenamiento, y la ingesta de materiales inorgánicos como plásticos, vidrio y metales (ver revisión en Plaza & Lambertucci 2017). Se carece de información para la Gaviota Capucho Café y las escúas Parda y Común, que utilizan en baja frecuencia estas fuentes de alimento, pero numerosos estudios muestran los posibles costos y/o conflictos derivados del uso de basurales por parte de la Gaviota Cocinera. Por su estrategia oportunista de aprovechar residuos urbanos, aguas servidas y otros recursos de origen antrópico, esta especie se encuentra regularmente expuesta a los riesgos arriba mencionados. Materiales como plásticos, vidrio y metales pueden ser ingeridos accidentalmente por la Gaviota Cocinera, y fueron registrados en muestras de su dieta reproductiva en varias colonias del litoral patagónico argentino (Bertellotti & Yorio 1999, Petracci et al. 2004, Marinao et al. 2018, Yorio et al. 2020b). También fueron registrados en su dieta en colonias ubicadas en ambientes lacustres del oeste de la Patagonia argentina (N. Rosciano, datos no publicados) y en el Uruguay (Lenzi et al. 2016). El único trabajo en la costa patagónica argentina que cuantificó la frecuencia de estos mate-

riales inorgánicos en la dieta de la Gaviota Cocinera, enfocado en nueve colonias distribuidas a lo largo de ~2400 km de costa, mostró que los porcentajes de ocurrencia son en general relativamente bajos (Yorio et al. 2020b). Por otra parte, en un estudio realizado en Gaviotas Cocineras que se alimentaban en basurales urbanos y pesqueros de Chubut, se encontraron anomalías celulares que sugieren su exposición a contaminantes (Frixione et al. 2022). Además, las Gaviotas Cocineras que se alimentan de residuos urbanos mostraron niveles más bajos en sus parámetros fisiológicos relacionados con la función inmune, metabolismo energético, función renal, función hepática y enfermedades bacterianas, que la de las aves que se alimentan en condiciones naturales, sugiriendo que la alimentación con residuos urbanos resulta en una menor condición física y nutricional (Adami et al. 2024). En cambio, en muestras obtenidas de Gaviotas Cocineras que se alimentan de residuos pesqueros en tierra, los valores de parámetros fisiológicos relacionados con la función inmune, nutrición y estrés oxidativo fueron similares a los considerados normales para esta y otras especies de gaviotas (D'Amico et al. 2016).

Las aves que utilizan los basurales pueden también adquirir patógenos y/o incrementar su transmisión debido a la gran concentración de individuos durante la alimentación en estas fuentes. Varios géneros de bacterias fueron registrados en muestras fecales de Gaviotas Cocineras alimentándose en los basurales de Rawson, Puerto Madryn y Puerto Deseado, incluídas *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Salmonella*, *Citrobacter*, *Hafnia*, *Shigella*, *Yersinia* y *Corynebacterium* (Giaccardi 1993, Yorio et al. 1996, Frere et al. 2000, La Sala et al. 2013, D'Amico et al. 2016). En la década de 1990, la presencia de enterobacterias en muestras de Gaviotas Cocineras capturadas en el basural de Rawson pudo ser consecuencia de su consumo de aguas servidas que eran depositadas junto a los residuos urbanos y pesqueros (ver sección "*Otros recursos de alimento de origen antrópico*"), sugiriendo la relevancia de una disposición estratégica de estos residuos. La presencia de la mayoría de los géneros de bacteria mencionados, además de *Leclercia* y *Staphylococcus*, fue reportada en Gaviotas Cocineras en Brasil (Albarnaz et al. 2007, Ebert et al. 2016) y la de *Salmonella*, *Campylobacter* y *Micobacterium* en individuos de esta especie en Chile (Barrera & Retamal 2012, Manquían Álvarez 2016; ver revisión en González-Acuña et al. 2020). Además, se aislaron virus de influenza aviar (H13N9, H13N2, H5N9 y H5N1) en Gaviotas Cocineras de Argentina, Perú y Chile (Pereda et al. 2008, Gerzi et al.

2009, Mathieu et al. 2015, Azat et al. 2024) y H5N1 en Gaviotín Sudamericano en Argentina (Rimondi et al. 2024). En algunos casos, reproductores de diferentes colonias podrían congregarse en la misma fuente de alimento de origen antrópico, como fuera observado en los basurales de Puerto Madryn (ver sección "*Residuos urbanos*"), facilitando la dispersión de los patógenos.

Debido a su ecología alimentaria generalista y alta movilidad, la Gaviota Cocinera podría actuar como biovector de patógenos y contaminantes entre diferentes ambientes, como ha sido reportado en otras especies de gaviota en el hemisferio norte (Desjardins et al. 2019, Navarro et al. 2019, Martín-Vélez et al., 2020). En los viajes de alimentación durante la etapa reproductiva, esta especie puede visitar diferentes ambientes marinos y terrestres, ya sean naturales o antropizados (Kasinsky et al. 2018, 2021), y también puede dispersar hacia ambientes antropizados durante la temporada no reproductiva (Lisnizer & Yorio 2019, Frixione et al. 2023a). Por lo tanto, el aprovechamiento de las fuentes de alimento de origen antrópico no solo puede resultar en efectos negativos sobre los individuos que las utilizan, sino que también tiene implicancias para la salud del hombre y otra fauna silvestre. Varias de las bacterias arriba mencionadas son potencialmente patógenas para el hombre, y existe una preocupación creciente por los riesgos derivados de brotes como el de la influenza aviar. La Gaviota Cocinera también puede ser hospedadora de parásitos que podrían afectar al ser humano (p. ej., cestodo del género *Diphylllobothrium*, causante de difilobotriasis), como fue reportado en el área del Lago Nahuel Huapi, Río Negro (Casalins et al. 2015). Cabe señalar que la Gaviota Cocinera y otras aves marinas que utilizan las fuentes de alimento de origen antrópico en las costas de la Patagonia argentina nidifican a menudo en colonias mixtas de aves y mamíferos marinos (Yorio et al. 1998b) y que durante los meses de primavera y verano pueden coincidir en fuentes de alimento antrópico con otras especies de aves, tanto acuáticas como terrestres. Entre las especies registradas en basurales urbanos en esos meses se encuentran rapaces, paseriformes y otras aves acuáticas (Yorio & Giaccardi 2002, Bouker et al. 2021, Frixione et al. 2023b). Además, como fuera mencionado, las Gaviotas Cocineras se alimentan de restos orgánicos entre los cerdos en criaderos de Chubut (Frixione et al. 2023a) y de granos en feedlots en el sur de Buenos Aires (Marinao et al. 2018) (ver sección "*Recursos agrícola-ganaderos*"). Esto posee implicancias en relación a la posible transmisión interespecífica de

patógenos y el potencial impacto sobre actividades productivas. Sin embargo, este es un tema muy poco explorado en las costas de la Patagonia argentina. Por ejemplo, se argumenta que la Gaviota Cocinera podría actuar como vector en la transmisión de *Erysipelothrix rhusiopathiae*, una bacteria potencialmente patógena, a crías de la Ballena Austral (*Eubalaena australis*), pero el riesgo real de transmisión no fue evaluado hasta la fecha (Fiorito et al. 2016).

Recursos antrópicos para nidificar

El poco conocimiento sobre la reproducción de las aves marinas en estructuras artificiales y ambientes antrópicos de la costa patagónica argentina impide una adecuada comprensión de los factores que la determinan y de la evaluación de los costos y beneficios de este comportamiento. En el caso de los cormoranes Imperial y Cuello Negro, algunos de los sitios antrópicos como las plataformas, boyas y embarcaciones en desuso, podrían ser seleccionadas porque brindan condiciones similares a islas, islotes o peñones costeros, los cuales se argumenta son utilizadas habitualmente por ambas especies por ser más inaccesibles a depredadores terrestres (Punta et al. 2003). Por otro lado, se argumenta que la reproducción en ambientes antrópicos puede reducir los riesgos de depredación por parte de depredadores naturales (Isaksson 2018), aunque no puede descartarse la depredación por perros y gatos domésticos como ocurre en otras regiones (Greenwell et al. 2019, Vanstreels et al. 2019). No se han reportado casos de depredación en las colonias ubicadas en ambientes antrópicos en la costa central del Golfo San Jorge, pero información obtenida en colonias cercanas a centros urbanos del litoral patagónico argentino muestran el posible efecto negativo de depredadores domésticos sobre las aves marinas. Por ejemplo, perros no supervisados ingresaron durante las bajamareas a colonias de Pingüino de Magallanes ubicadas en islotes cercanos a la ciudad de Puerto Deseado, causando la muerte de más de 400 individuos (Morgenthaler et al. 2022). Por otro lado, se registró la presencia de perros deambulando y perturbando a las aves en la colonia de Gaviota Cocinera de El Salitral, cercana a la ciudad de Rawson (L. Musmeci & L. Pozzi, datos no publicados).

En el caso del Gaviotín Sudamericano y el Pingüino de Magallanes, el anidar dentro o junto a estructuras antrópicas (ver sección “*Ambientes antrópicos y estructuras artificiales*”) podría conferirles ventajas al maximizar la protección contra depredadores, radiación solar y/o eventos climáticos extremos. Al igual

que en otras aves marinas, estas especies muestran un mayor éxito reproductivo en nidos con mayor cobertura (Frere et al. 1992, Stokes & Boersma 1998) o con acceso a un refugio cercano al nido (Villanueva-Gomila 2009). Por otro lado, se argumenta que el uso de ambientes antrópicos y estructuras artificiales brindan alternativas de reproducción en sectores de costa donde hay pérdida de ambientes naturales adecuados para reproducir (Jennings 2012). La información en la costa central del Golfo San Jorge indica que las playas habitualmente utilizadas para reproducir por el Gaviotín Sudamericano se encuentran bajo un creciente disturbio por actividades humanas, pudiendo ser un factor determinante de su elección de reproducirse en el predio del astillero inactivo en el puerto de Comodoro Rivadavia (Marinao et al. 2023).

Finalmente, podrían existir otros costos asociados con la reproducción de las aves en zonas urbanas e industriales, pero que no han sido considerados ni evaluados hasta la fecha. Entre los factores identificados como potencialmente negativos para las aves en ambientes urbanizados se encuentran la contaminación química, lumínica y acústica, además del disturbio por personas y mascotas, los cuales podrían afectar la supervivencia, productividad y/o salud de los individuos (Isaksson 2018). La contaminación lumínica puede afectar negativamente a algunas aves marinas cuando los individuos que son atraídos o desorientados por las luces artificiales colisionan con estructuras antrópicas (Gilmour et al. 2023). La colisión con cables puede también ocurrir independiente de la luz artificial (Travers 2023). Lamentablemente, la falta de observaciones impide determinar si estos factores son un problema en las colonias asociadas a zonas urbanas e industriales en la costa patagónica argentina (ver sección “*Ambientes antrópicos y estructuras artificiales*”). Futuras investigaciones deberán evaluar los costos y beneficios de anidar en sitios antrópicos y/o en estructuras artificiales.

El uso de ciertos materiales antrópicos como material de nidificación también puede tener consecuencias negativas en la supervivencia de aves adultas, pero particularmente sus pichones. Por ejemplo, en aves marinas de otras regiones, las sogas de diferente material y las líneas de monofilamento presentes en el nido causaron enredos en los individuos que en algunos casos resultaron en mortalidad (Montevecchi 1991, Votier et al. 2011, Robinson et al. 2012). En la costa patagónica argentina se observaron Gaviotas Cocineras enredadas con monofilamento en tres colonias de la Bahía San Blas, Buenos Aires, y en las

colonias de Punta Loma y Punta León, Chubut (Yorio et al. 2014, 2022, Canti et al. 2023, N. Lisnizer, obs. pers.). También se observó mortalidad por enredo con tanzas, sogas o film de plástico en nidos asociados con arbustos en el Pingüino de Magallanes, la Gaviota Cocinera y el Biguá en la ría Deseado (Millones et al. 2022, Grupo Aves Marinas UNPA, com. pers.). Sin embargo, no está claro si las aves se enredaron con material utilizado en la construcción del nido o lo hicieron mientras se alimentaban en la playa y luego lo acumularon hasta el mismo. A pesar de la baja frecuencia de ocurrencia de material de nidificación filamentosos en la mayoría de las colonias evaluadas, su efecto sobre el éxito reproductivo de los individuos debería ser cuantificado, particularmente en colonias cercanas a centros urbanos donde la cantidad de material antrópico utilizado podría ser mayor (ver sección “*Material de nidificación*”).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Las investigaciones realizadas hasta la fecha indican que un total de quince especies de aves marinas utilizan recursos antrópicos durante los meses de la temporada reproductiva en el litoral patagónico argentino (Tabla 4). La información presentada muestra la plasticidad en el uso de dichos recursos por parte de las diferentes especies, aunque se observan claras diferencias en la magnitud de su aprovechamiento. Solo la Gaviota Cocinera capitaliza en números relevantes los diferentes recursos provistos por actividades humanas a nivel regional, tanto para alimentarse como para reproducir. Esto seguramente es debido a su estrategia generalista en el uso del alimento y del hábitat de reproducción (Bertellotti & Yorio 1999, García Borboroglu & Yorio 2004a, 2004b, Suárez et al. 2010), además de su amplia distribución reproductiva y su abundancia en las cinco provincias con litoral marítimo (Yorio et al. 2005, Yorio et al. 1998b).

Tabla 4. Recursos antrópicos utilizados durante la reproducción por las diferentes especies de aves marinas de la costa patagónica argentina.

	Recurso antrópico como alimento					Recurso antrópico para nidificar		
	De pesca comercial		Urbanos	Agrícola-ganaderos	Otros	Hábitat		Material p/ el nido
	En el mar	En tierra				Ambiente antrópico	Estructura artificial	
Pingüino de Magallanes	✓						✓	✓
Petrel Gigante del Sur	✓							
Pardela Oscura	✓							
Cormorán Imperial	✓			✓		✓	✓	✓
Cormorán Cuello Negro	✓					✓	✓	✓
Biguá	✓							✓
Gaviota Cocinera	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Gaviota Austral		✓		✓				✓
Gaviota de Olrog				✓				✓
Gaviota Capucho Café	✓	✓	✓	✓	✓			
Gaviotín Sudamericano	✓					✓	✓	
Gaviotín Pico Amarillo	✓					✓		
Gaviotín Real	✓							
Escúa Parda	✓		✓	✓				
Escúa Común			✓	✓				

De los diferentes recursos de alimento de origen antrópico identificados, el provisto por la pesca comercial durante las operaciones en el mar es utilizado por el mayor número de especies (doce; Tabla 4) y el que representa la oferta de mayor extensión geográfica. Sin embargo, solo unas pocas especies lo utilizan en frecuencias y abundancias relevantes, principalmente dos especies de hábitos carroñeros y de gran movilidad durante la reproducción como la Gaviota Cocinera y el Petrel Gigante del Sur. Sobre la base de la síntesis de información realizada, también se desprende que aquella relacionada con el uso de recursos provistos por la pesca comercial se encuentra en general desactualizada. En las últimas décadas, varios factores tales como cambios en la disponibilidad del recurso y demandas del mercado además de la aplicación de áreas de veda y la modernización de flotas (Góngora et al. 2012, de la Garza et al. 2017) determinaron cambios en las operaciones de algunas flotas, lo que seguramente afectó la cantidad y distribución espacial del descarte para las poblaciones reproductoras de aves marinas. En aguas relativamente cercanas a la costa de Chubut, por ejemplo, el cambio en la distribución del Langostino Patagónico (de la Garza et al. 2017) resultó en cambios en la relación espacial entre las colonias de aves marinas y las operaciones de las flotas congeladora langostinera y costera (p. ej., Yorio et al. 2021) y, por lo tanto, en la accesibilidad de este recurso desde diferentes colonias, incluyendo algunas ubicadas en áreas marinas protegidas (p. ej., Punta León, Punta Tombo y Parque Interjurisdiccional Marino Costero Patagonia Austral). En este contexto, toma relevancia la actualización de información sobre el uso por poblaciones reproductoras de los recursos provistos por la pesca comercial en varias áreas del mar argentino.

Los estudios realizados indican además que el conocimiento sobre el uso del descarte por aves durante la reproducción es mayormente fragmentario, por corresponder solo a una parte de la temporada reproductiva. La evaluación de esta interacción en diferentes momentos de la temporada reproductiva es relevante, dado que el uso del recurso alimento y las áreas de alimentación podrían variar en función de los requerimientos de adultos y pichones y/o de las restricciones impuestas por la alimentación de punto central. La información presentada deja también en claro que existen vacíos de información sobre el uso del descarte por individuos reproductores en varias pesquerías, particularmente las de pequeña escala que operan en Buenos Aires, Santa Cruz y Tierra del Fuego. Una mejor comprensión del papel de este

subsidio antrópico para las aves que se reproducen a lo largo del litoral patagónico, ayudaría a evaluar la contribución de este recurso a nivel metapoblacional. Más allá de las limitaciones y vacíos de información arriba mencionados, los estudios realizados hasta la fecha permitieron en gran medida identificar las especies que regularmente se asocian a las distintas flotas, la abundancia relativa de las aves que consumen el descarte pesquero, la forma en que las aves hacen uso del descarte, y comenzar a entender las posibles consecuencias de este aprovechamiento en relación a la interacción con los artes de pesca.

En cuanto a los residuos urbanos, otra de las ofertas de alimento de origen antrópico de amplia distribución en el litoral patagónico argentino, la información presentada muestra que la Gaviota Cocinera es prácticamente la única especie para la cual estos residuos son un componente relevante de la ecología alimentaria durante la temporada reproductiva. Cabe resaltar que las investigaciones fueron realizadas mayormente en las costas septentrionales del litoral costero, por lo que sería valioso explorar los patrones espacio-temporales del uso de residuos urbanos por las gaviotas en colonias de Santa Cruz y Tierra del Fuego. Por otro lado, poco se conoce sobre la dimensión de la actual oferta de residuos urbanos en las diferentes ciudades de la costa patagónica argentina, considerando que durante las últimas décadas se modificaron las prácticas de manejo de residuos sólidos en varios centros urbanos. Salvo por la información reciente sobre el uso por la Gaviota Cocinera de residuos urbanos en el valle del Río Chubut, incluyendo los meses de la temporada reproductiva (Frixione et al. 2023a), la información sobre el uso de este subsidio antrópico en la costa patagónica argentina se encuentra desactualizada. Al igual que en el caso de las pesquerías comerciales, los cambios en las prácticas de manejo de residuos, en las actividades humanas a lo largo de la costa, y en el tamaño y distribución de las poblaciones de la Gaviota Cocinera, señalan la necesidad de nuevas evaluaciones tanto del número de individuos como de la oferta de este alimento en sitios representativos para lograr una adecuada comprensión del papel de los recursos urbanos en su ecología. El análisis y monitoreo a grandes escalas espaciales y temporales de los patrones de uso de alimento de origen antrópico en las diferentes fuentes identificadas en este trabajo requerirá acordar métodos estandarizados, no solo para poder interpretar adecuadamente los cambios detectados sino para permitir la comparación entre iniciativas de evaluación y monitoreo a lo largo de la costa patagónica argentina.

Hasta la fecha, se sabe muy poco sobre los beneficios en términos del subsidio energético y/o nutricional provisto por las actividades humanas a los individuos que aprovechan estos recursos y sobre las consecuencias demográficas de este comportamiento. Debería tenerse en cuenta que las implicancias del uso de subsidios de alimento de origen antrópico dependerán del tipo de recurso utilizado, ya que mientras que está ampliamente aceptado que el residuo de pescado constituye para las aves un alimento valioso en términos energéticos y nutricionales, el beneficio del consumo de residuos urbanos sigue siendo objeto de debate (Pons 1992, Annett & Pierotti 1999, Weiser & Powell 2010, Lenzi et al. 2021). Como fuera mencionado, solo para dos especies, la Gaviota Cocinera y el Petrel Gigante del Sur, hay información sobre la ecología trófica y demografía que permite especular sobre la relación entre estos subsidios de alimento y el crecimiento de sus poblaciones. Es importante señalar que individuos tanto adultos como jóvenes de Petrel Gigante del Sur y Gaviota Cocinera también hacen uso de recursos pesqueros fuera de la temporada reproductiva, y en el caso de la segunda especie también recursos urbanos y agrícola-ganaderos (p. ej., Bertellotti & Yorio 2000b, Giaccardi & Yorio 2004, González-Zevallos & Yorio 2006, Blanco et al. 2015, Frixione et al. 2023a). Esto podría favorecer su supervivencia en los meses del año con menor disponibilidad de alimento natural, particularmente en el caso de los individuos jóvenes. De esta manera, con el estado actual del conocimiento no es posible separar los efectos del subsidio proveniente de las pesquerías, de los basurales urbanos y de otras fuentes, ni entender el valor relativo de los mecanismos operantes dentro y fuera de la temporada reproductiva. En este contexto, se necesitan más estudios para comprender adecuadamente el papel que los subsidios de alimento de origen antrópico tienen en la demografía de las diferentes especies y validar, además, los argumentos propuestos en relación a la respuesta demográfica de las dos especies arriba mencionadas.

Con respecto al uso de recursos antrópicos para nidificar, la información disponible indica que solo algunas especies (seis; Tabla 4) que crían en el litoral patagónico argentino aprovechan ambientes y/o estructuras antrópicas para construir sus nidos y que, además, no es un comportamiento muy extendido en sus poblaciones. Sin embargo, la información disponible es mayormente anecdótica, requiriéndose de evaluaciones cuantitativas para comprender no solo las características de los recursos antrópicos seleccionados sino también sus consecuencias para

la productividad de los individuos. Por otro lado, la información presentada muestra que estas especies poseen una importante plasticidad en el uso del macro y/o microhábitat de nidificación, una característica que podría ser capitalizada con fines de manejo y/o conservación. Por ejemplo, la utilización de nidos artificiales es una herramienta frecuentemente implementada en proyectos de restauración de colonias de aves marinas alrededor del mundo (VanderWerf et al. 2023). Varios trabajos en pingüinos y gaviotines, por ejemplo, sugieren que los nidos artificiales benefician la productividad o pueden ser usados para incrementar la densidad de nidificación (p. ej., Sherley et al. 2012, Stoyan & Nachtigall 2021). Por otro lado, la plasticidad en el uso de sitios antrópicos observada en cormoranes en Namibia permitió el uso de plataformas artificiales para mejorar la producción guanera y facilitar la colecta del producto (Cooper et al. 1982). En los gaviotines Pico Amarillo y Real, en particular, se han puesto a prueba plataformas artificiales en la Guyana Francesa, como herramienta para mantener un hábitat de nidificación adecuado frente al avance de vegetación invasora (Wolfsperger 2022). El conocimiento sobre la plasticidad en el uso de ambientes y/o estructuras artificiales por parte de las especies consideradas y de sus consecuencias para la reproducción puede tomar mayor valor en el caso que surja la necesidad de implementar medidas de manejo para alguna de sus poblaciones.

Por otro lado, la síntesis de información indica que la presencia de materiales antrópicos en nidos de siete especies (Tabla 4) fue relativamente baja en la mayoría de las colonias donde éstos pudieron ser cuantificados, lo que sugiere que este tipo de contaminación podría no ser actualmente un problema para muchas de las poblaciones de aves marinas en el litoral patagónico argentino. Sin embargo, la frecuencia de ocurrencia en una colonia cercana a Ushuaia fue muy alta, y resta cuantificar la ocurrencia en las colonias del puerto de Comodoro Rivadavia donde las observaciones preliminares indican que la frecuencia parecería ser relativamente alta. Varias otras colonias de aves marinas se ubican cerca de centros urbanos (Yorio et al. 1998b), por lo que sería valioso determinar si también en ellas las aves utilizan material antrópico para construir o acondicionar sus nidos. Por otro lado, como estos materiales, particularmente plásticos, se acumulan a través de los años debido a su persistencia (Albareda et al. 2021) y además se observa un aumento de estos residuos antrópicos a nivel global (Borrelle et al. 2020), es esperable un incremento en esta problemática con el correr de los años.

Varios de los estudios realizados hasta la fecha muestran que el aprovechamiento de los recursos antrópicos resulta en riesgos para las aves que los utilizan, particularmente en el caso del alimento. Entre ellos destacan los riesgos de mortalidad incidental en pesquerías comerciales, de ingesta de plásticos y de infección por patógenos. Como fuera mencionado, por ejemplo, en varias pesquerías comerciales se mostró que el uso del descarte resultó en la mortalidad incidental de individuos que son atraídos para aprovecharlos. Por otro lado, la información disponible indica la necesidad de incrementar el conocimiento de los efectos subletales resultantes del uso de recursos antrópicos, aspectos generalmente desatendidos durante la evaluación de los impactos humanos sobre las aves marinas (Phillips et al. 2023). A pesar de que en algunos casos los efectos negativos de una actividad sobre una determinada población no parecieran ser significativos, es necesario considerar los efectos aditivos de las diferentes actividades sobre la misma al igual que la de todas ellas sobre la metapoblación. Para esto, es esencial un enfoque integral de la problemática, considerando los efectos sinérgicos de las diferentes interacciones arriba mencionadas y un análisis a la apropiada escala espacial.

Los estudios hasta la fecha también muestran que el uso de fuentes de alimento de origen antrópico, particularmente en tierra, incrementan los riesgos de transmisión interespecífica de patógenos y la posibilidad que los individuos actúen como vectores entre dichas fuentes y sus colonias, muchas de ellas asociadas a colonias de otras especies. Esta información cobra relevancia dado el creciente reconocimiento del papel que las enfermedades juegan en la ecología y conservación de las aves marinas (Vanstreels et al. 2023). Particularmente con el avance de la influenza aviar de alta patogenicidad a nivel global, y la detección de casos positivos en el litoral marítimo argentino (Rimondi et al. 2024), es prioritario comprender mejor la forma en que las fuentes antrópicas influyen sobre las probabilidades de dispersión y contagio, a través de su efecto sobre la movilidad y concentración de las diferentes especies.

Las consecuencias negativas del aprovechamiento de los subsidios de origen antrópico por parte de las aves marinas podrían evitarse o minimizarse con medidas de manejo que reduzcan su disponibilidad. Varios trabajos muestran que la reducción de la oferta de descarte durante las operaciones en el mar contribuye a mitigar el problema de la captura incidental (p. ej., Abraham et al. 2009, Jiménez et al. 2022). Por

ejemplo, el manejo estratégico del descarte redujo la tasa de contactos con los cables de petreles gigantes (*Macronectes* spp.) asociados a flotas congeladoras de arrastre demersal que operan en proximidades de las Islas Malvinas (Kuepfer et al. 2022). Futuros trabajos deberían evaluar la factibilidad de implementar un manejo estratégico del descarte en flotas donde el mismo sea significativo y los niveles de mortalidad de las aves requieran de estas medidas de mitigación. Esto complementaría otras medidas para reducir la captura incidental ya evaluadas, y en algunos casos implementadas, en las flotas de arrastre que operan en el mar argentino (p. ej., González-Zevallos et al. 2007, Tamini et al. 2015, 2023). Por otro lado, en otras regiones la reducción en la oferta de residuos urbanos a través de su incineración o entierro resultó en una disminución del número de gaviotas en los basurales urbanos (Monaghan et al. 1986, Patton 1988, Pons 1992). El monitoreo de Gaviotas Cocineras en el basural de Rawson en la década de 1990 mostró que la abundancia de individuos se redujo cuando se incineraron los residuos urbanos y se cubrieron diariamente los residuos generados por las plantas pesqueras (Giaccardi et al. 1997). Además, el número de gaviotas disminuyó significativamente en épocas en que el residuo pesquero se procesó para harina de pescado a pesar de continuar la oferta de residuos de origen doméstico (Giaccardi et al. 1997). En los últimos años, dicho basural recibe solo pequeñas cantidades de residuos urbanos, y solamente unos pocos individuos de Gaviota Cocinera son observados durante la primavera (Frixione et al. 2023a).

En resumen, la síntesis de información sobre el uso de recursos antrópico por las aves marinas que se reproducen en las costas de la Patagonia argentina indica que este comportamiento se observa en una relativamente gran cantidad de especies, incluidos pingüinos, petreles, cormoranes, gaviotas, gaviotines y escúas. Los individuos de varias poblaciones de estas especies aprovechan una gran variedad de recursos antrópicos para alimentarse o anidar, lo que en parte puede proporcionarles beneficios directos, pero en ocasiones los expone a amenazas que pueden incluso provocar su mortalidad. Futuros trabajos deberán evaluar los beneficios netos de este comportamiento en las poblaciones de aves marinas más expuestas a las actividades humanas consideradas en la presente síntesis de información. Es importante destacar que, de las especies que aprovechan los recursos antrópicos, la Pardela Oscura y la Gaviota de Olrog están listadas como amenazadas a nivel internacional (IUCN 2023), mientras que la segunda además del Pingüino

de Magallanes, el Petrel Gigante del Sur, la Gaviota Austral y la Escúa Parda están categorizadas como amenazadas a nivel nacional (MAYDS & AA 2017). La información presentada sugiere la necesidad de profundizar en la evaluación de algunas interacciones entre estas especies y las actividades humanas que les brindan recursos, de manera de contribuir al fortalecimiento de acciones para su conservación.

AGRADECIMIENTOS

Para la redacción de este artículo se contó con el apoyo del Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CCT CONICET-CENPAT), del Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (CONICET-UNCo) y de Wildlife Conservation Wildlife Conservation Society.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abraham ER, Pierre JP, Middleton DAJ, Cleal J, Walker NA, Waugh SM (2009) Effectiveness of fish waste management strategies in reducing seabird attendance at a trawl vessel. *Fisheries Research* 95(2-3): 210-219. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.08.014>
- Abril M (1994) Nidificación de cormoranes sobre plataformas artificiales en Comodoro Rivadavia (Chubut, Argentina). *Naturalia Patagónica* 2: 93-94
- Adami MA, Bertellotti M, Agüero ML, Frixione MG, D'amico VL (2024) Assessing the impact of urban landfills as feeding sites on physiological parameters of a generalist seabird species. *Marine Pollution Bulletin* 202: 116327. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116327>
- Albareda D, Filippo P, García V, González Zevallos D, Schteinbarg R, Zavattieri V (2021) Basura Plástica Marina: un problema en común. Material de Formación y capacitación para el sector pesquero. Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia. (URL: marpatagonico.org/publicaciones/)
- Albarnaz JD, Toso J, Corrêa AA, Simões CMO, Barardi CRM (2007) Relationship between the contamination of gulls (*Larus dominicanus*) and oysters (*Crassostrea gigas*) with *Salmonella* serovar Typhimurium by PCR-RFLP. *International Journal of Environmental Health Research* 17: 133-140. <https://doi.org/10.1080/09603120701219816>
- Albizzi A, Rey AR, Seco Pon JP (2024) Marine debris on *Leucocarbo atriceps* nests at Beagle Channel, Argentina, under different anthropic scenarios. *Waterbirds* 47: 1-16. <https://doi.org/10.1675/063.047.0201>
- Alves VS, Soares ABA, Couto GS (2004) Aves marinhas e aquáticas das ilhas do litoral do Estado do Rio de Janeiro. Pp. 83-100 en: Branco JO (ed) Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação. Editora da Universidade Vale do Itajaí, Itajaí, Santa Catarina
- Annett CA, Pierotti R (1999) Longterm reproductive output in Western Gulls: consequences of alternate tactics in diet choice. *Ecology* 80: 288-297. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1999\)080\[0288:L-TROIW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1999)080[0288:L-TROIW]2.0.CO;2)
- Arce P, Daigre M, Simeone A (2014) Uso diferencial de basura para la construcción de nidos en aves marinas de una colonia en Chile central. Pp. 23 en Libro de Resúmenes XI Congreso Chileno de Ornitología, La Serena, Chile. (URL: <https://aveschile.cl/wp-content/uploads/2019/03/pdf/Libro-de-Resu%23U0301menes-PDF.pdf>)
- Arcos JM, Oro D (2002) Significance of fisheries discards for a threatened Mediterranean seabird, the Balearic Shearwater *Puffinus mauretanicus*. *Marine Ecology Progress Series* 239: 209-220. <https://doi.org/10.3354/meps239209>
- Arrighi AC, Navarro JL (1998) Ecología reproductiva del Cormorán Imperial (*Phalacrocorax atriceps*), en Isla Deseada (Santa Cruz, Argentina). *El Hornero* 15: 64-67. <https://doi.org/10.56178/eh.v15i1.957>
- Azat C, Alvarado-Rybak M, Aguilera JF, Benavides JA (2024) Spatio-temporal dynamics and drivers of Highly Pathogenic Avian Influenza H5N1 in Chile. *Frontiers in Veterinary Science* 11: 1387040. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1387040>
- Barragán JM, de Andrés M (2015) Analysis and trends of the world's coastal cities and agglomerations. *Ocean and Coastal Management* 114: 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.004>
- Barrera V, Retamal P (2012) Detección de *Salmonella enterica*, desde aves silvestres acuáticas en Chile. *Avances en Ciencias Veterinarias* 27(2). <https://doi.org/10.5354/acv.v27i2.25993>
- Berón MP, Favero M, Gómez Laich A (2007) Use of natural and anthropogenic resources by Olog's Gull *Larus atlanticus*: implications for the conservation of the species in nonbreeding habitats. *Bird Conservation International* 17: 351-357. <https://doi.org/10.1017/S0959270907000883>
- Bertellotti M, Yorio P (1999) Spatial and temporal patterns in the diet of the Kelp Gull in Patagonia. *The Condor* 101: 790-798. <https://doi.org/10.2307/1370066>
- Bertellotti M, Yorio P (2000a) Utilization of fishery waste by Kelp Gulls attending coastal trawl and longline vessels in northern Patagonia, Argentina. *Ornis Fennica* 77: 105-115. (URL: <https://ornisfennica.journal.fi/article/view/133533>)
- Bertellotti M, Yorio P (2000b) Age-related feeding behaviour and foraging efficiency in kelp gulls *Larus dominicanus* attending coastal trawlers in Argentina. *Ardea* 88: 207-214. (URL: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/70652/CONICET_Digital_Nro.67e2e5d8-9e1e-46e2-bb46-cdcaded-

113c3_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

- Bertellotti M, Yorío P, Blanco G, Giaccardi M (2001) Use of tips by nesting Kelp gulls at a growing colony in Patagonia. *Journal of Field Ornithology* 72: 338-348. <https://doi.org/10.1648/0273-8570-72.3.338>
- Blanco GS, Pisoni JP, Quintana F (2015) Characterization of the seascape used by juvenile and wintering adult Southern Giant Petrels from Patagonia Argentina. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 153: 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.12.007>
- Bond AL, Montevecchi WA, Guse N, Regular PM, Garthe S, Rail JF (2012) Prevalence and composition of fishing gear debris in the nests of northern gannets (*Morus bassanus*) are related to fishing effort. *Marine Pollution Bulletin* 64: 907-911. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.03.011>
- Borrelle SB, Ringma J, Law KL, Monnahan CC, Lebreton L, McGivern A, Murphy E, Jambeck J, Leonard GH, Hilleary MA, Eriksen M, Possingham HP, De Frond H, Gerber LR, Polidoro B, Tahir A, Bernard M, Mallos N, Barnes M, Rochman CM (2020) Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369: 1515-1518. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>
- Bouker G, Tyree A, San Martín A, Salom A, Dodino S, Balza U (2021) Garbage dump use, mortality, and microplastic exposure of raptors in Ushuaia, Tierra Del Fuego Province, Southern Argentina. *Journal of Raptor Research* 55: 220-229. <https://doi.org/10.3356/0892-1016-55.2.220>
- Bovcon ND (2016) *Evaluación de las pesquerías recreativas costeras de la provincia del Chubut, Argentina: base para su ordenamiento y manejo*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche
- Bovcon ND, Góngora ME, Marinao C, González-Zevallos D (2013) Composición de las capturas y descartes generados en la pesca de merluza común *Merluccius hubbsi* y langostino patagónico *Pleoticus muelleri*: un caso de estudio en la flota fresquera de altura del Golfo San Jorge, Chubut, Argentina. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48: 303-319. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000200010>
- Branco JO (2001) Descartes da pesca do camarão setebarras como fonte de alimento para aves marinhas. *Revista Brasileira de Zoologia* 18: 293-300. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752001000100033>
- Branco JO, Mendes de Azevedo Jr S, Achutti MR (2008) Reprodução de *Larus dominicanus* (Aves, Laridae) em ambiente urbano. *Revista Brasileira de Ornitologia* 16: 240-242
- Burgues MF, Lenzi J, Machín E, Genta L, de Mello FT (2020) Temporal variation of Kelp Gull's (*Larus dominicanus*) diet on a coastal island of the Rio de la Plata estuary, Uruguay: refuse as an alternative food source. *Waterbirds* 43: 65-74. <https://doi.org/10.1675/063.043.0107>
- Campos FPD, Paludo D, Faria PDJ, Martuscelli P (2004) Aves insulares marinhas, residentes e migratórias, do litoral do Estado de São Paulo. Pp. 57-82 en: Branco JO (ed) *Aves Marinhas e Insulares Brasileiras: Bioecologia e Conservação*. Editora da Universidade Vale do Itajaí, Itajaí, Santa Catarina
- Canti S, González P, Suárez N, Yorío P, Marinao C (2023) Interactions between breeding gulls and monofilament lines at one of the main recreational fishing sites in Argentina. *Marine Pollution Bulletin* 188: 114720. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114720>
- Carniel VL, Krul R (2012a) Utilization of discards from small-scale fisheries by seabirds in coastal waters of Paraná State, Brazil. *Seabird* 25: 29-38. <https://doi.org/10.61350/sbj.25>
- Carniel VL, Krul R (2012b) Use of artisanal fishery discards by seabirds on the Paraná Coast of Brazil. *Marine Ornithology* 40: 57-62
- Casalins L, Arbetman M, Semenas L, Veleizán AA, Flores VR, Viozzi GP (2015) Difilobotriosis en gaviota. Pasado y presente de esta zoonosis en Parque Nacional Nahuel Huapi. *Revista Argentina de Zoonosis y Enfermedades Infecciosas Emergentes* 10: 38-39 (URL: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/11998/CONICET_Digital_Nro.13185.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chávez Villavicencio C (2014) Aproximación a la selección de sitios de nidificación de la Gaviota Dominicana (*Larus dominicanus* Lichtenstein 1823) en un área urbana de la región de Coquimbo (Chile) y un nuevo sustrato de nidificación. *The Biologist* 12: 33-44
- Chiesa IL, Sciocia G, Leal M, Seco Pon JP (2019) Residuos en ambientes marinos: Un problema global y también fueguino. *La Lupa. Colección fueguina de divulgación científica* 15: 2-7
- Colombini M, Alderete S, Musmeci JM, Caille G, Harris G, Esteves JL (2008) Censo nacional de contaminación costera de la República Argentina. Proyecto Consolidación e implementación del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica para la Conservación de la Biodiversidad. Informe Técnico N° 7
- Cooper J, Brooke RK, Shelton PA, Crawford RJM (1982) Distribution, population size and conservation of the Cape Cormorant, *Phalacrocorax capensis*. *Fisheries Bulletin South Africa* 16: 121-143
- Copello S, Quintana FR (2003) Marine debris ingestion by Southern Giant Petrels and its potential relationships with fisheries in the Southern Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1504-1515. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00312-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00312-6)
- Copello S, Quintana F (2009) Spatio-temporal overlap between the at-sea distribution of Southern Giant Petrels and fisheries at the Patagonian Shelf. *Polar Biology* 32: 1211-1220. <https://doi.org/10.1007/s00300-009-0620-7>
- Copello S, Quintana F, Pérez F (2008) Diet of the sou-

- thern giant petrel in Patagonia: fishery-related items and natural prey. *Endangered Species Research* 6: 15-23. <https://doi.org/10.3354/esr00118>
- Copello S, Blanco GS, Seco Pon JP, Quintana F, Favero M (2016) Exporting the problem: Issues with fishing closures in seabird conservation. *Marine Policy* 74: 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.008>
- Croxall JP, Butchart SHM, Lascelles B, Stattersfield AJ, Sullivan B, Symes A, Taylor P (2012) Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. *Bird Conservation International* 22: 1-34. <https://doi.org/10.1017/S0959270912000020>
- Cursach J, Simeone A, Matus R, Soto O, Schlatter R, Tobar C, Ojeda J (2010) Distribución reproductiva del Cormorán Imperial (*Phalacrocorax atriceps*) en Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 16: 9-16
- Cursach JA, Vilugrón J, Rau JR, Tobar C, Oyarzún C (2022) Islas Caicura (41° S): sitio importante para la reproducción de aves y mamíferos marinos del seno de Reloncaví, sur de Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia* 50: 1-13. <https://doi.org/10.22352/AIP202250003>
- D'amico VL, Fazio A, Palacios MG, Carabajal E, Bertelotti M (2018) Evaluation of physiological parameters of kelp gulls (*Larus dominicanus*) feeding on fishery discards in Patagonia, Argentina. *Waterbirds* 41: 310-315. <https://doi.org/10.1675/063.041.0311>
- Delgadillo Y, Correa JP (2022) Caracterización de la percepción ciudadana de sus interacciones con la gaviota dominicana (*Larus dominicanus*) en las comunas de Talcahuano y Concepción (Chile). *Revista de Medicina Veterinaria e Investigación* 4: 15-29
- Desjardins CF, Mazerolle MJ, Verreault J (2019) Is the urban-adapted ring-billed gull a biovector for flame retardants?. *Environmental Pollution* 244: 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.003>
- Devillers P (1977) Comments on plumages and behaviour of Scoresby's Gull. *Gerfaut* 67: 254-265
- Devillers P (1978) Distribution and relationships of South American skuas. *Gerfaut* 68: 374-417
- Dias MP, Martin P, Pearmain EJ, Burfield IJ, Small C, Phillips RA, Yates O, Lascelles B, García Borboroglu P, Croxall JP (2019) Threats to seabirds: a global assessment. *Biological Conservation* 237: 525-537. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.033>
- Ebert LA, Schlemper JC, Pelisser MR, Pereira B, da Silva MAC, Branco JO (2016) Pathogenic bacteria associated with Kelp Gull *Larus dominicanus* (Charadriiformes, Laridae) on the coast of Santa Catarina State - Brazil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 5: 458-473. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.505.048>
- Esteves JL, Harris G, Musmeci JM, Palla J, Sánchez JP (1997) Primer censo de contaminación costera de la República Argentina. Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica (Puerto Madryn, Argentina) N° 41.
- de Faria JP, Lopes CS, Louise EK, Blight K, Nager RG (2022) Urban gulls with humans. Pp. 90-105 en: Ramos JA, Pereira L (eds) *Seabird biodiversity and human activities*. Volume 1. CRC Press, Boca Raton
- Favero M, Blanco G, Copello S, Seco Pon JP, Patterlini C, Mariano-Jelicich R, García G, Berón MP (2013) Seabird bycatch in the Argentinean demersal longline fishery, 2001-2010. *Endangered Species Research* 19: 187-199. <https://doi.org/10.3354/esr00478>
- Favero M, Blanco G, García G, Copello S, Seco Pon JP, Frere E, Quintana F, Yorio P, Rabuffetti F, Cañete G, Gandini P (2011) Seabird mortality associated with ice trawlers in the Patagonian Shelf: effect of discards on the occurrence of interactions with fishing gear. *Animal Conservation* 14: 131-139. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2010.00405.x>
- Favero M, Khatchikian CE, Arias A, Rodríguez MPS, Cañete G, Mariano-Jelicich R (2003) Estimates of seabird by-catch along the Patagonian Shelf by Argentine longline fishing vessels, 1999-2001. *Bird Conservation International* 13: 273-281. <https://doi.org/10.1017/S0959270903003204>
- Fiorito CD, Bentancor A, Lombardo D, Bertelotti M (2016) *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from gull-inflicted wounds in southern right whale calves. *Diseases of Aquatic Organisms* 121: 67-73. <https://doi.org/10.3354/dao03041>
- Fonseca LCM (2023) *Ecologia reprodutiva do trinta-réis-de-bico-vermelho, Sterna hirundinacea Lesson, 1831 (Aves: Laridae), em uma área artificial no litoral do estado de São Paulo, Brasil*. Tesis de Maestría, Universidade Estadual Paulista, São Paulo
- Fonseca LCM, Barbieri E (2024) Reproductive success of the South American Tern, *Sterna hirundinacea* Lesson, 1831 (Aves: Laridae), at an artificial site in the coast of São Paulo state, Brazil. *Ocean and Coastal Research* 72: e24052. <http://doi.org/10.1590/2675-2824072.23130>
- Frere E, Gandini P, Boersma PD (1992) Effects of nest type and location on reproductive success of Magellanic Penguins *Spheniscus magellanicus*. *Marine Ornithology* 20: 1-6
- Frere E, Gandini P, Martinez Peck R (2000) Gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) como vector potencial de patógenos en la costa Patagónica. *El Hornero* 15: 93-97. <https://doi.org/10.56178/eh.v15i2.924>
- Frere E, Gandini P, Ruiz J, Vilina YA (2004) Current status and breeding distribution of Red-legged Cormorant *Phalacrocorax gaimardi* along the Chilean coast. *Bird Conservation International* 14: 113-121. <https://doi.org/10.1017/S0959270904000139>
- Frixione MG, Casaux R, Villanueva L, Alarcón PAE (2012) A recently established Kelp Gull colony in a freshwater environment supported by an inland refuse dump in Patagonia. *Emu* 112: 174-178. <https://doi.org/10.1071/MU11031>

- Frixione MG, D'Amico V, Adami MA, Bertellotti M (2022) Urbanity as a source of genotoxicity in the synanthropic Kelp Gull (*Larus dominicanus*). *Science of the Total Environment* 850: 157958. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157958>
- Frixione MG, Lisnizer N, Yorio P (2023a) Year-round use of anthropogenic food sources in human modified landscapes by adult and young Kelp Gulls. *Food Webs* 35: e00274. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2023.e00274>
- Frixione MG, Lisnizer N, Yorio P (2023b) White-faced and Black-faced ibises foraging on predictable anthropogenic food subsidies in Patagonia, Argentina. *Austral Ecology* 48: 2230-2238. <https://doi.org/10.1111/aec.13419>
- Furness RW, Edwards AE, Oro D (2007) Influence of management practices and of scavenging seabirds on availability of fisheries discards to benthic scavengers. *Marine Ecology Progress Series* 350: 235-244. <https://doi.org/10.3354/meps07191>
- Gandini PA, Seco Pon JP, Frere E (2008) Composición de la dieta de la Gaviota Austral (*Larus scoresbii*) en Patagonia, Argentina. *Ornitología Neotropical* 19: 109-116.
- García Borboroglu P, Yorio P (2004a) Habitat requirements and selection by kelp gulls in central and northern Patagonia, Argentina. *The Auk* 121: 243-252. <https://doi.org/10.1093/auk/121.1.243>
- García Borboroglu P, Yorio P (2004b) Microhabitat selection by Kelp Gulls, *Larus dominicanus*, in Patagonia, Argentina. *Emu* 104: 241-249. <https://doi.org/10.1071/MU03056>
- García-Cegarra AM, Ramirez R, Orrego R (2020) Red-legged cormorant uses plastic as nest material in an artificial breeding colony of Atacama Desert coast. *Marine Pollution Bulletin* 160: 111632. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111632>
- de la Garza J, Moriondo Danovaro P, Fernández M, Ravalli C, Souto V, Waessle J (2017) An overview of the argentine red shrimp (*Pleoticus muelleri*, Decapoda, Solenoceridae) fishery in Argentina: biology, fishing, management and ecological interactions. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero INIDEP, Mar del Plata
- Gatto A, Yorio P, Doldan MS, Villanueva-Gomila L (2019) Spatial and temporal foraging movement patterns in Royal Terns (*Thalasseus maximus*) and Cayenne Terns (*Thalasseus sandvicensis eurygnathus*) in Northern Patagonia, Argentina. *Waterbirds* 42: 217-224. <https://doi.org/10.1675/063.042.0209>
- Ghera BM, Blazes DL, Icochea E, Gonzalez RI, Kochel T, Tinoco Y, Sovero MM, Lindstrom S, Shu B, Klimov A, Gonzalez AE, Montgomery JM (2009) Avian influenza in wild birds, central coast of Peru. *Emerging Infectious Diseases* 15: 935-938. <https://doi.org/10.3201/eid1506.080981>
- Giaccardi M (1993) *Estrategias alimentarias de gaviotas (Larus spp.) en el basural de Rawson, Chubut: uso de alimentos de origen antrópico y sus implicancias para la salud humana*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Patagonia, Trelew
- Giaccardi M, Yorio P (2004) Temporal patterns of abundance and waste use by Kelp Gulls at a urban and fishery waste tip in northern coastal Patagonia, Argentina. *Ornitología Neotropical* 15: 93-102
- Giaccardi M, Yorio P, Lizurume ME (1997) Patronos estacionales de abundancia de la gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) en un basural patagónico y sus relaciones con el manejo de residuos urbanos y pesqueros. *Ornitología Neotropical* 8: 77-84
- Gilmour M, Borrelle S, Elliott L, Okawa, R., Rodríguez A (2023) Pollution-Lights, plastics, oil, and contaminants. Pp. 177-216 en: Young LC, Ballance LT (eds) *Conservation of Marine Birds*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88539-3.00012-1>
- Giudi C (2019) *Análisis de la pesca recreacional, los usuarios y sus prácticas en tres pesqueros Norpatagónicos para aportar a su manejo*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Río Negro, Viedma
- Góngora ME, González-Zevallos D, Pettovello A, Mendía L (2012) Caracterización de las principales pesquerías del golfo San Jorge, Patagonia, Argentina. *Latin American Journal of Aquatic Research* 40:1-11. <https://doi.org/10.3856/vol40-issue1-fulltext-1>
- González T, Villón R (2015) Éxito de incubación de la Gaviota Cabecigris (*Chroicocephalus cirrocephalus*), Gaviotín Piquigruero (*Gelochelidon nilotica*) y Gaviotín Sudamericano (*Sterna hirundinacea*) dentro de colonias mixtas, en las Piscinas Artificiales de Ecuasal - Pacoa, Provincia de Santa Elena. *Revista de Sistemas Experimentales* 2: 104-112
- González-Acuña D, Llanos-Soto S (2020) Una revisión sistemática de los patógenos virales y bacterianos de aves silvestres en Chile. *Revista Chilena de Infectología* 37: 422-442. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182020000400422>
- González-Zevallos D, Firstater F (2004) Palangre artesanal del golfo San Matías. Informe inédito. Proyecto IAATO. Fundación Patagonia Natural. (URL: <https://www.repositorio.cenpat-conicet.gob.ar/server/api/core/bitstreams/589535fe-e4fb-46c5-a044-886bde0b2da1/content>)
- González-Zevallos D, Marinao C, Yorio P (2017) Importancia de los descartes pesqueros en la dieta de la Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) en Golfo San Jorge, Patagonia. *Ornitología Neotropical* 28: 103-111
- González-Zevallos D, Yorio P (2006) Seabird use of discards and incidental captures at the Argentine hake trawl fishery in Golfo San Jorge, Argentina. *Marine Ecology Progress Series* 316: 175-183. <https://doi.org/10.3354/meps316175>
- González-Zevallos D, Yorio P (2011) Consumption of discards and interactions between Black-browed Albatrosses (*Thalassarche melanophrys*) and Kelp Gulls (*Larus dominicanus*) at trawl fisheries in Golfo San Jorge, Argentina. *Journal of Or-*

- nithology* 152: 827-838. <https://doi.org/10.1007/s10336-011-0657-6>
- González-Zevallos D, Yorio P, Caille G (2007) Seabird mortality at trawler warp cables and a proposed mitigation measure: a case of study in Golfo San Jorge, Patagonia, Argentina. *Biological Conservation* 136: 108-116. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.11.008>
- González-Zevallos D, Yorio P, Svagelj WS (2011) Seabird attendance and incidental mortality at shrimp fisheries in Golfo San Jorge, Argentina. *Marine Ecology Progress Series* 432: 125-135. <https://doi.org/10.3354/meps09146>
- Grant ML, Lavers JL, Stuckenbrock S, Sharp PB, Bond AL (2018) The use of anthropogenic marine debris as a nesting material by Brown boobies (*Sula leucogaster*). *Marine Pollution Bulletin* 137: 96-103. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.016>
- Greenwell CN, Calver MC, Loneragan NR (2019) Cat gets its tern: A case study of predation on a threatened coastal seabird. *Animals* 9: 445. <https://doi.org/10.3390/ani9070445>
- Grimm NB, Foster D, Groffman P, Grove JM, Hopkinson CS, Nadelhoffer KJ, Pataki DE, Peters DP (2008) The changing landscape: ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6: 264-272. <https://doi.org/10.1890/070147>
- Haase BJM (2011) Aves marinas del Ecuador continental y acuáticas de las piscinas artificiales de Ecuasal. *Aves & Conservación, BirdLife International y Ecuasal SA: Guayaquil*
- van Helmond AT, Mortensen LO, Plet-Hansen KS, Ulrich C, Needle CL, Oesterwind D, Kindt-Larsen L, Catchpole T, Mangi S, Zimmermann C, Olesen HK, Bailey N, Bergsson H, Dalskov J, Elson J, Hosken M, Peterson L, McElderry H, Ruiz J, Pierre JP, Dykstra C, Poos JJ (2020) Electronic monitoring in fisheries: lessons from global experiences and future opportunities. *Fish and Fisheries* 21: 162-189. <https://doi.org/10.1111/faf.12425>
- Henderson GE, Grant ML, Lavers JL (2022) Comparing methods for monitoring nest debris using silver gulls as a case study. *Marine Pollution Bulletin* 177: 113482. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113482>
- Hidalgo Aranzamendi N, Chipana Incacuña G (2012) Densidad, estacionalidad y estado de conservación de las aves marinas en la región Tacna. *Científica* 9: 225-239
- Ibarra C, Marinao C, Suárez N, Kasinsky T, Yorio P (2022) Patterns of sexual segregation in the use of trophic resources in breeding Imperial Cormorants. *Marine Biology* 169: 154. <https://doi.org/10.1007/s00227-022-04143-7>
- Ibarra C, Marinao C, Suárez N, Yorio P (2018) Differences between colonies and chick-rearing stages in Imperial Cormorant (*Phalacrocorax atriceps*) diet composition: implications for trophic studies and monitoring. *The Wilson Journal of Ornithology* 130: 224-234. <https://doi.org/10.1676/16-184.1>
- Isaksson C (2018) Impact of urbanization on birds. Pp. 235-257 en: Tietze DT (ed) *Bird Species: How they arise, modify and vanish*. Springer International
- IUCN (2023) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. (URL: <https://www.iucnredlist.org/>)
- Jagiello ZA, Dylewski Ł, Tobolka M, Aguirre JI (2019) Life in a polluted world: a global review of anthropogenic materials in bird nests. *Environmental Pollution* 251: 717-722. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.028>
- Jagiello Z, Reynolds SJ, Nagy J, Mainwaring MC, Ibáñez-Álamo JD (2023) Why do some bird species incorporate more anthropogenic materials into their nests than others? *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 378: 20220156. <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0156>
- Jennings G (2012) *The ecology of an urban colony of common terns Sterna hirundo in Leith Docks, Scotland*. PhD Thesis, Universidad de Glasgow, Escocia
- Jiménez S, Paez E, Forselledo R, Loureiro A, Troncoso P, Domingo A (2022) Predicting the relative effectiveness of different management scenarios at reducing seabird interactions in a demersal trawl fishery. *Biological Conservation* 267: 109487. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109487>
- Kasinsky T (2020) *Estrategias alimentarias de la Gaviota Cocinera y su relación con subsidios de alimento antrópicos*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche
- Kasinsky T, Suárez N, Marinao C, Yorio P (2018) Kelp Gull (*Larus dominicanus*) use of alternative feeding habitats at the Bahía San Blas protected area, Argentina. *Waterbirds* 41: 285-294. <https://doi.org/10.1675/063.041.0308>
- Kasinsky T, Yorio P, Dell'Arciprete P, Marinao C, Suárez N (2021) Geographical differences in sex-specific foraging behaviour and diet during the breeding season in the opportunistic Kelp Gull (*Larus dominicanus*). *Marine Biology* 168:14. <https://doi.org/10.1007/s00227-020-03812-9>
- Kuepfer A, Sherley RB, Brickle P, Arkhipkin A, Votier SC (2022) Strategic discarding reduces seabird numbers and contact rates with trawl fishery gears in the Southwest Atlantic. *Biological Conservation* 266: 109462. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109462>
- Kusch A, Marín M (2013) Distribución de sitios reproductivos de cormoranes *Phalacrocorax* spp. (Pelecaniformes) en el Estrecho de Magallanes y costas hacia el sur (52°-56°S), Chile. *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 41: 131-139. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2013000100013>
- La Sala L, Petracci P, Randazzo V, Fernández-Miyakawa ME (2013) Enteric bacteria in Olog's Gull (*Larus atlanticus*) and Kelp Gull (*Larus dominicanus*) from

- the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *El Hornero* 28: 59-64. <https://doi.org/10.56178/eh.v28i2.629>
- Lato KA, Thorne LH, Furst M, Brownawell BJ (2021) Microplastic abundance in gull nests in relation to urbanization. *Marine Pollution Bulletin* 164: 112058. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112058>
- Lenzi J, Burgues MF, Carrizo D, Machín, E, Teixeira-de Mello F (2016) Plastic ingestion by a generalist seabird on the coast of Uruguay. *Marine Pollution Bulletin* 107: 71-76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.016>
- Lenzi J, González-Bergonzoni I, Flaherty E, Hernández D, Machín E, Pijanowski B (2021) The relationship between urban refuse with fecundity and nestlings' success of a generalist seabird in the Río de la Plata Estuary-Uruguay. *Marine Pollution Bulletin* 173: 113000. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113000>
- Lenzi J, González-Bergonzoni I, Machín E, Pijanowski B, Flaherty E (2019) The impact of anthropogenic food subsidies on a generalist seabird during nestling growth. *Science of the Total Environment* 687: 546-553. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.485>
- Leopold, MF, Philippart, CJM, Yorio P (2010) Nocturnal feeding under artificial light conditions by Brown-hooded Gull (*Larus maculipennis*) in Puerto Madryn harbour (Chubut Province, Argentina). *El Hornero* 25: 55-60. <https://doi.org/10.56178/eh.v25i2.699>
- Libenson LV (1996) La dieta del Cormorán Cuello Negro (*Phalacrocorax magellanicus*) y el Cormorán Real (*P. albiventer*) en el puerto de Comodoro Rivadavia (Chubut, Argentina). *Naturalia Patagónica Serie Ciencias Biológicas* 4: 85-94
- Lisnizer N, García Borboroglu P, Yorio P (2011) Spatial and temporal variations in kelp gull population trends in northern Patagonia, Argentina. *Emu-Austral Ornithology* 111: 259-267. <https://doi.org/10.1071/MU11001>
- Lisnizer N, Yorio P (2019) Trophic niche expansion during the non-breeding season in Kelp Gulls of known breeding colony. *Marine Biology* 166: 12. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3460-6>
- Llompard FM, Colautti DC, Baigún CRM (2012) Assessment of a major shore-based marine recreational fishery in the southwest Atlantic, Argentina. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 46: 57-70. <https://doi.org/10.1080/00288330.2011.595420>
- Ludynia K, Garthe S, Luna-Jorquera G (2005) Seasonal and regional variation in the diet of the Kelp Gull in Northern Chile. *Waterbirds* 28: 359-365. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2005\)028\[0359:SAR-VIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2005)028[0359:SAR-VIT]2.0.CO;2)
- Manquían Alvarez, R. I. (2016) *Variación estacional de Salmonella entérica en heces de gaviota dominicana (Larus dominicanus) en la Región de Valparaíso y caracterización fenotípica y genotípica de las cepas con resistencia antimicrobiana*. Tesis Doctoral, Universidad de Chile, Santiago de Chile
- Marinao C, Góngora ME, González-Zevallos D, Yorio P (2014) Factors affecting Magellanic Penguin mortality at coastal trawlers in Patagonia, Argentina. *Ocean and Coastal Management* 93: 100-105. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.03.012>
- Marinao C, Kasinsky T, Suárez N, Yorio P (2018) Contribution of recreational fisheries to the diet of the opportunistic Kelp Gull. *Austral Ecology* 43: 861-875. <https://doi.org/10.1111/aec.12627>
- Marinao C, Ruiz N, Rost G, Yorio P (2023) Relevancia del puerto de Comodoro Rivadavia y ambientes antrópicos adyacentes para la reproducción de aves marinas. *El Hornero* 38: 33-45. <https://doi.org/10.56178/eh.v38i2.1435>
- Marinao C, Yorio P (2011) Use of fishery discards and incidental mortality of seabirds attending coastal shrimp trawlers in Isla Escondida, Patagonia, Argentina. *Wilson Journal of Ornithology* 123: 709-719. <https://doi.org/10.1676/11-023.1>
- Marinao C, Yorio P (2021) Scavenging seabirds and selective consumption of discards in a coastal shrimp trawl fishery in Patagonia, Argentina. 3rd World Seabird Conference, Conferencia virtual, World Seabird Union
- Martín-Vélez V, Mohring B, van Leeuwen CHA, Shammoun-Baranes J, Thaxter CB, Baert JM, Camphuyzen CJ, Green AJ (2020) Functional connectivity network between terrestrial and aquatic habitats by a generalist waterbird, and implications for biovectoring. *Science of the Total Environment* 705: 135886. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135886>
- Mathieu C, Moreno V, Pedersen J, Jeria J, Agredo M, Gutiérrez C, García A, Vásquez M, Avalos P, Retamal P (2015) Avian influenza in wild birds from Chile, 2007-2009. *Virus Research* 199: 42-45. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2015.01.008>
- MAYDS y Aves Argentinas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y Aves Argentinas) (2017) *Categorización de las aves de la Argentina según su estado de conservación*. Informe del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y de Aves Argentinas/AOP, Buenos Aires, Argentina
- McElderry H, Beck M, Pria MJ, Anderson S (2011) Electronic monitoring in the New Zealand inshore trawl fishery: A pilot study. *DOC Marine Conservation Services Series* 9: 1-44
- Millones A, Morgenthaler A, Carnota AE, Frere E (2022) Pingüinos conviviendo con nuestra basura: sensibilización y concientización comunitaria. Pp. 157 en: *Libro de Resúmenes XIX Reunión Argentina de Ornitología*, Puerto Madryn
- Monaghan P, Metcalfe NB, Hansell MH (1986) The influence of food availability and competition on the use of a feeding site by herring gulls *Larus argentatus*. *Bird Study* 33: 87-90. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112058>

- org/10.1080/00063658609476901
- Montevocchi WA (1991) Incidence and types of plastic in gannets' nests in the Northwest Atlantic. *Canadian Journal of Zoology* 69: 295-297. <https://doi.org/10.1139/z91-047>
- Montevocchi WA (2023) Interactions between fisheries and seabirds: Prey modification, discards, and by-catch. Pp. 57-95 en: Young L, VanderWerf E (eds) *Conservation of Marine Birds*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88539-3.00013-3>
- Moreno CA, Arata JA, Rubilar P, Huckle-Gaete R, Robertson G (2006) Artisanal longline fisheries in southern Chile: lessons to be learned to avoid incidental seabird mortality. *Biological Conservation* 127: 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.07.011>
- Morgenthaler, A (2022) eBird Checklist: <https://ebird.org/checklist/S119895404>. eBird: An online database of bird distribution and abundance (web application). eBird, Ithaca, New York. (URL: <http://www.ebird.org> (19/09/2024))
- Morgenthaler A, Millones A, Frere E, Barrionuevo M, De San Pedro ME, Procopio D (2022) Urban dog attacks on Magellanic Penguins in a protected area. *El Hornero* 37: 18-18. <https://doi.org/10.56178/eh.v37i2.411>
- Navarro J, Grémillet D, Afan I, Miranda F, Bouten W, Forero MG, Figuerola J (2019) Pathogen transmission risk by opportunistic gulls moving across human landscapes. *Science Report* 9: 10659. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46326-1>
- Nievas El Makte ML, Polifroni R, Sepúlveda Ma, Fazio A (2021) Petroleum hydrocarbons in Atlantic Coastal Patagonia. Pp. 325-352 en: Häder DP, Helbling, EW, Villafañe, VE (eds) *Anthropogenic Pollution of Aquatic Ecosystems*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75602-4_15
- Ojeda J, Suazo CG, Rau JR (2011) Ensamble estacional de aves marinas en la pesquería del palangre artesanal de la merluza austral *Merluccius australis*, en canales subantárticos de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 46: 443-451. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572011000300013>
- Oro D, Genovart M, Tavecchia G, Fowler MS, Martínez-Abraín A (2013). Ecological and evolutionary implications of food subsidies from humans. *Ecology Letters* 16: 1501-1514. <https://doi.org/10.1111/ele.12187>
- Patton SR (1988) Abundance of gulls at Tampa Bay landfills. *The Wilson Bulletin* 100: 431-442.
- Paz JA, Seco Pon JP, Favero M, Blanco G, Copello S (2018) Seabird interactions and by-catch in the anchovy pelagic trawl fishery operating in northern Argentina. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 28: 850-860. <https://doi.org/10.1002/aqc.2907>
- Pereda AJ, Uhart M, Perez AA, Zaccagnini ME, La Sala L, Decarre J, Goijman A, Solari L, Suárez R, Craig MI, Vagnozzi A, Rimondi A, König G, Terresa, MV, Kaloghlian A, Song H, Sorrell EM, Perez DR (2008) Avian influenza virus isolated in wild waterfowl in Argentina: evidence of a potentially unique phylogenetic lineage in South America. *Virology* 378: 363-370. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2008.06.010>
- Petracci PF, Delhey K, Sotelo M (2007) Hábitos granívoros en la Gaviota Cangrejera (*Larus atlanticus*): implicancias sobre su estatus de especialista. *El Hornero* 22: 51-54. <https://doi.org/10.56178/eh.v22i1.777>
- Petracci PF, La Sala L, Aguerre G, Pérez CH, Acosta N, Sotelo M, Pamparana C (2004) Dieta de la Gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) durante el período reproductivo en el estuario de Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. *El Hornero* 19: 23-28. <https://doi.org/10.56178/eh.v19i1.841>
- Phillips RA, Fort J, Dias MP (2023) Conservation status and overview of threats to seabirds. Pp. 33-56 en: Young L, VanderWerf E (eds) *Conservation of Marine Birds*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88539-3.00015-7>
- Plaza PI, Lambertucci SA (2017) How are garbage dumps impacting vertebrate demography, health, and conservation? *Global Ecology and Conservation* 12: 9-20. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.08.002>
- Pons JM (1992) Effects of changes in the availability of human refuse on breeding parameters in a herring gull *Larus argentatus* population in Brittany, France. *Ardea* 80: 143-150
- Portflitt-Toro M, Miranda-Urbina D, Fernández C, Luna N, Serratosa J, Thiel MY, Luna-Jorquera G (2018) Breeding of the South American Tern (*Sterna hirundinacea*) on anchored boats in Coquimbo, Northern Chile. *Ornitología Neotropical* 29: 187-191
- Pugh, AR, Pawson SM (2016) Artificial light at night potentially alters feeding behaviour of the native southern black-backed gull (*Larus dominicanus*). *Notornis* 63: 37-39
- Punta G, Yorio P, Saravia J, García Borboroglu P (2003) Breeding habitat requirements of the Imperial Cormorant and Rock Shag in Central Patagonia, Argentina. *Waterbirds* 26: 176-183. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2003\)026\[0176:BHRO-TI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2003)026[0176:BHRO-TI]2.0.CO;2)
- Quintana F, Dell'Arciprete PO (2002) Foraging grounds of southern giant petrels (*Macronectes giganteus*) on the Patagonian shelf. *Polar Biology* 25: 159-161. <https://doi.org/10.1007/s003000100313>
- Quintana F, Dell'Arciprete OP, Copello S (2010) Foraging behavior and habitat use by the Southern Giant Petrel on the Patagonian Shelf. *Marine Biology* 157: 515-525. <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1337-4>
- Quintana F, Punta G, Copello S, Yorio P (2006) Population status and trends of southern giant petrels (*Macronectes giganteus*) breeding in North Patago-

- nia, Argentina. *Polar Biology* 30: 53-59. <https://doi.org/10.1007/s00300-006-0159-9>
- Raya Rey A, Schiavini ACM (2000) Distribution, abundance and associations of seabirds in the Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Polar Biology* 23: 338-345. <https://doi.org/10.1007/s003000050453>
- Raya Rey A, Rosciano N, Liljesthrom M, Sáenz Samaniego R, Schiavini A (2014) Species-specific population trends detected for penguins, gulls and cormorants over 20 years in sub-Antarctic Fuegian Archipelago. *Polar Biology* 37: 1343-1360. <https://doi.org/10.1007/s00300-014-1526-6>
- Rimondi A, Vanstreels R, Olivera V, Donini A, Lauriente M, Uhart MM (2024) Highly Pathogenic Avian Influenza A (H5N1) viruses from multispecies outbreak, Argentina, August 2023. *Emerging Infectious Diseases* 30: 812-814 <https://doi.org/10.3201/eid3004.231725>
- Robinson KJ, Meyer C, Underhill LG, Calder J (2012) Bank cormorant chick entangled in fishing line dies after more than 88 hours. *Biodiversity Observations* 3: 188-194. <https://journals.uct.ac.za/index.php/BO/article/view/158>
- Romero MA, González RA, Ocampo-Reinaldo M (2009) La captura y el descarte de juveniles de merluza *Merluccius hubbsi* en la pesquería de arrastre del Golfo San Matías durante el período 1996-2007. Informes Técnicos IBMP No.2, Instituto de Biología Marina y Pesquera Almirante Storni, San Antonio Oeste
- Ryan P (2018) Entanglement of birds in plastics and other synthetic materials. *Marine Pollution Bulletin* 135: 159-164. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.057>
- Sánchez-Carnero N, Góngora ME, Álvarez M, Parma AM (2022) La pesca Artesanal en Argentina: caminando las costas del país. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-Centro para el Estudio de Sistemas Marinos y Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco-Instituto de Investigación de Hidrobiología
- Sarmiento Oyola DH (2009) *Biología reproductiva del gaviotín sudamericano Sterna hirundinacea en las piscinas de Ecuasal, Salinas, Ecuador*. Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad
- Schiavini A, Yorio P (1995) Distribution and abundance of seabird colonies in the Argentine sector of the Beagle Channel, Tierra del Fuego. *Marine Ornithology* 23: 39-46
- Seco Pon JP, Copello S, Favero M (2023) Seabird interactions and bycatch in the Argentine freezer trawl fleet targeting Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*). *Fisheries Research* 262:106661. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106661>
- Seco Pon JP, Favero M (2011) La Gaviota Cangrejera (*Larus atlanticus*) asociada a arrastreros de altura durante la temporada reproductiva. *El Hornero* 26: 105-109 <https://doi.org/10.56178/eh.v26i2.682>
- Seco Pon JP, Gandini PA, Favero M (2007) Effect of longline configuration on seabird mortality in the Argentine semi-pelagic Kingclip *Genypterus blacodes* fishery. *Fisheries Research* 85: 101-105. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.01.002>
- Seco Pon JP, Pereyra PJ (2021) First evidence of anthropogenic debris in nests of the Kelp Gull (*Larus dominicanus*) from a small semi-desert Argentinean coastal ecosystem. *Marine Pollution Bulletin* 170: 112650. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112650>
- Seco Pon JP, Tamini L, Chavez N, Copello S (2017) Asociación de la Escúa Parda (*Stercorarius antarcticus*) y la Escúa Común (*Stercorarius chilensis*) con operaciones de pesca en el Mar Argentino. *El Hornero* 32: 205-214. <https://doi.org/10.56178/eh.v32i2.507>
- Sherley RB, Barham BJ, Barham PJ, Leshoro TM, Underhill LG (2012) Artificial nests enhance the breeding productivity of African Penguins (*Spheniscus demersus*) on Robben Island, South Africa. *Emu-Austral Ornithology* 112: 97-106. <https://doi.org/10.1071/MU11055>
- Stokes DL, Boersma PD (1998) Nest-site characteristics and reproductive success in Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*). *The Auk* 115: 34-49. doi.org/10.2307/4089109
- Stoyan D, Nachtigall W (2021) The effect of artificial chick shelters on nest placement by Common Terns *Sterna hirundo*. *Bird Study* 68: 345-350. <https://doi.org/10.1080/00063657.2022.2050351>
- Suárez N, Marinao C, Kasinsky T, Yorio P (2014) Distribución reproductiva y abundancia de gaviotas y gaviotines en el Área Natural Protegida Bahía San Blas, Buenos Aires. *El Hornero* 29: 29-36. <https://doi.org/10.56178/eh.v29i1.622>
- Suárez N, Pozzi L, Yorio P (2010) Nest-site selection of the Kelp gull (*Larus dominicanus*) in the Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Polar Biology* 33: 215-221. <https://doi.org/10.1007/s00300-009-0698-y>
- Suárez N, Retana V, Yorio P (2011) Temporal changes in diet and prey selection in the threatened Olrog's gull *Larus atlanticus* breeding in Southern Buenos Aires, Argentina. *Ardeola* 58: 35-47. <https://doi.org/10.13157/arla.58.1.2011.35>
- Tamini LL, Chavez LN, Dellacasa RF, Crawford R, Frere E (2021) Incidental capture of seabirds in Argentinean side-haul trawlers. *Bird Conservation International* 31: 591-604. <https://doi.org/10.1017/S0959270920000623>
- Tamini LL, Chavez LN, Góngora ME, Yates O, Rabuffetti FL, Sullivan B (2015) Estimating mortality of black-browed albatross (*Thalassarche melanophris*, Temminck, 1828) and other seabirds in the Argentinean factory trawl fleet and the use of bird-scaring lines as a mitigation measure. *Polar Biology* 38: 1867-1879. <https://doi.org/10.1007/s00300-015-1747-3>

- Tamini LL, Dellacasa RF, Chavez LN, Marinao CJ, Gónzaga ME, Crawford R, Frere E (2023) Bird scaring lines reduce seabird mortality in mid-water and bottom trawlers in Argentina. *ICES Journal of Marine Science* 80: 2393-2404. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad109>
- Tasker M, Camphuysen CJ, Cooper J, Garthe S, Montevecchi WA, Blaver SJM (2000) The impacts of fishing on marine birds. *ICES Journal of Marine Science* 57: 531-547. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0714>
- Tavares DC, Moura JF, Acevedo-Trejos E, Crawford RJM, Makhado A, Lavers JL, Witteveen M, Ryan PG, Merico A (2020) Confidence intervals and sample size for estimating the prevalence of plastic debris in seabird nests. *Environmental pollution* 263: 114394. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114394>
- Thiel M, Bravo M, Hinojosa IA, Luna G, Miranda L, Núñez P, Pacheco AS, Vásquez N (2011) Anthropogenic litter in the SE Pacific: an overview of the problem and possible solutions. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management* 11: 115-134. <https://doi.org/10.5894/rgeci207>
- Thiel M, Luna-Jorquera G, Álvarez-Varas R, Gallardo C, Hinojosa IA, Luna N, Miranda-Urbina D, Morales N, Ory N, Pacheco AS, Portflitt-Toro M, Zavala-G C (2018) Impacts of marine plastic pollution from continental coasts to subtropical gyres-fish, seabirds, and other vertebrates in the SE Pacific. *Frontiers in Marine Science* 5: 238. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00238>
- Travers MS (2023) Reducing collisions with structures. Pp. 379-401 en: Young L, VanderWerf EA (eds) *Conservation of marine birds*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88539-3.00004-2>
- VanderWerf EA, Kress S, Guzmán YB, Spatz DR, Taylor G, Gummer H (2023) Restoration: Social attraction and translocation. Pp. 545-577 en: Young L, VanderWerf EA (eds) *Conservation of marine birds*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88539-3.00009-1>
- Vanstreels RE, Parsons NJ, McGeorge C, Hurtado R, Ludynia K, Waller L, Ruthenberg M, Purves A, Pichegru L, Pistorius PA (2019) Identification of land predators of African Penguins *Spheniscus demersus* through post-mortem examination. *Ostrich* 90: 359-372. <https://doi.org/10.2989/00306525.2019.1697971>
- Vanstreels RE, Uhart MM, Work TM (2023) Health and diseases. Pp. 131-176 en: Young L, VanderWerf EA (eds) *Conservation of marine birds*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88539-3.00003-0>
- Venerus LA, Cedrola PV (2017) Review of marine recreational fisheries regulations in Argentina. *Marine Policy* 81: 202-210. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.03.007>
- Vila AR, Pérez FH (1996) Apostaderos de aves y mamíferos marinos de Monte Loayza, Santa Cruz: Pautas de manejo frente al potencial uso turístico del área. Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica (Puerto Madryn, Argentina) N° 15
- Villablanca R, Luna-Jorquera G, Marín VH, Garthe S, Simeone A (2007) How does a generalist seabird species use its marine habitat? The case of the Kelp Gull in a coastal upwelling area of the Humboldt Current. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1348-1355. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm120>
- Villanueva-Gomila L, Gatto A, Cabral K, Yorio P (2009) Aggression by adult South American Terns toward conspecific chicks. *Journal of Field Ornithology* 80: 344-350. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2009.00240.x>
- Vogt W (2018) *A report on the guano-producing birds of Peru. Pacific Cooperative Studies*. Unit Technical Report N° 197. University of Hawai'i at Mānoa, Department of Botany, Honolulu
- Votier SC, Archibald K, Morgan G, Morgan L (2011) The use of plastic debris as nesting material by a colonial seabird and associated entanglement mortality. *Marine Pollution Bulletin* 62: 168-172. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.11.009>
- Weichler T, Garthe S, Luna-Jorquera G, Moraga J (2004) Seabird distribution on the Humboldt Current in northern Chile in relation to hydrography, productivity, and fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 61: 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2003.07.001>
- Weiser EL, Powell AN (2010) Does garbage in the diet improve reproductive output of Glaucous Gulls? *The Condor* 112: 530-538. <https://doi.org/10.1525/cond.2010.100020>
- Witteveen M, Brown M, Ryan PG (2017) Anthropogenic debris in the nests of kelp gulls in South Africa. *Marine Pollution Bulletin* 114: 699-704. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.052>
- Wolfesperger R (2022) *Conservation de la colonie de Sternes de Cayenne et royales sur l'Île du Grand-Connétable*. Tesina de Maestría, Universidad de la Sorbona, Paris
- Yorio P, Bertellotti M (2002) Espectro trófico de la Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) en tres áreas protegidas de Chubut, Argentina. *El Hornero* 17: 91-95. <https://doi.org/10.56178/eh.v17i2.875>
- Yorio P, Bertellotti M, Gandini P, Frere E (1998a) Kelp gulls *Larus dominicanus* breeding on the Argentine coast: population status and relationship with coastal management and conservation. *Marine Ornithology* 26: 11-18
- Yorio P, Bertellotti M, García-Borboroglu P (2005) Estado poblacional y de conservación de gaviotas que se reproducen en el litoral marítimo argentino. *El Hornero* 20: 53-74 <https://doi.org/10.56178/eh.v20i1.819>

- Yorio P, Branco JO, Lenzi J, Luna-Jorquera G, Zavala-ga C (2016b) Distribution and trends in Kelp Gull (*Larus dominicanus*) coastal breeding populations in South America. *Waterbirds* 39: 114-135. <https://doi.org/10.1675/063.039.sp103>
- Yorio P, Caille G (1999) Seabird interactions with coastal fisheries in northern Patagonia: use of discards and incidental captures in nets. *Waterbirds* 22: 207-216. <https://doi.org/10.2307/1522209>
- Yorio P, Caille G (2004) Fish waste as an alternative resource for gulls along the Patagonian coast: availability, use, and potential consequences. *Marine Pollution Bulletin* 43: 778-783. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.11.008>
- Yorio P, Copello S, Kuba L, Gosztonyi A, Quintana F (2010) Diet of Imperial Cormorants *Phalacrocorax atriceps* breeding at central Patagonia, Argentina. *Waterbirds* 33: 70-78. <https://doi.org/10.1675/063.033.0108>
- Yorio P, Frere E, Gandini P, Harris G (eds) (1998b) Atlas de la distribución reproductiva de aves marinas en el litoral Patagónico Argentino. Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica. *Fundación Patagonia Natural y Wildlife Conservation Society*. Instituto Salesiano de Artes Gráficas, Buenos Aires
- Yorio P, Gandini P, Frere E, Giaccardi M (1996) Uso de basurales urbanos por gaviotas: magnitud del problema y metodologías para su evaluación. Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica (Puerto Madryn, Argentina) N° 22
- Yorio P, Giaccardi M (2002) Urban and fishery waste tips as food sources for birds in northern coastal Patagonia, Argentina. *Ornitología Neotropical* 13: 283-292.
- Yorio P, González-Zevallos D, Gatto A, Biagioni O, Castillo J (2017) Relevance of forage fish in the diet of Magellanic penguins breeding in northern Patagonia, Argentina. *Marine Biology Research* 13: 603-617. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1273529>
- Yorio P, Marinao C, Góngora ME (2016a) Interacción entre aves marinas y pesquerías en la provincia del Chubut. Informe Técnico elaborado en el marco del Acta Compromiso entre el Centro Nacional Patagónico y la Secretaría de Pesca de Chubut, Chubut. Puerto Madryn, Chubut
- Yorio P, Marinao C, Kasinsky T, Ibarra C, Suárez N (2020b) Patterns of plastic ingestion in Kelp Gull (*Larus dominicanus*) populations breeding in northern Patagonia, Argentina. *Marine Pollution Bulletin* 156: 111240. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111240>
- Yorio P, Marinao C, Retana MV, Suárez N (2013) Differential use of food resources between the kelp gull (*Larus dominicanus*) and the threatened Olrog's gull (*L. atlanticus*). *Ardeola* 60: 29-44. <https://doi.org/10.13157/arla.60.1.2012.29>
- Yorio P, Marinao C, Suárez N (2014) Kelp Gulls (*Larus dominicanus*) killed and injured by discarded monofilament lines at a marine recreational fishery in northern Patagonia. *Marine Pollution Bulletin* 85: 186-189. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.05.052>
- Yorio P, Quintana F, Dell'Arciprete P, González Zevallos D (2010) Spatial overlap between foraging seabirds and trawl fisheries: implications for the effectiveness of a marine protected area at Golfo San Jorge, Argentina. *Bird Conservation International* 20: 320-334. <https://doi.org/10.1017/S0959270910000286>
- Yorio P, Suárez N, Dell'Arciprete P, Marinao C, Góngora ME, Pichegru L, Prosdocimi L, Kasinsky T (2021) Spatial use of multiple jurisdictions by Magellanic penguins and assessment of potential conflicts in the face of changing trawl fisheries scenarios. *Marine Ecology Progress Series* 658: 219-236. <https://doi.org/10.3354/meps135622>
- Yorio P, Suárez N, Ibarra C, Gonzalez P, Canti S, Kasinsky T, Marinao C (2022) Anthropogenic debris in Kelp Gull and other seabird nests in northern Patagonia, Argentina. *Marine Pollution Bulletin* 175:113-404. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113404>
- Yorio P, Suárez N, Kasinsky T, Pollicelli M, Ibarra C, Gatto A (2020a) The introduced green crab (*Carcinus maenas*) as a novel food resource for the opportunistic kelp gull (*Larus dominicanus*) in Argentine Patagonia. *Aquatic Invasions* 15: 140-159. <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2020.15.1.10>



Accedé a la biblioteca
completa de El Hornero
y Nuestras Aves.

ELHORNERO.AVESARGENTINAS.ORG.AR
NUESTRASAVES.AVESARGENTINAS.ORG.AR