

Variabilidad interespecífica en la ingesta de plásticos en Procellariiformes del Océano Atlántico sudoccidental



Joaquín Muñoz Oxley

Licenciatura en Ciencias Biológicas

Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

Tutor: Dr. Sebastián Jiménez

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi familia, en especial a mis viejos quienes me enseñaron a apreciar y cuidar la naturaleza, en especial el mar. Por acompañarme desde chico en las playas a buscar bichitos en la arena, por las tiradas en esnórquel en Punta Colorada, y por cada documental compartido. A mi hermano, tíos y primos que no siempre entienden lo que hago y estudio, pero igualmente se interesan, preguntan y apoyan.

A mis queridos amigos de facultad, los que siempre estarán en el camino; Mai, Noe, Lu, Pao, Tebi, Agu, además de mi amigo de la infancia Diego, por todos los años compartidos, escapadas a la costa, comidas, jornadas de estudio en la cueva, mates y trucos en el jardín de la facu.

A Santi por bancar la cabeza y dar impulso a la primera oración de la tesina; la más complicada de todas. A todos los amigos de la vida que siempre me escuchan y se interesan por lo que hago.

Agradecer al Departamento de Pelágicos de la DINARA y a todos sus integrantes, como también a Diego Nuñez por su disposición.

Particularmente agradecer a mi tutor Seba, que desde un principio mostró interés y entusiasmo en el trabajo, por toda la paciencia y conocimiento brindado en estos últimos años.

A Franco Teixeira de Mello y Javier Lenzi, por aceptar la participación en el tribunal de este trabajo, y sus sugerencias y aportes que sin duda enriquecieron este trabajo final.

Gracias

Tabla de Contenidos

Agradecimientos	2
Resumen	4
Introducción	5
Entrada y dispersión en el mar	6
Interacción con aves pelágicas.....	7
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
Materiales y métodos	10
Análisis de los residuos plásticos	10
Análisis estadísticos	13
Resultados	14
Discusión	18
Tipos y tamaño de los plásticos.....	19
Variación entre especies en la ingestión de plásticos.....	20
Posibles causas en el consumo de plásticos.....	22
Posibles efectos en el consumo de plásticos y consideraciones finales	23
Bibliografía	25
Anexo	35

Resumen

La contaminación por plásticos en los océanos constituye una amenaza creciente para la biodiversidad marina. Las aves marinas que se alimentan en la superficie del mar son especialmente propensas a consumir desechos plásticos. Los Procellariiformes (albatros y petreles) son de los más afectados. En el presente trabajo se evaluó la variabilidad interespecífica en la ingesta de plásticos en albatros y petreles del Atlántico sudoccidental, a partir de ejemplares capturados incidentalmente en pesquerías industriales. Se analizaron 107 aves; cuatro especies de petreles (*Macronectes halli*, *Procellaria aequinoctialis*, *P. conspicillata* y *Ardeanna gravis*) y dos de albatros (*Thalassarche melanophris* y *T. chlororhynchos*). La ocurrencia de plástico fue significativamente mayor en los petreles (62.86%) que en los albatros *Thalassarche* (4.17%) lo que podría asociarse a diferencias en la morfología del tracto digestivo. *Macronectes halli* y *A. gravis* tuvieron la máxima ocurrencia (100%), seguido de *P. conspicillata* (75%), *P. aequinoctialis* (47.62%), *T. melanophris* (4.35%) y *T. chlororhynchos* (0%). No se encontraron cambios temporales aparentes en la ocurrencia de plásticos en albatros. El tamaño medio de los plásticos fue de 18.14 ± 14.42 mm de largo máximo. Se encontró un predominio de plásticos sin color y blancos. Se registraron líneas plásticas únicamente en *P. aequinoctialis* y *P. conspicillata*. Sin embargo, los fragmentos de plásticos laminados y los fragmentos duros estuvieron presentes en todas las aves con ocurrencia de plásticos. Se observó una relación aparente entre las dimensiones de ambos tipos de fragmentos combinados y el tamaño corporal de los petreles; las especies de mayor tamaño tendieron a consumir ítems de mayor longitud, superficie y peso, salvo algunas excepciones. *Procellaria aequinoctialis* presentó líneas con un peso significativamente mayor que *P. conspicillata*. Los resultados indican que las diferencias interespecíficas en la ocurrencia y dimensiones de los plásticos parecen asociarse a la morfología digestiva, modo de alimentación, tamaño corporal e interacción con barcos pesqueros, y a las variaciones de abundancia de plástico en la superficie de los océanos. Si bien las principales amenazas para los Procellariiformes son la captura incidental, las especies exóticas invasoras y el cambio climático, la alta retención de plásticos, especialmente en petreles, podría constituir una fuente adicional de mortalidad para algunas poblaciones. Se sugiere que, para evitar sesgos, próximos estudios utilicen aves de varamiento y de captura incidental por separado como también metodologías estandarizadas para facilitar comparaciones a futuro.

Introducción

La contaminación por plásticos en los océanos constituye una amenaza creciente para la biodiversidad marina, debido a que su tasa de producción y entrada al medio acuático sigue en aumento desde su desarrollo comercial en las décadas del 1940 (Jambeck et al., 2015). La creciente demanda mundial de plástico llevó a una producción de 279 y 367 millones de toneladas de plástico (excluyendo la producción de fibras sintéticas) en 2011 y 2021, respectivamente. Esto significa un aumento de alrededor de un 30% en la producción mundial en solamente 10 años (Plastics Europe, 2012, 2021).

Los plásticos son materiales elaborados a base de polímeros sintéticos orgánicos derivados del petróleo, un material muy barato y duradero de gran versatilidad y de diversos usos (Jambeck et al., 2015). Están involucrados en la fabricación de ropa, productos cosméticos, bolsas de empaque y, de hecho, cualquier objeto que utilicemos tiene altísimas posibilidades de ser plástico, convirtiéndose en una parte indispensable de nuestra vida moderna (Andrady & Neal, 2009). Debido a sus tiempos de descomposición lentos y variables (Gregory, 1978) están excesivamente representados en el medio marino pudiéndose encontrar en las regiones más remotas (Barnes et al., 2009; Lozoya et al., 2022). Se estima que actualmente 5 billones de piezas de plástico están flotando en los océanos en una alta gama de tamaños, formas y colores (Cózar et al., 2014; Eriksen et al., 2014). Los tipos de plástico más comunes en la superficie de los mares son generalmente fragmentos de tamaños menores a 10mm (Moret-Ferguson et al., 2010).

Los plásticos disponibles en el ambiente marino pueden clasificarse en plásticos primarios (industriales) o secundarios (de usuario). En los primeros se encuentran los “pellets” y los “microbeads”. Los pellets son pequeños gránulos de forma cilíndrica o similar, empleados a nivel industrial para fabricar otros objetos plásticos. Los microbeads son pequeñas esferas utilizados en productos cosméticos (Mato et al., 2001; Chang, 2015; Karlsson et al., 2018). Por otra parte, los plásticos de usuario son los desechos de todo tipo de productos de consumo que son vertidos al mar; piezas fragmentadas de objetos plásticos rígidos y maleables, líneas, esponjas sintéticas, espuma de poliestireno, cuerdas, goma, fragmentos de caucho sintético, entre otros (van Franeker et al., 2011; Provencher et al., 2017).

Entrada y dispersión en el mar

Los materiales plásticos pueden ingresar al medio marino directa o indirectamente a través de distintas vías. Según Andrady (2011), alrededor del 80% de los residuos en nuestros mares provienen de fuentes terrestres, por accidente u a través de la mala gestión de los usuarios e industrias. A su vez, estos desechos plásticos encuentran su rumbo hacia vías fluviales, y a través de cuerpos de aguas como pueden ser arroyos, ríos y lagos ingresan a los océanos. El otro factor que incide directamente en la contaminación al medio marino se ve relacionado con el tráfico marítimo. En este aspecto cabe destacar que los barcos mercantes, pesqueros y turísticos cumplen un rol incidente en cuanto a responsabilidad, ya que se considera que casi el 20% de los desechos plásticos provienen de allí (Andrady, 2011). Esto se debe a la mala gestión de los desechos a bordo, como también las herramientas y dispositivos de artes de pesca como redes o palangres que se pierden en el mar (Bullimore et al., 2001; Tschernij & Larsson, 2003). Otro mínimo aporte de desechos plásticos a los ecosistemas marinos está relacionado con actividades recreativas costeras, por ejemplo, acciones individuales a la hora de habitar los espacios públicos como son las playas, y no hacerse responsable de sus desechos plásticos (Murray, 1996).

Los plásticos en el mar, dependiendo de su densidad pueden hundirse y acumularse en el fondo marino, en el sedimento costero o flotar en la superficie (Galgani et al., 2000). Los plásticos flotantes, una vez que ingresan al océano son arrastrados por las corrientes y vientos superficiales, que los impulsan, pudiendo desplazarse de forma horizontal o vertical en la columna de agua para viajar largas distancias lejos de su fuente de origen (van Seville et al., 2012). Debido a que son ubicuos, tienden a dispersarse y formar zonas de alta acumulación en zonas de convergencias, remolinos, meandros, así como también en los giros subtropicales (Maximenko et al., 2012), y a lo largo de las costas cercanas a la actividad humana (Cózar et al., 2014; Eriksen et al., 2014). Esto conlleva a grandes consecuencias ecológicas, siendo una problemática a nivel mundial. Los giros, upwellings y choques de corrientes marinas suelen ser utilizadas y aprovechados por una amplia variedad de animales, debido a su alta productividad (van Franeker & Law, 2015). Esto, por lo tanto, suele llevar a un alto solapamiento espacial y temporal entre la fauna marina y los desechos flotantes acumulados.

Interacción con aves pelágicas

Los plásticos son una amenaza para el medio marino debido a que una vez que ingresan al medio acuático, experimentan cambios y se fragmentan en tamaños menores (Andrady & Neal, 2009; Eriksen et al., 2014), encontrándose disponibles para una amplia diversidad de especies que se alimentan de organismos pelágicos (Schuyler et al., 2013). Estos afectan a la fauna marina principalmente de dos formas: (1) a través de los enredos, los cuales pueden provocar la muerte o lesiones graves, o (2) por ingestión (Laist, 1987; van Franeker et al., 2011). Se ha determinado que los desechos marinos afectan a cientos de especies, incluyendo numerosos peces y crustáceos, todas las especies de tortugas marinas y más de la mitad de los mamíferos y aves marinas. Estas últimas, se encuentran entre los vertebrados marinos con las tasas más altas conocidas de ingestión de plásticos y otros desechos (Gall & Thompson, 2015; Kühn & van Franeker, 2020). Su ingesta ha sido reportada en una amplia diversidad de especies desde la década del 60 (Wilcox et al., 2015; Rothstein, 1973).

Algunos de los efectos causados por la ingesta de plástico en las aves marinas incluyen reducción del almacenamiento del estómago, reducción de la eficiencia digestiva y reducción del estímulo alimentario, lo que puede llevar a una pérdida de reservas de energía para la migración y la nidificación (Connors y Smith, 1982; Furness, 1983, 1985; Ryan, 1988). La ingesta también puede resultar en bloqueo o ulceración del tracto digestivo, o intoxicación por toxinas adsorbidas de la superficie de los desechos o liberadas después de la digestión. Esto puede llevar a una reducción en la condición corporal de las aves afectadas e incluso hasta la muerte (Azzarello & van Vleet, 1987; Ryan, 1988; Ryan et al., 1988; Teuten et al., 2009; Tanaka et al., 2013).

Las aves marinas que se alimentan en la superficie del mar o que realizan buceos superficiales son especialmente propensas a consumir desechos plásticos. Especialmente, muchos Procellariiformes (albatros y petreles) suelen ingerirlos, y en varias especies pueden encontrarse en sus contenidos estomacales cargas de plásticos relativamente grandes (Ryan, 1987, 2008). Los albatros pueden regurgitar material no digerible cuando se encuentran cerca del nido (Clarke et al., 1981), pero no hay evidencias de esta capacidad para los petreles (excepto en los petreles gigantes *Macronectes spp.*) (Furness, 1985). Esto se debe a que los petreles poseen una estrecha constricción entre el proventrículo y el ventrículo que evita el paso de retorno de las sustancias sólidas a la boca para la regurgitación (Furness, 1985; Ryan, 1987), pudiendo acumular decenas de materiales sólidos en el ventrículo, como picos

de cefalópodos (Warham, 1996; Colabuono & Vooren, 2007). Esto también podría ser una problemática para los albatros (Jiménez et al., 2015). Aunque regurgitan plásticos y otros desechos sólidos (Huin & Croxall, 1996; Imber, 1999; Phillips et al., 2010), también se ha registrado una mayor ocurrencia de plásticos en el ventrículo que en el proventrículo (Colabuono et al., 2009; Jiménez et al., 2015).

Los Procellariiformes desempeñan un papel importante como principales depredadores en los ecosistemas marinos pelágicos (Prince & Morgan, 1987) y se los considera indicadores de la contaminación por plásticos (Piatt et al., 2007; Ryan, 2008; Ryan et al., 2009; van Franeker et al., 2011; Elliott & Elliott, 2013). Esto se debe a que consumen regularmente estos desechos, suelen estar disponibles en cantidades suficientes (varadas o capturadas incidentalmente) y además, se alimentan exclusivamente en el mar (Días et al., 2019; Kühn & van Franeker, 2020).

Los cambios inesperados en su número, salud o éxito reproductivo proporcionan una alarma que puede indicar efectos de la contaminación o problemas en el suministro de alimentos (Furness & Camphuysen, 1997). Sumado a esto, se sabe que la mitad de todas las especies de aves marinas están en declive poblacional según la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), debido a amenazas como la captura incidental, depredación por mamíferos invasores en las islas de reproducción y el cambio climático (Dias et al., 2019). La contaminación plástica podría exacerbar esta disminución (Mallory et al., 2006). Comprender la contribución de esta amenaza es particularmente urgente.

La ingestión de plásticos en las aves marinas pelágicas suele ser estudiada tanto en las colonias de reproducción, a través de los bolos regurgitados en los nidos (Phillips et al., 2010), así como mediante el análisis de contenidos estomacales de aves muertas. La fuente más común de aves muertas usadas para estos estudios corresponde a los varamientos en la costa (Colabuono et al., 2009; Petry et al., 2009). Las aves capturadas incidentalmente en artes de pesca también ofrecen una oportunidad para el estudio de sus contenidos estomacales. Aunque en cierta medida pueden representar un sesgo para analizar la mortalidad causada por los plásticos (Roman et al., 2020), ofrecen una ventaja para evaluar la ocurrencia de plásticos con respecto a las aves varadas (Ryan, 1987; Codina-García et al., 2013; Jiménez et al., 2015). Una proporción de estas últimas podría haber muerto debido a complicaciones asociadas con la ingestión de plástico, por lo que proporciona una representación sesgada de la retención de plástico por parte de la población en general.

Los estudios previos para el Atlántico sudoccidental han evaluado la ocurrencia de plásticos en petreles, principalmente a partir de aves varadas (Barbieri, 2009; Petry et al., 2010; Tourinho et al., 2010; Petry & Benemann, 2017), y han reportado en general una alta incidencia de plásticos para varias especies. En albatros, la ocurrencia de plásticos también ha sido estudiada predominantemente a través de aves varadas en la costa (Petry et al., 2007; Barbieri, 2009; Tourinho et al., 2010), aunque existen estudios basados en una mezcla de aves varadas y capturadas incidentalmente (Colabuono et al., 2009) o exclusivamente en aves capturadas incidentalmente (Jiménez et al., 2015). Este último estudio reportó una incidencia moderada de plásticos en el tracto digestivo de grandes albatros (*Diomedea spp.*) y casi nula para albatros pequeños (*Thalassarche spp.*). La baja incidencia de plásticos en albatros *Thalassarche* también fue reportada en Sudáfrica, en base al análisis de varios cientos de tractos digestivos de aves capturadas incidentalmente (Ryan et al., 2016). Sin embargo, estos resultados contrastan con todos los estudios efectuados en el Atlántico sudoccidental con albatros *Thalassarche* varados, donde se ha reportado mayor incidencia de plásticos en su dieta.

Considerando estos antecedentes, en la presente tesis se evaluó la ocurrencia de plásticos en la dieta de petreles y de albatros a partir del estudio de tracto digestivo de aves capturadas incidentalmente en pesquerías. Se intentó obtener una aproximación sobre la incidencia del plástico en aves pelágicas en el Océano Atlántico sudoccidental. A raíz de esta investigación, se pretendió tener un acercamiento al estado de salud de la región oceánica estudiada tomando como indicadores a las aves marinas, y también así poder generar monitoreos e insumos en las variaciones biogeográficas y comportamiento alimentario de estos organismos.

Objetivo general

- Evaluar la variación interespecífica en la ingesta de plásticos por albatros y petreles en el Océano Atlántico sudoccidental.

Objetivos específicos

- 1) Cuantificar la ingestión de plásticos (frecuencia de ocurrencia, tipo, color, tamaño y peso) en las especies de albatros y petreles.

- 2) Comparar la ingestión de plásticos entre especies de albatros y petreles.
- 3) Discutir posibles causas de la variación interespecífica en la ingesta de plásticos.

Materiales y métodos

Se analizaron tractos digestivos (esófago, proventrículo y ventrículo) de 107 ejemplares de albatros y petreles capturados incidentalmente en pesquerías industriales de palangre pelágico y arrastre de fondo, obtenidos por el Programa Nacional de Observadores a bordo de la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA) entre 2005 y 2019. Los tractos digestivos de petreles correspondieron a 21 individuos de *Procellaria aequinoctialis*, 8 de *Procellaria conspicillata*, 4 de *Macronectes halli* y 2 de *Ardenna gravis* (2006 - 2016, Fig. 1A). Los tractos digestivos de albatros correspondieron a albatros *Thalassarche*. En este caso se contó con 33 ejemplares analizados en Jiménez et al., (2015) y se expandió la muestra con tractos digestivos de otros 39 albatros capturados incidentalmente. De esta manera, se obtuvo información del tracto digestivo de 69 *Thalassarche melanophris* y de tres *Thalassarche chlororhynchos* (2005 - 2019, Fig. 1B).

Análisis de los residuos plásticos

Luego de descongelar los tractos digestivos, utilizando bandejas plásticas y agua, se procedió a enjuagar el revestimiento del esófago, proventrículo y ventrículo por separado para recoger el material ingerido (restos de alimentos, no alimentos y basura plástica). Se separaron los plásticos y se retiró todo el material adherido a los elementos más grandes, y se retuvieron todos los elementos detectables a simple vista, incluidos algunos de menos de 5000 μm (5 mm). Los plásticos de menor tamaño y no detectables a simple vista no se tuvieron en cuenta como por ejemplo las fibras, debido a su dificultad de manejo y a una posible exposición a la contaminación de las muestras.

Todos los ítems plásticos se enjuagaron con agua y se secaron al aire durante varios días para luego determinar su peso, en una balanza con una precisión de 0,0001 g.

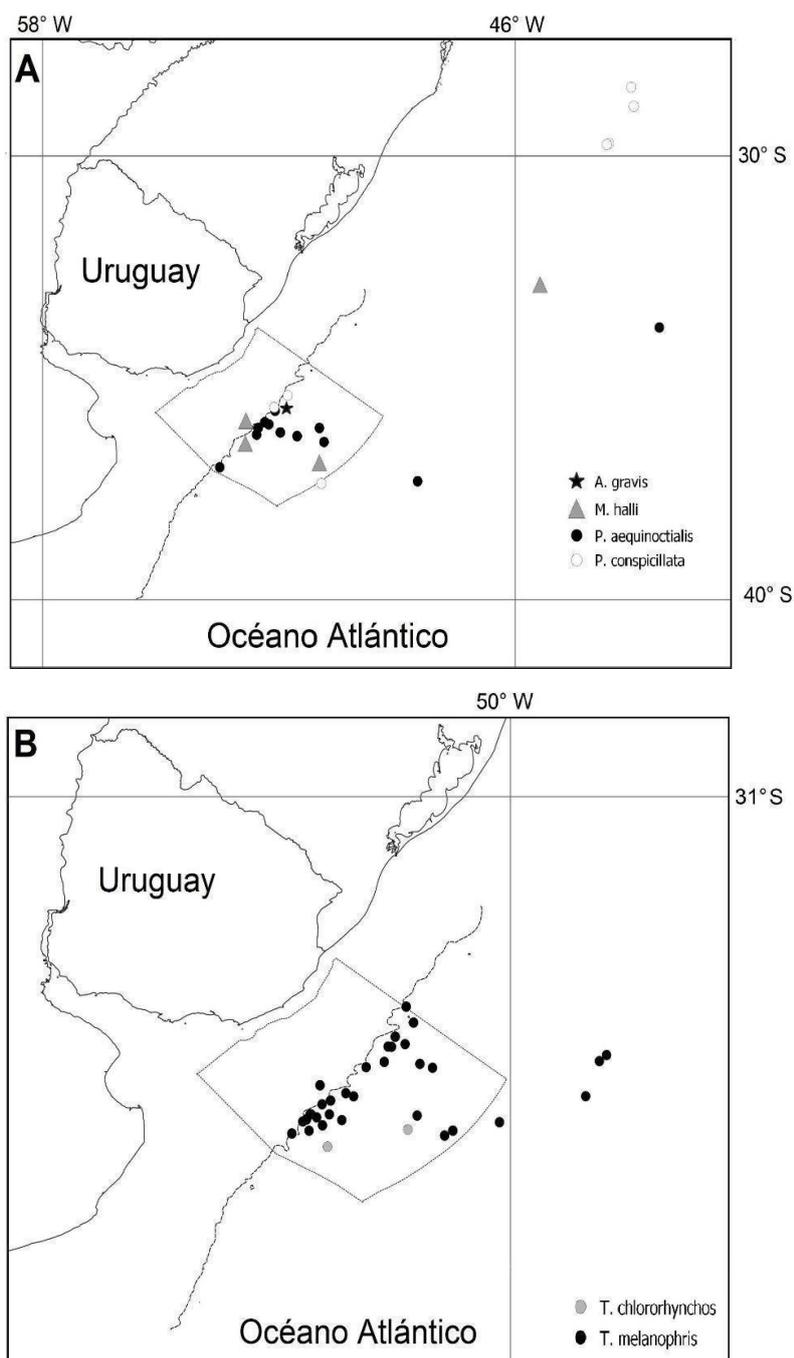


Figura 1. Distribución de los petreles *Procellariidae* (A) y los albatros *Thalassarche* (B) capturados incidentalmente. Se representan la Zona Económica Exclusiva de Uruguay (ZEE; línea punteada) y la isóbata de 200 m (línea discontinua).

Para la identificación de los plásticos se evaluó la flotabilidad positiva de todos los elementos recolectados en agua, y posteriormente se corroboró mediante el método de exposición al calor (“aguja caliente”) para reconocer puntos de derretimiento que confirmaran que se trate de contenidos plásticos. Es una técnica sencilla (Fig. 2), de bajo costo y efectiva,

que confirma la presencia de polímeros plásticos (Lusher et al., 2016) y ayuda a evitar confusiones entre materia orgánica e inorgánica, disminuyendo las tasas de error.

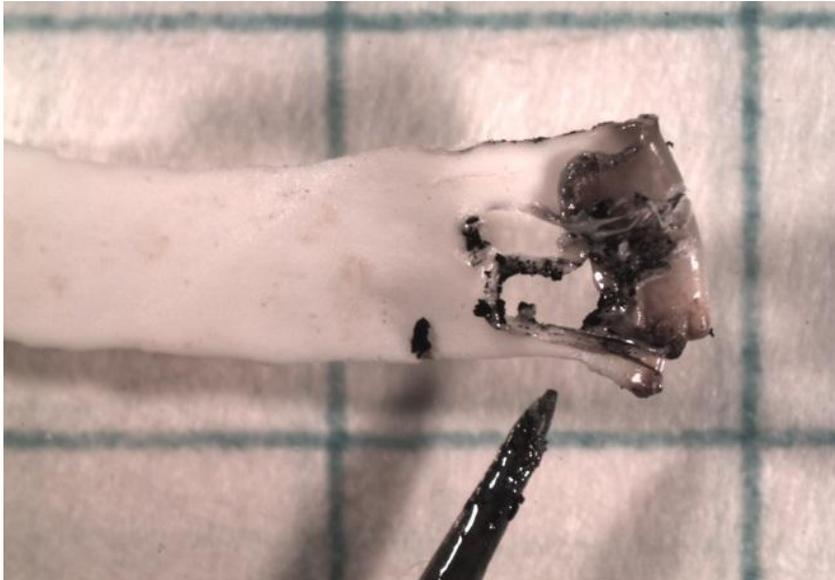


Figura 2. Exposición al calor (técnica de la “aguja caliente”) donde se observan los puntos de derretimiento para confirmar la presencia de un ítem plástico (Lusher et al., 2016).

Se identificaron los plásticos individualmente y luego, utilizando un microscopio estereoscópico NIKON SMZ 745T, se tomaron fotos de cada ítem y, con la ayuda del Software “Micrometrics SE Premium 4.x”, se realizaron las medidas correspondientes. Se seleccionó cada ítem (con mucha delicadeza se trató de estirar lo más posible para tener una mejor exactitud en la medida), y se cuantificó el tamaño de los fragmentos individuales utilizando dos métricas. Se midió cada fragmento utilizando la aproximación elíptica, por lo que la longitud más larga se estableció como el eje mayor y el eje menor se estableció perpendicularmente. Para cada elipse se midió la mayor longitud unidimensional alcanzada (o largo máximo, resolución de 1 mm) y la superficie bidimensional (resolución de 1 mm²) utilizando la función “medir” (en Youngren et al., 2018). Para los plásticos de tamaños mayores, las medidas fueron obtenidas en combinación con el software de libre acceso “Image J” (Schneider et al., 2012).

Los plásticos se clasificaron según el tipo de material (Fig. 3); industrial (pellets o gránulos de forma cilíndrica o similar) o plásticos de usuario. Los plásticos de usuario se diferenciaron en 4 subcategorías; (1) fragmentos de plásticos laminados (restos de bolsas y

envoltorios tipo nylon o film), (2) líneas (por ejemplo, tanzas y cuerdas asociadas a la pesca), (3) fragmentos duros (de objetos más grandes en su mayoría no identificables y (4) misceláneos (artículos raros como la goma o caucho sintético). También se diferenciaron por colores de acuerdo a las siguientes categorías: sin color - blanco claro, gris - plata, negro, azul - púrpura, verde, anaranjado - marrón, rojo - rosado y amarillo. Esta categorización sigue la terminología utilizada por Provencher et al., (2017).

Análisis estadísticos

Se estimó para cada especie la frecuencia relativa de ocurrencia (FO%) con el intervalo de confianza de Jeffrey del 95% y la cantidad de ítems por especie (n) con su rango, mediana y media (con desvío estándar). Los análisis estadísticos fueron realizados mediante tests no paramétricos utilizándose en todos los casos un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Se construyó una tabla de contingencia 2 x 2, usándose como categorías los dos grupos taxonómicos analizados, albatros y petreles, y como criterio de clasificación el número de ejemplares que presentaron o no plásticos en sus tractos digestivos. Se utilizó una prueba de χ^2 con la corrección de Yates para evaluar si había diferencias entre albatros y petreles en la ocurrencia de plásticos.

Los fragmentos de plásticos laminados y los fragmentos duros fueron combinados en una única categoría, "Fragmentos", para el propósito de los análisis. Las comparaciones entre especies en el largo máximo, superficie y peso de los fragmentos encontrados en sus tractos digestivos fueron realizadas mediante el test de Kruskal-Wallis (KW). Se utilizó como comparación post-hoc, el test de Dunn (DN).

Para las comparaciones entre el largo máximo, superficie y peso de los ítems categorizados como líneas fue analizado a través del test Mann-Whitney (MW). No se realizaron comparaciones estadísticas con el tipo de plástico pellets, ni misceláneos debido a la baja cantidad de ítems encontrados. Todos los análisis fueron realizados utilizando el software R (R Core Team, 2021).

Resultados

Se muestrearon un total de 107 aves, 72 albatros menores del género *Thalassarche* y 35 petreles de la familia (*Procellariidae*). Se encontraron objetos plásticos en el 23.36% (N = 25) de las aves totales, representando para los petreles el 62.86% (N=22) y 4.17% (N=3) para los albatros *Thalassarche*. Estas diferencias en la ocurrencia de los plásticos entre albatros y petreles fueron estadísticamente significativas ($\chi^2 = 45.303$, $p < 0.05$). Para los albatros *Thalassarche*, sólo se encontró plásticos en los tractos de *T. melanophris*. La frecuencia de ocurrencia (FO%) de plásticos en cada una de las especies estudiadas fue la siguiente: 0% para *T. chlororhynchos*, 4.35% para *T. melanophris*, 47.62% para *P. aequinoctialis*, 75% para *P. conspicillata* y el 100% para *M. halli* y *A. gravis* (Tabla 1).

La mayoría de los ítems de plástico se hallaron en el ventrículo de las aves; solamente un individuo de *M. halli* y otro de *T. melanophris* presentaron exclusivamente plásticos en su proventrículo. No se hallaron ítems en el esófago de las aves. Un individuo de *P. aequinoctialis* presentó 24 fragmentos de plásticos laminados en su ventrículo.

Todos los residuos variaron en diferentes formas y tamaños; oscilando entre 2.30 mm hasta los 90.40 mm y un tamaño medio de 18.14 ± 14.42 mm de largo máximo. Las medidas y el peso de los plásticos por especie con su rango, mediana, media con desviación estándar se encuentran en la Tabla 2. Con respecto a los colores de los plásticos, se encontró una predominancia de los elementos sin color – blanco claro (40 ítems, 38.8%), seguido del color negro (38 ítems, 36.9%), verde (24 ítems, 23.3%) y gris - plata (1 ítem, 1.0%) (Tabla 2).

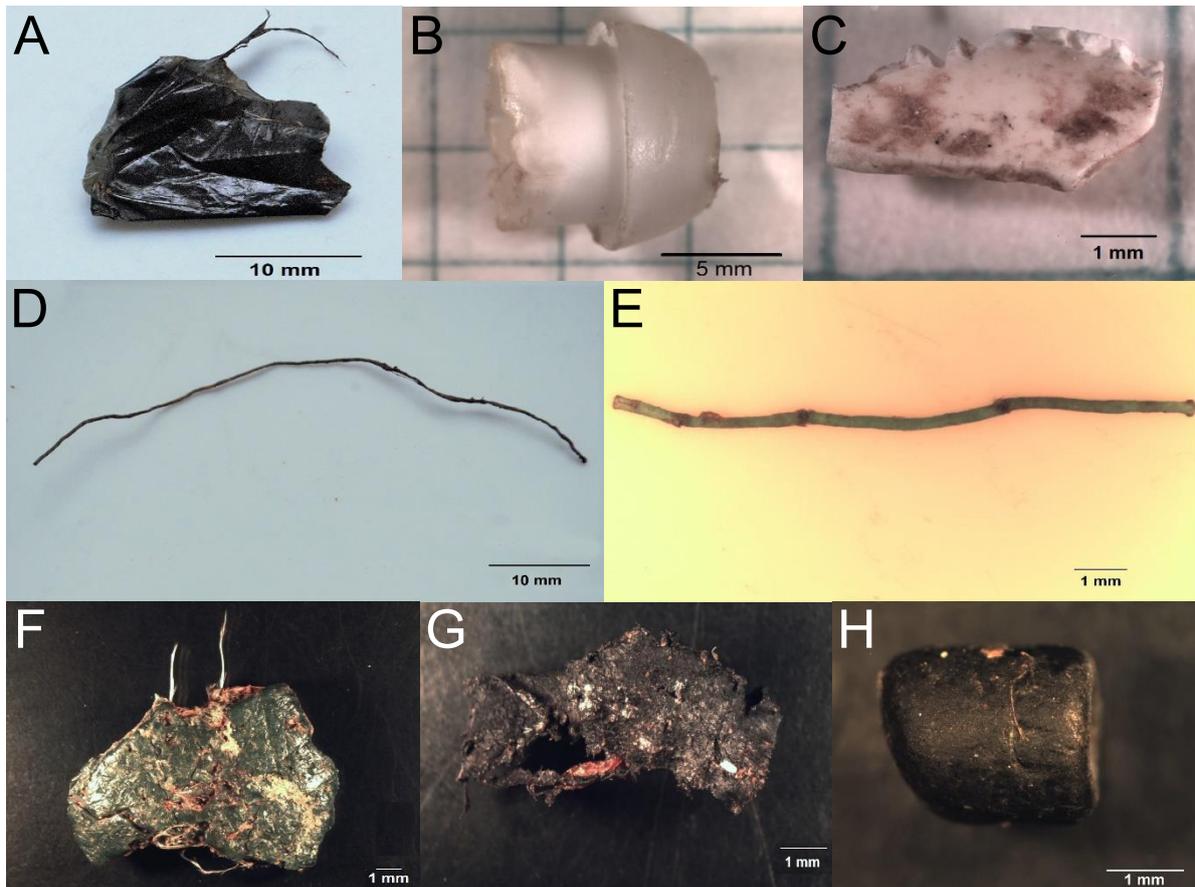


Figura 3. Fragmentos de plásticos laminados (A), fragmentos duros (B y C), líneas (D, E), goma o caucho sintético (Misceláneos; F y G) y pellet (H) hallados en los tractos digestivos de las especies de albatros y petreles.

De los 103 ítems de origen plástico que se encontraron en los tractos digestivos de las aves, el 98.1% fueron plásticos de usuario. Los fragmentos de plásticos laminados y líneas estuvieron presentes en el 50.5% y 28.2% respectivamente. Los fragmentos duros representaron el 14.6%, el grupo misceláneos el 4.9%, y solamente se encontraron dos plásticos industriales (pellets), uno en *P. conspicillata* y otro en un *T. melanophris* (1.9%). Los fragmentos de plásticos laminados y fragmentos duros se hallaron en todas las especies. Las líneas solamente se encontraron en *P. aequinoctialis* y *P. conspicillata*, siendo esta última especie la única en presentar los cinco tipos de plásticos definidos (Fig. 4 y Tabla 2).

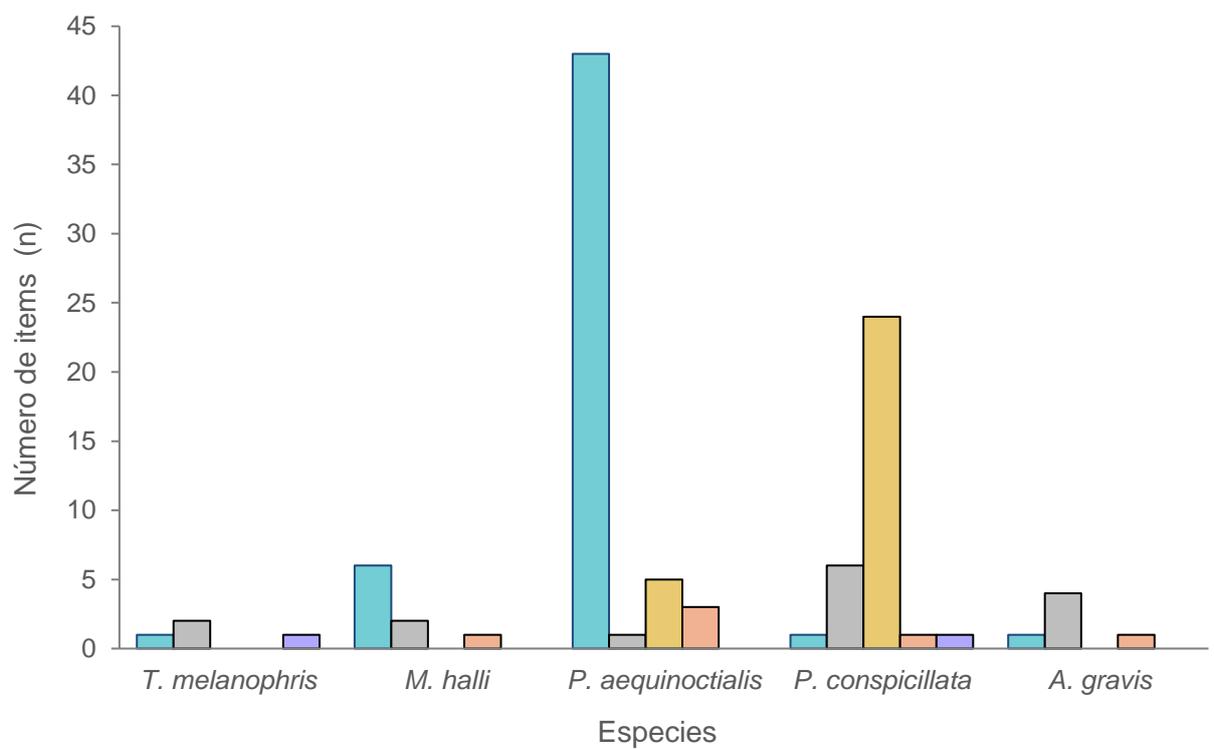
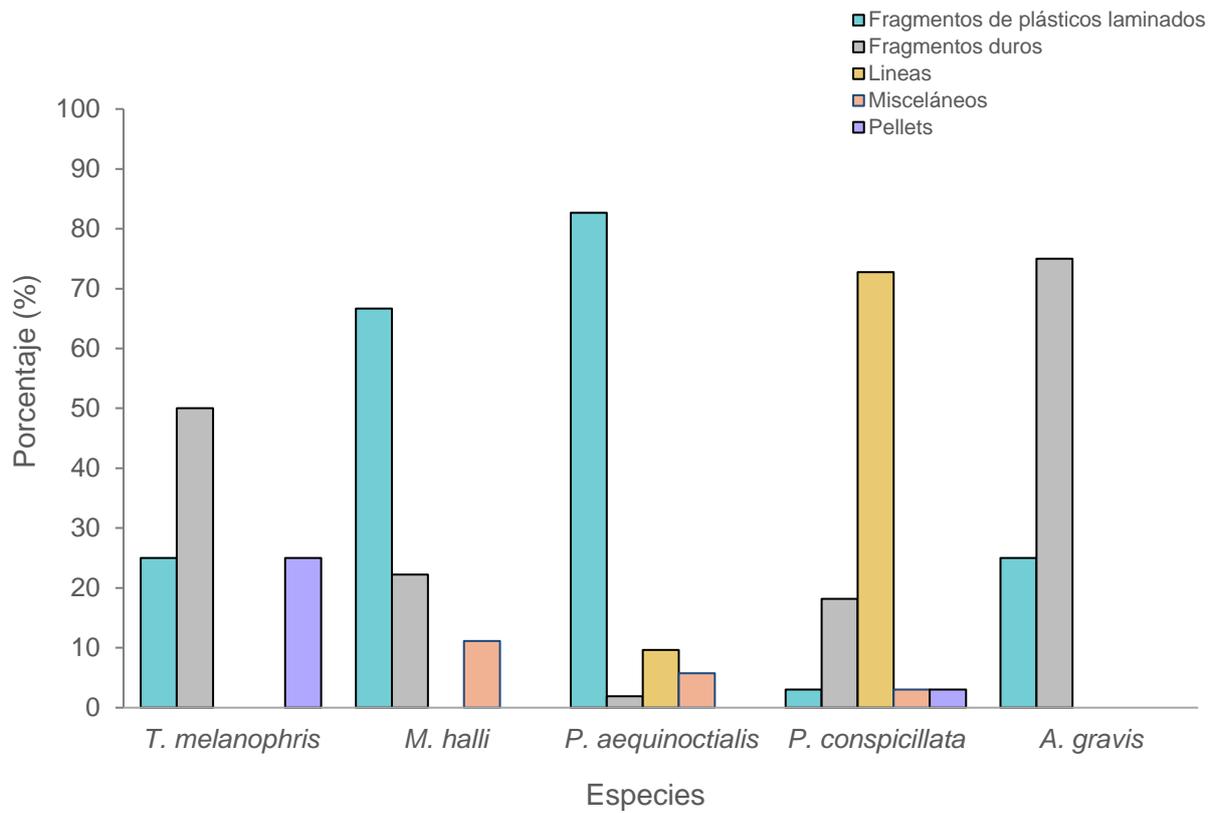


Figura 4. Porcentaje (%) y número (n) de los tipos de plásticos encontrados en *Thalassarche melanophris*, *Macronectes halli*, *Procellaria aequinoctialis*, *Procellaria conspicillata* y *Ardenna gravis*.

El largo máximo de los fragmentos (fragmentos de plásticos laminados y fragmentos duros) varió significativamente entre las especies de petreles (KW, $H = 18.27$, $p < 0.05$). Las comparaciones pareadas mostraron que el largo máximo de los fragmentos encontrados en *M. halli*, la especie de mayor tamaño corporal, fue significativamente mayor con respecto a los valores encontrados en el resto de las especies (DN, $p < 0.05$). También se encontraron diferencias entre *P. aequinoctialis* y *A. gravis* (DN, $Z = 1.62$, $p > 0.05$) (Fig. 5). Con respecto a la superficie de los fragmentos también se encontraron diferencias entre las especies de petreles (KW, $H = 20.14$, $p < 0.05$). Similar a lo observado con el largo máximo, los fragmentos encontrados en *M. halli* fueron mayores con respecto al resto de las especies, y los de *P. aequinoctialis* fueron mayores a los de *A. gravis* (DN, $Z = 2.10$, $p < 0.05$) (Fig. 5). El peso de los fragmentos de plástico varió significativamente entre especies (KH, $H = 11.79$, $p < 0.05$). El test de DN indicó diferencias en algunas comparaciones pareadas en el peso de los fragmentos: *M. halli* > *P. aequinoctialis* (DN, $Z = 2.84$, $p < 0.05$); *P. conspicillata* > *P. aequinoctialis* (DN, $Z = 2.28$, $p < 0.05$) (Fig. 5).

En relación a las líneas no hubo diferencias significativas entre el largo máximo (MW, $U = 321.5$ y $p > 0.05$) ni en la superficie (MW, $U = 32.5$, $p > 0.05$), pero sí en el peso (MW $U = 17$, $p < 0.05$) entre *P. conspicillata* y *P. aequinoctialis*, siendo mayor en esta última especie (Fig. 5).

Para *T. melanophris* se contaba con tractos digestivos de dos décadas. De los 69 individuos analizados, 31 corresponden al periodo 2007- 2010 y 38 al período 2011-2019. Dos (6.45%) y uno (2.63%) individuos presentaron plásticos digestivos en los periodos respectivos. El bajo número de individuos con plásticos no permitió el uso de análisis estadísticos, sin embargo, estos resultados no sugieren cambios temporales aparentes en la ingesta de plásticos.

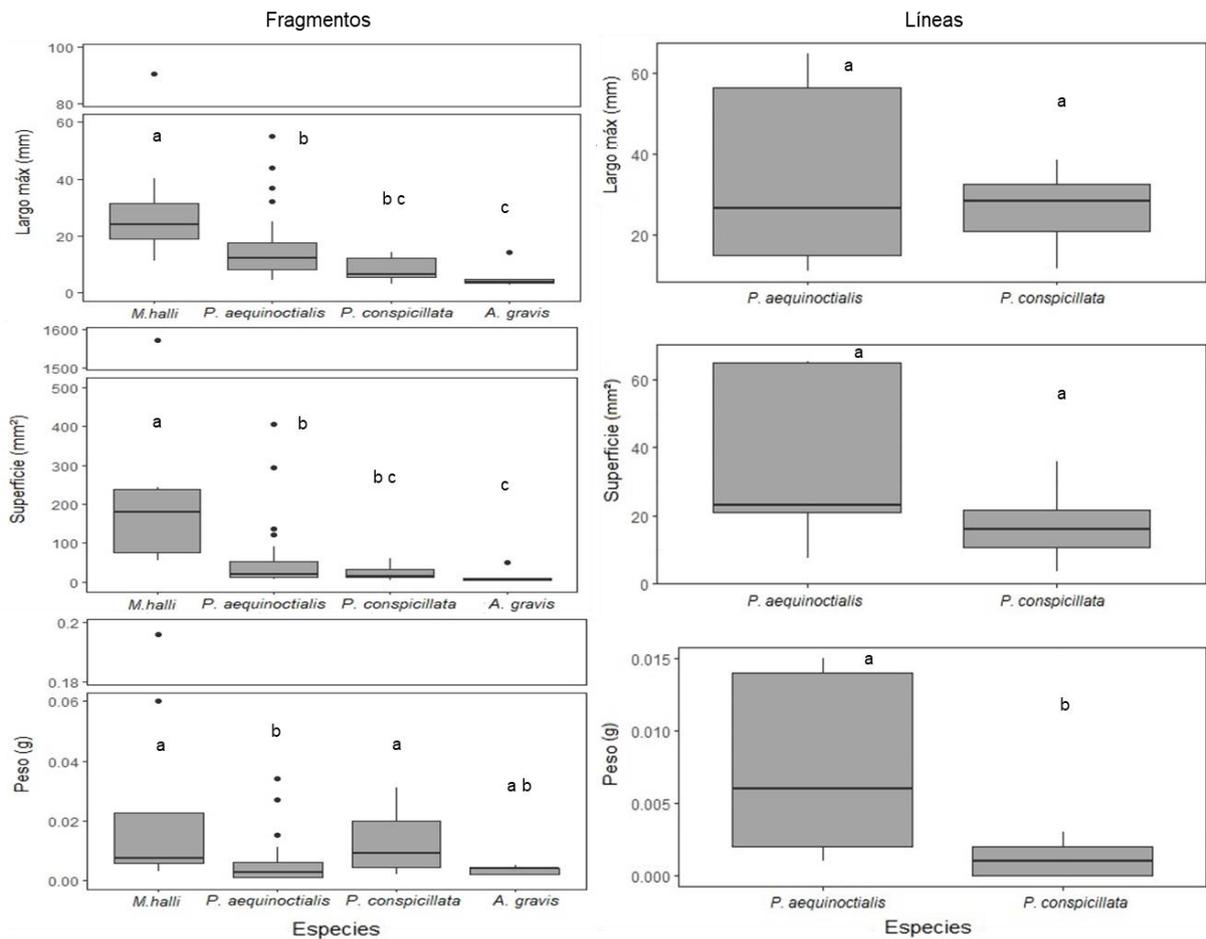


Figura 5. Largo máximo (mm), superficie (mm²) y peso (g) de los ítems de plásticos hallados en petreles. Izquierda: fragmentos (fragmentos de plásticos laminados y fragmentos de plásticos duros) hallados en cuatro especies de petreles. Derecha: líneas encontradas en *P. aequinoctialis* y *P. conspicillata*. La línea media dentro de cada *boxplot*, representa la mediana de los valores (50%), por debajo de esa línea se encuentra el cuartil inferior representado por el 25% de los datos, y por encima de esa línea el cuartil superior con el 75% de los datos. El extremo de cada línea vertical de cada *boxplot* representa los valores máximos y mínimos. Aquellos valores atípicos (*outliers*) están representados por un punto que se aleja del diagrama. Las letras indican la significancia de los grupos.

Discusión

Debido a que las aves marinas pueden ser consideradas indicadoras del estado de contaminación de nuestros océanos (Piatt et al., 2007; Ryan, 2008; Ryan et al., 2009; van Franeker et al., 2011; Elliott & Elliott, 2013), la alta incidencia de plásticos encontrada en el presente trabajo, especialmente en las especies de petreles, indican que la disponibilidad de residuos en la superficie del mar es importante. El presente estudio reafirma la alta presencia de plásticos en la dieta de petreles en el Atlántico sur (Copello & Quintana, 2003; Copello et

al., 2008, Colabuono et al., 2009; 2010; do Nascimento et al., 2022) y la baja ocurrencia en albatros *Thalassarche* (Jiménez et al., 2015; Ryan et al., 2016). De hecho, al analizar el tracto digestivo a partir de muestras obtenidas durante dos décadas, no se obtuvo evidencia que haya ocurrido cambios en el tiempo en la ocurrencia de plásticos en estos albatros. Cabe destacar que el presente trabajo se basó exclusivamente en aves capturadas incidentalmente. Esto podría explicar en parte la menor incidencia de plásticos, principalmente en los tractos digestivos de albatros *Thalassarche*, con respecto a los estudios previos que también han consideraron muestras de aves varadas en la costa (Petry et al., 2007; Barbieri, 2009; Colabuono et al., 2009; Tourinho et al., 2010; do Nascimento et al., 2022).

El análisis detallado de los ítems encontrados en estas especies sugiere que las diferencias interespecíficas en la frecuencia de ocurrencia de estos residuos marinos, así como las dimensiones de los mismos, parece asociarse a la variación exhibida por las distintas especies en los modos de alimentación, tamaño corporal, morfología digestiva e interacción con barcos pesqueros, y a las variaciones de abundancia de plástico flotando en el medio marino (véase abajo).

Tipos y tamaño de los plásticos

Los fragmentos (fragmentos laminados y duros combinados) son los tipos de plástico más comunes reportados en los tractos digestivos de los Procellariiformes (Ryan 2008; Colabuono et al., 2009; Tourinho et al., 2010), como ocurrió en el presente estudio. Las líneas fueron el otro tipo de plástico encontrado con alta frecuencia, lo que podría reflejar que las aves ingieren restos de artefactos de pesca, junto a los descartes y desperdicios de comida que son arrojados al mar por los barcos (Colabuono et al., 2009; Phillips et al., 2010; Phillips & Waluda, 2020). En cambio, los pellets fueron los ítems menos frecuentes, encontrándose apenas uno en *T. melanophris* y otro en *P. conspicillata*. Esto coincide con trabajos anteriores (Ryan 2008; van Franeker & Law, 2015) que han reportado una disminución de los plásticos industriales y un aumento de los fragmentos de usuario en el medio marino, reflejándose en la ingesta de las aves marinas.

Procellaria conspicillata fue la única especie en presentar las cinco categorías de plástico además de la mayor cantidad de líneas (Ver Fig. 4 y Tabla 2), involucrando a un individuo al que se le encontraron 21 ítems similares (posiblemente a causa de una fragmentación en su ventrículo). *Procellaria aequinoctialis* presentó cuatro de cinco categorías de plástico y la mayor cantidad de fragmentos de plásticos laminados (Ver Fig 4 y Tabla 2).

Estos resultados son similares a los hallados en Colabuono et al., (2009) donde se encontraron todos los tipos de plásticos en ambas especies, y una predominancia de fragmentos en *P. aequinoctialis*.

Los tamaños medios y el rango de los plásticos encontrados en este estudio (ver Tabla 2) son similares a los hallados en otros trabajos de la región. Por ejemplo, do Nascimento et al. (2022) encontró ítems con un rango de longitud entre 0.8 y 67.05 mm, mientras que Barbieri (2009) encontró ítems de 0.5 a 98 mm. Sin embargo, gran parte de las aves analizadas en estos trabajos provienen de varamientos, en donde los animales podrían haber muerto por obstrucciones o perforaciones a nivel digestivo a causa de los plásticos ingeridos.

Variación entre especies en la ingestión de plásticos

La mayor ocurrencia de plásticos en petreles que en albatros *Thalassarche* ha sido reportada ampliamente en la literatura científica (Furness, 1985; Ryan, 1987; Colabuono et al., 2007; 2010). Para la región del Atlántico sudoccidental se ha encontrado que el 62% y 12% de petreles y albatros *Thalassarche* consumieron plásticos respectivamente (Colabuono et al., 2009), como también en el 7.69% de los albatros *Thalassarche* y un 80% para *P. aequinoctialis* (do Nascimento et al., 2022). Si bien los resultados de ambos estudios son similares, más de la mitad de los ejemplares fueron recolectados muertos en costas, lo que podría causar una potencial sobreestimación de la incidencia (Roman et al., 2020; véase Introducción).

Los albatros *Thalassarche* tuvieron la menor frecuencia de ocurrencia de plásticos entre las aves analizadas. Comparando por décadas, *T. melanophris* no experimentó cambios temporales aparentes en la tasa de ingestión de plásticos, y a pesar de que solamente se lograron analizar 3 individuos *T. chlororhynchos*, su ingesta de plásticos fue nula. Esto confirma que la ocurrencia de plástico en los albatros *Thalassarche* es muy baja, como ha sido reportado en otros estudios (Jiménez et al., 2015; Ryan et al., 2016).

Sin embargo, considerando los petreles, más de la mitad de los ejemplares analizados consumieron ítems de origen plástico. *Macronectes halli* y *A. gravis* presentaron la incidencia más alta de plásticos (100%). Si bien solamente se analizaron 4 individuos de *M. halli*, esta especie es conocida por tener una alta ingesta de este tipo de desechos (Copello & Quintana, 2003; Copello et al., 2008; Petry et al., 2010) a causa de su hábito alimenticio especializado en carroña, incluyendo mamíferos marinos y pequeñas aves de *Hydrobatidae* y *Oceanitidae*.

Estas últimas especies, cuya susceptibilidad a la ingesta de plástico es considerada elevada, podría también exponer a los *Macronectes* a una ingestión secundaria de estos residuos (Roman et al., 2019a).

A pesar de que solamente se logró analizar dos individuos de *A. gravis*, la elevada frecuencia de ocurrencia ya ha sido reportada anteriormente (Furness, 1985; Ryan, 1987, 1988; Colabuono et al., 2009; 2010) y su tendencia a consumir plásticos va en aumento (Robuck et al., 2022). Siendo una especie endémica del Océano Atlántico, se encuentra expuesta a las altas concentraciones de plástico que flotan alrededor de los giros oceánicos (Eriksen et al., 2014; Robuck et al., 2022), como ocurre próximo a sus sitios de anidación en los archipiélagos de Tristán de Cunha y Gough (Robuck et al., 2022). Esto se suma a la alta interacción con las flotas pesqueras de la región (Jiménez et al., 2011).

Al igual que en otros estudios (Colabuono et al., 2009; 2010) cerca del 50% de los individuos analizados de *P. aequinoctialis* contuvieron ítems plásticos. Esta especie también tiene un comportamiento conocido de seguir a las embarcaciones para alimentarse de los descartes, por lo que es razonable suponer que una proporción significativa de los ítems de plásticos ingeridos provengan de artes de pesca y basura desechada por la borda, como ha sido reportado en estudios anteriores (Colabuono et al., 2007; 2009; Phillips et al., 2010; Tourinho et al., 2010; Petry & Benemann, 2017). Aunque este petrel posee una distribución circumpolar extremadamente amplia (Weimerskirch et al., 1999; Berrow et al., 2000), los individuos de la población de Georgias del Sur (colonia más numerosa) son los que suelen utilizar las aguas del Atlántico sudoccidental, donde se alimentan e interactúan con flotas de palangre y arrastre frente al sur de Brasil, Uruguay y Argentina (Phillips et al., 2006; Jiménez et al., 2009; ACAP, 2009).

La ocurrencia de plásticos encontrada en *P. conspicillata* (75%) fue superior a la reportada en estudios previos (22% - 33 %; Colabuono & Vooren, 2007; Colabuono et al., 2009; 2010). Esto podría sugerir un incremento en su ingestión. Al igual que *A. gravis*, el alto consumo de plásticos puede deberse a que su área de distribución coincide con las altas concentraciones de plástico flotante del Océano Atlántico sur (Eriksen et al., 2014) incluyendo las aguas adyacentes a su único sitio de reproducción como es la Isla Inaccesible, Tristán da Cunha (Ryan & Moloney, 2000). Estas aves ocupan una región reducida, en comparación con las grandes migraciones que pueden llegar a realizar otros Procellariiformes, y sus sitios de forrajeo suelen solaparse con la densidad de barcos pesqueros que operan en el Atlántico sudoccidental (Bugoni et al., 2008; Jiménez et al., 2011).

Posibles causas en el consumo de plásticos

Parte de la variación en la ocurrencia de plásticos entre albatros y petreles podría deberse a las características morfológicas del tracto digestivo. El ventrículo donde tienden a acumularse ítems duros como los plásticos, es relativamente menor en albatros que en petreles, si se considera sus diferencias en tamaño corporal (Jiménez et al., 2015). La presencia del istmo estrecho entre el ventrículo y el proventrículo (Furness, 1985) y el mayor tamaño relativo de este último en petreles, explicaría la mayor retención de plásticos encontrada en este grupo.

Se ha demostrado que en general, el tamaño de los fragmentos plásticos ingeridos por las aves marinas, en especial los petreles, está relacionado con el tamaño corporal, y que las especies más pequeñas suelen ingerir mayores cantidades (Ryan, 1987; Youngren et al., 2018). El presente trabajo presenta nueva evidencia al respecto; los petreles de mayor tamaño tendieron a consumir ítems de mayor tamaño o peso. De hecho, *M. halli* consumió los ítems más grandes en comparación con el resto de las especies. El ítem de plástico más grande (90.40 mm de largo máximo y 1572 mm² de superficie) también fue encontrado en esta especie. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Phillips & Waluda (2020), donde se reportó que *M. halli* fue el petrel que consumió plásticos más grandes y relacionados a envoltorios de alimentos de colores transparentes (Fig. 6). Esta relación entre el tamaño corporal y de los ítems puede estar relacionado con el tipo de dieta o forrajeo, ya que las especies que se alimentan de presas mayores suelen evitar las partículas pequeñas, mientras que las que se alimentan de organismos menores, como el plancton, probablemente las confunden con alimento (Furness, 1985). Las seis especies analizadas se alimentan generalmente de presas en la superficie como también de animales muertos, por lo que la ingestión de plástico podría haber ocurrido como resultado de desechos confundidos con posibles animales (Colabuono & Vooren, 2007).

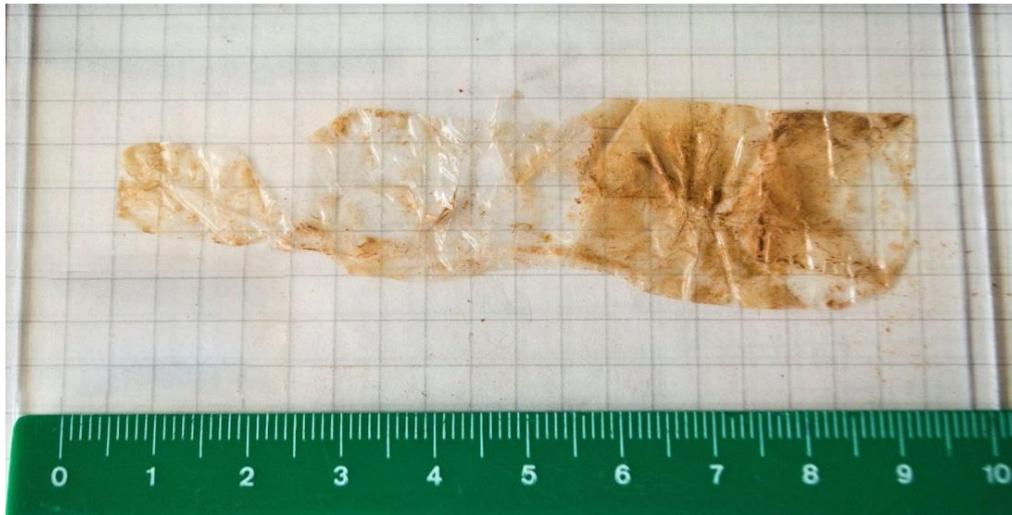


Figura 6. Fragmento de plástico laminado de mayor tamaño encontrado (envoltorio transparente) en un ejemplar de *M. halli*.

Existen algunas explicaciones de las posibles confusiones de consumo; se ha asociado que los plásticos por medio de bioincrustaciones liberan un olor químico característico del sulfuro de dimetilo que podría engañar a las aves que utilizan este infoquímico como señal de alimentación (Savoca et al., 2016). Además, se ha observado que muchas aves se acercan e ingieren desechos (por ejemplo, bolsas o cajas de cartón) arrojados al mar, donde fue transportada la carnada u otros materiales de origen pesquero.

En cuanto a la preferencia por colores, al igual que en otros trabajos, los elementos sin color - blanco claro fueron los más frecuentes (Tourinho et al., 2010; Santos et al., 2016; Phillips & Wakolda, 2020) y estuvieron presentes en todas las especies. Esto podría asociarse a que la mayoría de estas aves se alimentan en la superficie de organismos como moluscos (cefalópodos), cnidarios, ctenóforos y cordados (peces, salpas, entre otros). Pese a esto no existen evidencias empíricas de esta selectividad por colores o por engaños olfativos (Ryan, 1987; Phillips & Wakolda, 2020).

Posibles efectos en el consumo de plásticos y consideraciones finales

Los plásticos son una amenaza para las aves pelágicas, en especial los plásticos laminados de gran tamaño ya que son los más propensos a generar bloqueos en los tractos digestivos, conllevando a la muerte del animal (Roman et al., 2020). En nuestro caso, aun excluyendo al fragmento de mayor tamaño (90.40 mm) la longitud media de los ítems de esta categoría fue elevada (15.79 ± 10.60 mm), en especial si se considera que fueron encontrados

acumulados en el ventrículo. La acumulación de los plásticos también puede llevar a perforaciones del tracto digestivo y reducción del apetito, que influye directamente en el fitness del animal, disminuyendo su peso corporal, eficiencia reproductiva, y/o supervivencia (Ryan, 1989). Además, las aves se encuentran altamente expuestas a contaminantes orgánicos persistentes (POPs), pesticidas y productos farmacéuticos que se adhieren a los plásticos, provocando su bioacumulación y biomagnificación en la cadena trófica (Mato et al., 2001; Teuten et al., 2009; Colabuono et al., 2010; Tanaka et al., 2013; Lozoya et al., 2015).

A pesar de que las principales amenazas para los albatros y petreles son la captura incidental en pesquerías, las especies exóticas invasoras en las islas de reproducción y el cambio climático (Dias et al., 2019), la alta ingesta y retención de plásticos (especialmente en petreles) no debería ser subestimada, ya que podría constituir una fuente adicional de mortalidad no despreciable para algunas poblaciones. Más aún cuando el riesgo que presentan los plásticos en los petreles del hemisferio sur es significativamente mayor en la actualidad que en el pasado (Petry & Benemann, 2017; Robuck et al., 2022), sumado a que se espera una tasa creciente en la producción y entrada de plásticos a los océanos (Jambeck et al., 2015).

El presente trabajo abordó la incidencia del consumo de plásticos a partir de aves marinas provenientes exclusivamente de la captura incidental, siendo el primero de este tipo para petreles en el Atlántico sudoccidental. Consideramos que es de suma relevancia que estudios futuros utilicen por separado las aves provenientes de varamientos y de captura incidental (debido a los sesgos mencionados anteriormente). Esto, en conjunto con la adopción de metodologías estandarizadas (e.g. Provencher et al., 2017) para reportar la incidencia de plásticos, facilitaría comparaciones entre estudios, y podría ser útil para continuar monitoreando los cambios temporales en la ingesta de plásticos, como también el estado de contaminación plástica en nuestros océanos.

Bibliografía

- Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels. (2009). ACAP Species assessment: White-chinned Petrel *Procellaria aequinoctialis*. Downloaded from <http://www.acap.aq> on 14 September 2009.
- Andrady, A. L., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1977-1984. <http://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Azzarello, M. Y., & Van Vleet, E. S. (1987). Marine birds and plastic pollution. *Marine Ecology Progress Series*, 37(2/3), 295-303.
- Barbieri, E. (2009). Occurrence of plastic particles in procellariiforms, south of São Paulo state (Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(2), 341-348. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000200011>
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
- Berrow, S. D., Wood, A. G., & Prince, P. A. (2000). Foraging location and range of white-chinned Petrels *Procellaria aequinoctialis* breeding in the South Atlantic. *Journal of Avian Biology*, 31(3), 303-311.
- Bugoni, L., Mancini, P. L., Monteiro, D. S., Nascimento, L., & Neves, T. S. (2008). Seabird bycatch in the Brazilian pelagic longline fishery and a review of capture rates in the southwestern Atlantic Ocean. *Endangered Species Research*, 5(2-3), 137-147.
- Bullimore, B. A., Newman, P. B., Kaiser, M. J., Gilbert, S. E., & Lock, K. M. (2001). A study of catches in a fleet of "ghost-fishing" pots. *Fishery Bulletin*, 99(2), 247-247.

- Chang, M. (2015). Reducing microplastics from facial exfoliating cleansers in wastewater through treatment versus consumer product decisions. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 330-333. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.074>
- Clarke, M. R., Croxall, J. P., & Prince, P. A. (1981). Cephalopod remains in regurgitations of the wandering albatross *Diomedea exulans* L. at South Georgia. *British Antarctic Survey Bulletin*, 54, 9-21.
- Codina-García, M., Militão, T., Moreno, J., & González-Solís, J. (2013). Plastic debris in Mediterranean seabirds. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1-2), 220-226. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.002>
- Colabuono, F. I., & Vooren, C. M. (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.
- Colabuono, F. I., Barquete, V., Domingues, B. S., & Montone, R. C. (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. I., Taniguchi, S., & Montone, R. C. (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. I., Taniguchi, S., & Montone, R. C. (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>
- Connors, P. G., & Smith, K. G. (1982). Oceanic plastic particle pollution: suspected effect on fat deposition in red phalaropes. *Marine Pollution Bulletin*, 13(1), 18-20.
- Copello, S., & Quintana, F. R. (2003). Marine debris ingestion by Southern Giant Petrels and its potential relationships with fisheries in the Southern Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 46(11):1513-5
- Copello, S., Quintana, F., & Pérez, F. (2008). Diet of the southern giant petrel in Patagonia: fishery-related items and natural prey. *Endangered Species Research*, 6(1), 15-23.

- Cózar, A., Echevarria, F., Gonzalez-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernandez-Leon, S., Palma, A. T., Navarro, S., Garcia-de-Lomas, J., Ruiz, A., Fernandez-de-Puelles, M. L., & Duarte, C. M. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239-10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>
- Dias, M. P., Martin, R., Pearmain, E. J., Burfield, I. J., Small, C., Phillips, R. A., Yates, O., Lascelles, B., Borboroglu, P. G., & Croxall, J. P. (2019). Threats to seabirds: A global assessment. *Biological Conservation*, 237, 525-537. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.033>
- do Nascimento, G., Pereira, A., R. R. Brito, G., K. M. 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 - BioBrasil*, 12(1), 15-24. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v12i1.1855>
- Elliott, J. E., & Elliott, K. H. (2013). Tracking Marine Pollution. *Science*, 340(6132), 556-558. <https://doi.org/10.1126/science.1235197>
- Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P.G., & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one*, 9(12), e111913.
- Furness, B. L. (1983). Plastic particles in three procellariiform seabirds from the Benguela Current, South Africa. *Marine Pollution Bulletin*, 14(8), 307-308.
- Furness, R. W. (1985). Ingestion of plastic particles by seabirds at Gough Island, South Atlantic Ocean. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*, 38(3), 261-272.
- Furness, R. W., & Camphuysen, K. (1997). Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES Journal of marine Science*, 54(4), 726-737.
- Galgani, F., Leaute, J. P., Moguedet, P., Souplet, A., Verin, Y., Carpentier, A., Goraguer, H., Latrouite, D., Andral, B., Cadiou, Y., Mahe, J. C., Poulard, J. C., & Nerisson, P. (2000). Litter on the sea floor along European coasts. *Marine pollution bulletin*, 40(6), 516-527.

- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine pollution bulletin*, 92(1-2), 170-179.
- Gregory, M. R. (1978). Accumulation and distribution of virgin plastic granules on New Zealand beaches. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 12(4), 399-414.
- Hammer Ø., Harper D.A.T. & P.D. Ryan. (2013). PAST v4.08: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Huin, N., & Croxall, J. P. (1996). Fishing gear, oil and marine debris associated with seabirds at Bird Island, South Georgia, during 1993/1994. *Marine Ornithology*, 24, 23-28.
- Imber, M. J. (1999). Diet and feeding ecology of the Royal Albatross *Diomedea epomophora* king of the shelf break and inner slope. *Emu*, 99(3), 200-211.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Jiménez, S., Domingo, A., & Brazeiro, A. (2009). Seabird bycatch in the Southwest Atlantic: Interaction with the Uruguayan pelagic longline fishery. *Polar Biology*, 32(2), 187-196. <https://doi.org/10.1007/s00300-008-0519-8>
- 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.
- Jiménez, S., Domingo, A., Brazeiro, A., Defeo, O., & Phillips, R. A. (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>
- Karlsson, T. M., Arneborg, L., Broström, G., Almroth, B. C., Gipperth, L., & Hassellöv, M. (2018). The unaccountability case of plastic pellet pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 52–60. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.041>
- Kühn, S., & van Franeker, J. A. (2020). Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110858.

- Laist, D. W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 18(6), 319-326.
- Lozoya, J.P., Carranza, A., Lenzi, J., Machín, E., Teixeira de Mello, F., González, S., Hernández, D., Lacerot, G., Martínez, G., Scarabino, F., Sciandro, J., Vélez-Rubio, G., Burgues, F., Carrizo, D., Cedrés, F., Chocca, J., De Álava, D., Jiménez, S., Leoni, V., Limongi, P., López, G., Olivera, Y., Pereira, M., Rubio, L., Weinsten, F.. (2015). Management and research on plastic debris in Uruguayan Aquatic Systems: Update and perspectives. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 15(3), 377-393. <https://doi.org/10.5894/rgci583>
- Lozoya, J. P., Rodríguez, M., Azcune, G., Lacerot, G., Pérez-Parada, A., Lenzi, J., Rossi, F., & de Mello, F. T. (2022). Stranded pellets in Fildes Peninsula (King George Island, Antarctica): New evidence of Southern Ocean connectivity. *Science of The Total Environment*, 838, 155830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155830>
- Lusher, A. L., O'Donnell, C., Officer, R., & O'Connor, I. (2016). Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish. *ICES Journal of Marine Science*, 73(4), 1214-1225. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv241>
- Mallory, M. L., Roberston, G. J., & Moenting, A. (2006). Marine plastic debris in northern fulmars from Davis Strait, Nunavut, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 52(7), 813-815.
- Mallory, M. L., Robinson, S. A., Hebert, C. E., & Forbes, M. R. (2010). Seabirds as indicators of aquatic ecosystem conditions: a case for gathering multiple proxies of seabird health. *Marine Pollution Bulletin*, 60(1), 7-12.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental science & technology*, 35(2), 318-324
- Maximenko, N., Hafner, J., & Niiler, P. (2012). Pathways of marine debris derived from trajectories of Lagrangian drifters. *Marine pollution bulletin*, 65(1-3), 51-62.

- Morét-Ferguson, S., Law, K. L., Proskurowski, G., Murphy, E. K., Peacock, E. E., & Reddy, C. M. (2010). The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 60(10), 1873-1878.
- Murray, R. G. (1996). Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: A further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32(12), 867-871. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(96\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(96)00047-1)
- Petry, M. V., Fonseca, V. S. D. S., & Scherer, A. L. (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(3), 321-325.
- Petry, M. V., Krüger, L., da Silva Fonseca, V. S., 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(3), 601. <https://doi.org/10.1007/s10336-009-0373-7>
- Petry, M. V., Petersen, E. S., Scherer, J. D. F. M., Krüger, L., & Scherer, A. L. (2010). Notas sobre a ocorrência e dieta de *Macronectes giganteus* (Procellariiformes: Procellariidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 18(3), 237-239.
- Petry, M. V., & Benemann, V. R. F. (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>
- Phillips, R. A., Silk, J. R., Croxall, J. P., & Afanasyev, V. (2006). Year-round distribution of white-chinned petrels from South Georgia: relationships with oceanography and fisheries. *Biological Conservation*, 129(3), 336-347.
- Phillips, R. A., Ridley, C., Reid, K., Pugh, P. J., Tuck, G. N., & Harrison, N. (2010). Ingestion of fishing gear and entanglements of seabirds: monitoring and implications for management. *Biological conservation*, 143(2), 501-512.
- Phillips, R. A., Gales, R., Baker, G. B., Double, M. C., Favero, M., Quintana, F., Tasker, M. L., Weimerskirch, H., Uhart, M., & Wolfaardt, A. (2016). The conservation status and priorities for albatrosses and large petrels. *Biological Conservation*, 201, 169-183. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.017>

- Phillips, R. A., & Waluda, C. M. (2020). Albatrosses and petrels at South Georgia as sentinels of marine debris input from vessels in the southwest Atlantic Ocean. *Environment International*, 136, 105443. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105443>
- Piatt, J. F., Sydeman, W. J., Sydeman, W. J., Piatt, J. F., & Browman, H. I. (2007). Seabirds as indicators of marine ecosystems. *MARINE ECOLOGY-PROGRESS SERIES-*, 352, 199.
- Plastics Europe. (2012). *Plastics – The Facts 2012: An Analysis of European plastics production, demand and waste data*. Brussels: PlasticsEurope.
- Plastics Europe. (2021). *Plastics – The Facts 2021: An Analysis of European plastics production, demand and waste data*. Brussels: Plastics Europe
- Prince, P. A., & Morgan, R. A. (1987). Diet and feeding ecology of Procellariiformes. *Seabirds: Feeding ecology and role in marine ecosystems*. Cambridge University Press, pp. 135–173.
- Provencher, J. F., Bond, A. L., Avery-Gomm, S., Borrelle, S. B., Bravo Rebolledo, E. L., Hammer, S., Kühn, S., Lavers, J. L., Mallory, M. L., Trevail, A., & van Franeker, J. A. (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>
- R Core Team (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Robuck, A. R., Hudak, C. A., Agvent, L., Emery, G., Ryan, P. G., Perold, V., Powers, K. D., Pedersen, J., Thompson, M. A., Suca, J. J., Moore, M. J., Harms, C. A., Bugoni, L., Shield, G., Glass, T., Wiley, D. N., & Lohmann, R. (2022). Birds of a Feather Eat Plastic Together: High Levels of Plastic Ingestion in Great Shearwater Adults and Juveniles Across Their Annual Migratory Cycle. *Frontiers in Marine Science*, 8, 719721. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.719721>
- Roman, L., Bell, E., Wilcox, C., Hardesty, B. D., & Hindell, M. (2019a). Ecological drivers of marine debris ingestion in Procellariiform Seabirds. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598018-37324-w>

- Roman, L., Paterson, H., Townsend, K. A., Wilcox, C., Hardesty, B. D., & Hindell, M. A. (2019b) Size of marine debris items ingested and retained by petrels. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 569-575. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.021>
- Roman, L., Butcher, R. G., Stewart, D., Hunter, S., Jolly, M., Kowalski, P., Hardesty, B. D., & Lenting, B. (2020). Plastic ingestion is an underestimated cause of death for southern hemisphere albatrosses. *Conservation Letters*, 14(3). <https://doi.org/10.1111/conl.12785>
- Rothstein, S. I. (1973). Plastic particle pollution of the surface of the Atlantic Ocean: evidence from a seabird. *The Condor*, 75(3), 344-345.
- Ryan, P. G. (1987). The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. *Marine environmental research*, 23(3), 175-206.
- Ryan, P. G. (1988). Effects of ingested plastic on seabird feeding: evidence from chickens. *Marine pollution bulletin*, 19(3), 125-128.
- Ryan, P. G., Connell, A. D., & Gardner, B. D. (1988). Plastic ingestion and PCBs in seabirds: is there a relationship?. *Marine pollution bulletin*, 19(4), 174-176.
- Ryan, P. G. (1998). The taxonomic and conservation status of the Spectacled Petrel *Procellaria conspicillata*. *Bird Conservation International*, 8(3), 223-235.
- Ryan, P.G., & Moloney, C.L. (2000). The status of Spectacled Petrels *Procellaria conspicillata* and other seabirds at Inaccessible Island. *Marine Ornithology* 28: 93–100.
- Ryan, P. G. (2008). Seabirds indicate changes in the composition of plastic litter in the Atlantic and south-western Indian Oceans. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 1406–1409.
- Ryan, P. G., Moore, C. J., van Franeker, J. A., & Moloney, C. L. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1999-2012.

- Ryan, P. G., De Bruyn, P. N., & Bester, M. N. (2016). Regional differences in plastic ingestion among Southern Ocean fur seals and albatrosses. *Marine Pollution Bulletin*, 104(1-2), 207-210.
- Savoca, M. S., Wohlfeil, M. E., Ebeler, S. E., & Nevitt, G. A. (2016). Marine plastic debris emits a keystone infochemical for olfactory foraging seabirds. *Science advances*, 2(11), e1600395.
- Santos, R. G., Andrades, R., Fardim, L. M., & Martins, A. S. (2016). Marine debris ingestion and Thayer's law – The importance of plastic color. *Environmental Pollution*, 214, 585-588. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.024>
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods*, 9(7), 671-675.
- Schuyler, Q., Hardesty, B. D., Wilcox, C., & Townsend, K. (2013). Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conservation biology*, 28(1), 129-139.
- Tanaka, K., Takada, H., Yamashita, R., Mizukawa, K., Fukuwaka, M.-A., Watanuki, Y. (2013). Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. *Mar. Pollut. Bull.* 69, 219–222.
- Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R.U., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., Galloway, T.S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P.H., Tana, T.S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M.P., Akkhavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M., Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 364(1526), 2027-2045.
- Tourinho, P.S., Ivar do Sul, J.A., & Fillmann, G. (2010). Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil? *Mar. Pollut. Bull.* 60(3), 396–401.
- Tschernij, V., Larsson, P.O., (2003). Ghost fishing by lost cod gill nets in the Baltic Sea. *Fish. Research*. 64, 151–162.

- van Franeker, J. A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., Hansen, P. L., Heubeck, M., Jensen, J. K., Le Guillou, G., Olsen, B., Olsen, K. O., Pedersen, J., Stienen, E. W., & Turner, D. M. (2011). Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environmental pollution*, 159(10), 2609-2615.
- van Franeker, J. A., & Law, K. L. (2015). Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. *Environmental Pollution*, 203, 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.02.034>
- van Sebille, E., England, M. H., & Froyland, G. (2012). Origin, dynamics and evolution of ocean garbage patches from observed surface drifters. *Environmental Research Letters*, 7(4), 044040. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/04404>
- Warham, J. (1996). *The behaviour, population biology and physiology of the petrels*. London. Academic Press.
- Weimerskirch, H., Catard, A., Prince, P.A., Cherel, Y., Croxall, J.P. (1999). Foraging Whitechinned Petrels *Procellaria aequinoctialis* at risk: from the tropics to Antarctica. *Biol. Conserv.* 87 (2), 273–275.
- Wilcox, C., van Sebille, E., & Hardesty, B. D. (2015). Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(38), 11899-11904. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502108112>
- Youngren, S. M., Rapp, D. C., & Hyrenbach, K. D. (2018). Plastic ingestion by Tristram's Storm-petrel (*Oceanodroma tristrami*) chicks from French frigate shoals, Northwestern Hawaiian Islands. *Marine pollution bulletin*, 128, 369-378

Anexo

Tabla 1. Tamaño de la muestra, proporción de sexos (H: hembras; M: machos), frecuencia relativa de ocurrencia (FO%, con el intervalo de confianza de Jeffrey del 95%) de los albatros y petreles capturados incidentalmente en pesquerías industriales en el Océano Atlántico sudoccidental.

Especies	Estómagos analizados		Contenido estomacal con plásticos			
	N	H/M	N	H/M	FO (%)	(95% CI)
Albatros <i>Thalassarche</i>	72		3		4.17	0.01 / 0.11
<i>Thalassarche melanophris</i>	69	40/28	3	1/ *	4.35	0.01 / 0.11
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	3	1/2	0		0	-
Petreles Procellariidae	35		22		62.86	0.46 / 0.77
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	21	10/10*	10	6/5	47.62	0.28 / 0.68
<i>Procellaria conspicillata</i>	8	1/7	6	1/5	75	0.41 / 0.94
<i>Macronectes halli</i>	4	2/1 *	4	2/1	100	0.56 / 1
<i>Ardenna gravis</i>	2	1/1	2	1/1	100	0.33 / 1
Todas las especies	107	55/49	25	11/11	23.36	0.16 / 0.32

*Se desconoce el sexo del ave

Tabla 2. Dimensiones (mm y mm²), masa (g) y colores (N / %) de los plásticos ingeridos en los albatros y petreles en el Océano Atlántico sudoccidental. DS = Desvío Estándar.

Especies	N	%	Largo max (mm)			Superficie (mm ²)			Peso (g)			Colores de los plásticos (N / %)			
			Rango	Mediana	Media ± DS	Rango	Mediana	Media ± DS	Rango	Mediana	Media ± DS	Sin color - blanco	Gris - plata	Verde	Negro
<i>T. melanophris</i>															
Fragmentos laminados	1	25.0	11.06	-	-	36.70	-	-	0.004	-	-	1 / 25.0	-	-	-
Fragmentos duros	2	50.0	2.30 / 5.10	3.7	3.70 ± 1.97	2.90 / 9.50	6.2	6.20 ± 4.66	> 0.0001 / 0.004	0.002	0.002 ± 0.002	1 / 25.0	-	-	1 / 25.0
Líneas	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misceláneos	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pellets	1	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 / 25.0	-	-	-
<i>M. halli</i>															
Fragmentos laminados	6	66.7	14.50 / 90.40	26.40	36.33 ± 27.86	75.00 / 1572	220.50	414.67 ± 570.40	0.003 / 0.06	0.0075	0.016 ± 0.009	2 / 22.2	-	-	4 / 44.4
Fragmentos duros	2	22.2	11.00 / 23.50	17.25	17.25 ± 8.84	54.30 / 74.90	64.60	64.60 ± 14.57	0.005 / 0.196	0.1005	0.1005 ± 0.135	2 / 22.2	-	-	-
Líneas	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misceláneos	1	11.1	11.40	-	-	69.00	-	-	0.05	-	-	-	-	1 / 11.1	-
Pellets	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. aequinoctialis</i>															
Fragmentos laminados	43	82.7	4.30 / 55.00	12.60	14.84 ± 10.58	6.00 / 406	21.00	47.74 ± 74.87	0.001 / 0.034	0.003	0.005 ± 0.007	17 / 32.7	-	-	26 / 50.0
Fragmentos duros	1	1.9	6.50	-	-	11.00	-	-	0.001	-	-	1 / 1.9	-	1 / 1.92	-
Líneas	5	9.6	11.00 / 64.70	26.50	34.66 ± 24.49	7.00 / 67.00	23.00	36.60 ± 27.55	0.001 / 0.015	0.006	0.008 ± 0.007	2 / 3.9	-	-	2 / 3.9
Misceláneos	3	5.8	7.50 / 10.40	7.70	8.53 ± 1.62	19.00 / 31.00	19.00	23 ± 6.93	0.003 / 0.01	0.004	0.006 ± 0.004	-	-	-	3 / 5.8
Pellets	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. conspicillata</i>															
Fragmentos laminados	1	3.0	14.00	-	-	26.00	-	-	0.002	-	-	1 / 3.0	-	-	-
Fragmentos duros	6	18.8	3.10 / 12.20	5.80	7.37 ± 3.81	5.00 / 60.00	13.50	23.33 ± 21.31	0.002 / 0.031	0.0125	0.015 ± 0.011	6 / 18.2	-	-	-
Líneas	24	72.7	5.60 / 38.50	27.90	25.70 ± 9.15	3.00 / 36.00	16	16.58 ± 7.94	-	0.001	0.001 ± 0.001	1 / 3.0	1 / 3.0	22 / 66.7	-
Misceláneos	1	3.0	17.50	-	-	149.00	-	-	0.142	-	-	-	-	-	1 / 3.0
Pellets	1	3.0	3.30	-	-	6.00	-	-	0.011	-	-	-	-	-	1 / 3.0
<i>A. gravis</i>															
Fragmentos laminados	1	20.0	14.30	-	-	50.90	-	-	0.002	-	-	1 / 20.0	-	-	-
Fragmentos duros	4	80.0	2.70 / 4.60	3.45	3.55 ± 0.79	3.50 / 10	5.85	6.30 ± 2.71	0.002 / 0.005	0.004	0.004 ± 0.001	4 / 80.0	-	-	-
Líneas	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misceláneos	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pellets	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total															
Fragmentos laminados	52	50.5	4.30 / 90.40	14.15	17.22 ± 14.73	6.00 / 1572	30.00	89.51 ± 224.91	0.001 / 0.060	0.003	0.006 ± 0.009	22 / 42.3	-	-	30 / 57.7
Fragmentos duros	15	14.6	2.30 / 23.50	5.3	7.12 ± 5.58	2.90 / 74.90	10.00	21.18 ± 23.54	> 0.0001 / 0.196	0.005	0.002 ± 0.049	14 / 93.3	-	-	1 / 6.7
Líneas	29	28.2	5.60 / 64.70	27.6	27.24 ± 12.89	3.00 / 67.00	18.00	20.03 ± 14.81	> 0.0001 / 0.015	0.001	0.002 ± 0.003	3 / 10.3	1 / 3.5	23 / 79.3	2 / 6.9
Misceláneos	5	4.9	7.50 / 17.50	10.4	10.9 ± 4.05	19.00 / 149.00	31.00	57.40 ± 55.16	0.003 / 0.142	0.01	0.041 ± 0.059	-	-	1 / 20.0	4 / 80.0
Pellets	2*	1.9	3.3	-	-	6	-	-	0.011	-	-	-	-	-	1 / 50.0

* Se pudo medir solamente uno