

Ave del trópico de cola roja nidificando en la isla Salas y Gómez Agosto 2016 FOTO: Nicolás Luna.

Aves marinas en las islas oceánicas chilenas:

Un patrimonio de biodiversidad por conservar

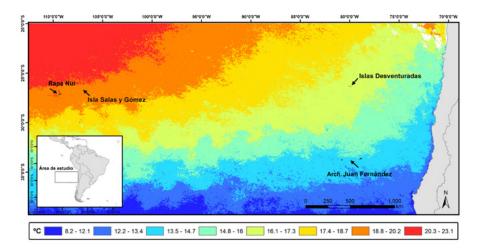
por Matías Portflitt-Toro¹, Nicolás Luna¹, Paula Plaza¹,² Andrea I. Varela¹, Juan Serratosa¹ & Guillermo Luna-Jorquera¹,²

- 1. Millennium Nucleus for Ecology and Sustainable Management of Oceanic Islands (ESMOI), Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile
- 2. Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), Coquimbo, Chile

La Chiricoca $N^{0}_{25} \mid \text{JUNIO DE 2020}$

FIGURA 1
Mapa del Océano Pacífico
sureste y las islas oceánicas
chilenas. El gradiente de
color muestra la media de la
temperatura superficial del
mar entre septiembre y octubre
de 2014. Imágenes del satélite
MODIS-Aqua a una resolución
de 4 km. Modificado de
Serratosa et al. 2020.

hile es reconocido por tener una gran riqueza de aves marinas, tanto especies residentes como aquellas que sólo transitan para alimentarse o descansar durante sus períodos de migración (Croxall et al. 2012). Esto ocurre gracias a los diferentes ecosistemas que podemos encontrar en esta zona del Océano Pacífico, como por ejemplo las islas oceánicas. Chile posee tres sistemas de islas oceánicas (Fig. 1), cada uno con características particulares, que permiten la presencia de un ensamble único de aves marinas totalmente distinto al que se puede observar, por ejemplo, en la zona de la Corriente de Humboldt (Schlatter 1987). De las ~118 especies de aves marinas presentes en Chile (Croxall et al. 2012) 23 corresponden a especies que nidifican exclusivamente en las islas oceánicas, contribuyendo en casi un 20% al total de la riqueza de especies a nivel nacional (Tabla 1).



Estos ecosistemas insulares, que abarcan un extenso gradiente longitudinal en el Océano Pacífico sureste (Fig. 1), presentan diferentes características biológicas y oceanográficas que estructuran los ensambles de aves marinas presentes. Además, cada sistema se encuentra bajo la presión de diferentes amenazas que ponen en peligro las especies

y las poblaciones que allí habitan. Algunas de estas islas se encuentran protegidas bajo diferentes figuras de conservación, tales como Parques Marinos o las Áreas Marinas Costeras Protegidas de Múltiples Usos (AMCP-MU). Sin embargo, debido a la gran dificultad logística que implica estudiar y acceder a estos ecosistemas, carecemos de información actualizada sobre la presencia de especies, aspectos ecológicos básicos, rangos de distribución, y amenazas a su conservación. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es recopilar y dar a conocer las investigaciones sobre las aves marinas de las islas oceánicas chilenas llevadas a cabo por el Núcleo Milenio de Ecología y Manejo Sustentable de Islas Oceánicas (ESMOI) durante los últimos 6 años (2014-2019).

Islas oceánicas chilenas

En la zona norte de Chile, a casi 900 km frente a las costas de Chañaral, en la región de Atacama, se encuentran las Islas Desventuradas (Fig. 1), compuestas por las islas San Félix, San Ambrosio y dos pequeños islotes, el islote Catedral e islote González. Islas Desventuradas es sitio de reproducción para diez especies de aves marinas, presentando una mezcla de especies tropicales como gaviotines, piqueros y aves del trópico, y subtropicales representadas por especies de petreles y fardelas (véase artículo especial de estas islas en este mismo número, por Terán & Vilches (2019); Tabla 1; Aguirre et al. 2009, Flores et al. 2014). En la zona central del país, a casi 650 km frente a las costas de Valparaíso, se encuentra el Archipiélago Juan Fernández (Fig. 1), formado por las islas Alejandro Selkirk, Santa Clara y Robinson Crusoe. Este Archipiélago es sitio de reproducción para seis especies de aves marinas representadas únicamente por petreles y fardelas (Tabla 1; Brooke 1987, Hahn et al. 2009, Shirihai et al. 2015). A casi 3.400 km frente a Valparaíso, se ubica Rapa Nui, y a unos 390 km al este de esta se encuentra Motu Motiro Hiva o más conocida como

La Chiricoca $N^{\varrho}25 \mid JUNIO DE 2020$

TABLA 1

Aves marinas nidificantes de los sistemas de islas oceánicas chilenas. Rapa Nui (RN), Salas y Gómez (sG), Islas Desventuradas (DV), Archipiélago Juan Fernández (JF).

1: Presente o: Ausente

UICN:

Lista roja de la Unión Internacional
para la Conservación de la Naturaleza;

«EN PELIGRO» (EN),

«VULNERABLE» (VU),

«CASI AMENAZADA» (NT),

«PREOCUPACIÓN MENOR» (LC).

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	RN	SG	DV	JF	UICN
	Pterodroma defilippiana	Petrel de Masatierra	0	0	1	1	VU
	Pterodroma longirostris	Petrel de Masafuera	0	0	0	1	vu
	Pterodroma externa	Petrel de Juan Fernández	0	0	0	1	vu
	Pterodroma ultima	Petrel de Murphy	1	1	0	0	NT
	Pterodroma alba	Petrel de Fénix	1	0	0	0	EN
	Pterodroma neglecta	Petrel de Kermadec	1	1	1	1	LC
Procellariiformes	Pterodroma atrata	Petrel de Henderson	1	0	0	0	EN
Procenarmormes	Pterodroma heraldica	Petrel de Herald	1	0	0	0	LC
	Pterodroma nigripennis	Petrel de alas negras	1	0	0	0	LC
	Ardenna creatopus	Fardela blanca	0	0	0	1	VU
	Ardenna pacifica	Fardela del Pacífico	1	0	0	0	LC
	Puffinus nativitatis	Fardela de Pascua	1	1	0	0	LC
	Fregetta grallaria	Golondrina de mar de vientre blanco	0	0	1	1	LC
	Nesofregetta fuliginosa	Golondrina de mar polinésica	0	1	0	0	EN
	Phaethon rubricauda	Ave del trópico de cola roja	1	1	1	0	LC
Phæthontiformes	Phaethon lepturus	Ave del trópico de cola blanca	1	0	0 1 0	LC	
	Phaethon aethereus	Ave del trópico de pico rojo	0	1	0	0	LC
	Fregata minor	Ave fragata grande	1	1	0 0 LC		
Suliformes	Sula nebouxii	Piquero de patas azules	0	0	1	0	LC
	Sula dactylatra	Piquero blanco	1	1	1	0	LC
	Anous stolidus	Gaviotín de San Félix	1	1	1	0	LC
Charadriiformes	Procelsterna albivitta	Gaviotín de San Ambrosio	1	1	1	0	LC
	Gygis alba	Gaviotín blanco	1*	1	0	0	LC
	Onychoprion fuscatus	Gaviotín apizarrado	1*	1	1	0	LC

isla Salas y Gómez (Fig. 1). Este sistema, ubicado en el extremo sur este de la Polinesia, es sitio de reproducción para 18 especies de aves marinas, principalmente tropicales como piqueros, fragatas, gaviotines y aves del trópico (Tabla 1; Vilina & Gazitua 1999, Flores et al. 2014), además de distintas especies de fardelas y petreles.

Es importante destacar que en estos sistemas de islas nidifican especies catalogadas con algún grado de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Tabla 1). En el Archipiélago Juan Fernández y en las Islas Desventuradas existen tres especies nidificantes endémicas de Chile y que se encuentran en estado

«VULNERABLE». Una es el Petrel de Masatierra (Pterodroma defilippiana) que nidifica en las Islas Desventuradas, en la isla Santa Clara y en la isla Robinson Crusoe (Onley & Scofield 2007), el Petrel de Juan Fernández (Pterodroma externa) y el Petrel de Masafuera (Pterodroma longirostris), que nidifican sólo en isla Alejandro Selkirk (Onley & Scofield, 2007). Por el contrario, en Rapa Nui y Salas Gómez no nidifican aves marinas endémicas, pero hay especies que se encuentran amenazadas a nivel mundial. Como por ejemplo la Golondrina de mar polinésica (Nesofregetta fuliginosa) y el Petrel de Fénix (Pterodroma alba), ambas catalogadas como «En Peligro», o el Petrel de Murphy (Pterodroma ultima), catalogada como «CASI AMENAZADA».

La Chiricoca $N^{\varrho}25 + JUNIO DE 2020$

^{*} Registros de nidificación histórica, pero no se ha vuelto a verificar en los últimos 50 años (Marín & Cáceres 2010).

FIGURA 2 Ensambles de aves marinas representativas correspondiente a las principales características oceanográficas del área de estudio. YUNC: Yunco de Humboldt ріни: Pingüino de Humboldt ріqu: Piquero de Humboldt PEJU: Petrel de Juan Fernández GOVI: Golondrina de mar de vientre blanco ремт: Petrel de Masatierra рема: Petrel de Masafuera GOPO: Golondrina de mar polinésica FAPA: Fardela de Pascua FRGR: Ave fragata grande.

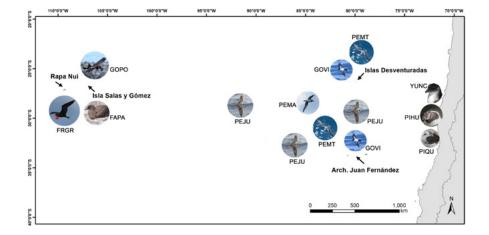
Estos antecedentes resaltan la importancia y necesidad de conservación de estos ecosistemas y su biodiversidad. Nuestras investigaciones en ecología de aves marinas de las islas oceánicas se han centrado principalmente en tres líneas: 1) Distribución de aves en el mar, 2) Genética de poblaciones y 3) Amenazas.

Distribución de aves marinas en el Océano Pacífico sureste

Las aves marinas dependen de las condiciones del océano para su supervivencia, a tal punto que algunas de estas especies tan solo vuelven a tierra firme una vez al año para reproducirse (Schreiber & Burger 2002). De esta forma, las características físico-químicas y biológicas de los océanos determinan en gran medida la presencia en el mar de las aves marinas. A medida que las características de los océanos van cambiando, las especies presentes

abierto y evaluar cómo las condiciones ambientales influyen en éstos ha sido una tarea difícil (Ainley *et al.* 2012).

Entre Chile continental y Rapa Nui se produce un gran cambio en las condiciones ambientales de los océanos (Fig. 1). Conforme nos desplazamos a lo largo de esta gran área del Océano Pacífico sureste, es posible detectar la presencia de diferentes especies en el mar abierto. Desde el año 2014 hasta el año 2017, navegando a bordo de buques científicos y de la Armada de Chile a lo largo de toda esta área (Fig. 1), hemos llevado a cabo un total de 11 censos en el mar abierto con una frecuencia media de 2 - 3 censos por año. Además, mediante el uso de imágenes satelitales, hemos podido investigar las condiciones oceanográficas (e.g., temperatura del mar, salinidad o profundidad del mar) que producen los cambios en el ensamble de aves marinas. Como resultado hemos podido comprobar la existencia de una clara estructura espacial de los ensambles correspondiente a las principales características oceanográficas del área (Serratosa et al. 2020). De esta forma, encontramos un ensamble asociado a la Corriente de Humboldt que se mantiene espacialmente restringido a zonas cercanas a la línea de costa del continente, cuya composición se caracteriza por especies como el Yunco de Humboldt (Pelecanoides garnotii), el Pingüino de Humboldt (Spheniscus humboldti) y el Piquero de Humboldt (Sula variegata) (Fig. 2). Otros dos ensambles asociados a Islas Desventuradas y el Archipiélago Juan Fernández que tienen una composición caracterizada por especies como el Petrel de Juan Fernández y el Petrel de Masatierra y cuya distribución en el océano, es más difusa y amplia (Fig. 2). Por último, un cuarto ensamble relacionado a Rapa Nui con especies únicas de climas tropicales, tales como el Ave fragata grande o la Golondrina de mar polinésica y con una distribución totalmente restringida al límite oeste del área de estudio (Fig. 2).



también lo hacen adaptándose a estas condiciones (Tremblay et al. 2009). Grupos de especies que tienen características similares, comparten estas áreas generando ensambles característicos (Ainley & Boekelheide 1983, Ballance 2008, Ribic et al. 2011). Sin embargo, establecer estos patrones espaciales de cambio en los ensambles de aves en el océano

El hecho de que los ensambles de aves pertenecientes al Archipiélago Juan Fernández e Islas Desventuradas sean más dispersos y se solapen espacialmente, puede ser debido a la presencia de varias especies de Procellariiformes como Petrel de Juan Fernández y el Petrel de Masatierra, Petrel de Masafuera y la Golondrina de mar de vientre blanco (Fig. 2). Estas especies, algunas nidificantes endémicas del área, tienen distribuciones en el mar muy amplias que solapan con el área de influencia de estos archipiélagos. Incluso, se pueden encontrar en áreas próximas a la Corriente de Humboldt, en áreas muy lejanas de sus islas de nidificación. Esto provoca que sea difícil caracterizar los ensambles y que por tanto se vean más heterogéneos en su distribución en el mar. Este hecho tiene importantes consecuencias de cara a la conservación de estas especies, puesto que medidas de conservación que se realicen en las aguas circundantes a uno de los archipiélagos puede tener consecuencias sobre el otro y viceversa.

En cuanto a las condiciones ambientales que producen estos cambios en los ensambles, nuestros resultados apuntan a la importancia de un conjunto de cinco variables (Serratosa et al. 2020). Por un lado, se destaca la importancia de la estacionalidad (caracterizada por el día juliano), esto es principalmente debido a que ciertas especies, que son de gran importancia por su abundancia, solo están presentes durante la época de nidificación (e.g., el Petrel de Juan Fernández, la Fardela negra o la Fardela blanca). Otro factor que mostró su importancia fue la profundidad del océano, la cual está relacionada con gradientes costeros - pelágicos. Algunas aves marinas se caracterizan por vivir en ambientas costeros (menor profundidad) mientras que otras lo hacen en ambientes más pelágicos (mayor profundidad) influenciando la composición de los ensambles. Por último, destacar la importancia de otras tres variables interrelacionadas; la temperatura, la salinidad y la productividad (medido

como clorofila-α) del océano. Estas tres variables tienen un acentuado gradiente a lo largo de toda el área comprendida entre la Corriente de Humboldt y Rapa Nui y su importancia vendría determinada por dos mecanismos distintos. Por un lado, la temperatura y la salinidad tienen una importancia fundamental en la presencia de las presas de las aves marinas (e.g., peces, cefalópodos, zooplancton). Por tanto, la distribución de los ensambles podría estar determinada por la dieta (Ashmole 1971, Abrams 1985). Por otro lado, la productividad de los océanos y la temperatura tienen importancia en las técnicas de alimentación empleadas por las aves. Zonas de alta productividad y aguas frías tienden a favorecer aves que bucean y que tienen baja capacidad de vuelo (e.g., pingüinos); mientras que zonas de baja productividad, de aguas transparentes y aguas cálidas tienden a favorecer aves que se alimentan en superficie y que tienen alta capacidad de vuelo (e.g., fragatas) (Ballance et al. 1997, Cairns et al. 2008). La combinación de estos mecanismos explicaría las diferencias en las especies presentes en uno y otro extremo de nuestra área de estudio.

Genética de poblaciones de aves marinas

Durante las últimas décadas las investigaciones en genética han avanzado de manera significativa debido al desarrollo, perfeccionamiento y masificación de las herramientas de análisis molecular. Gracias a esto, se ha logrado incrementar el conocimiento para las aves marinas en temáticas como: delimitación de especies, relaciones filogenéticas, estructura genética poblacional, capacidad de dispersión (e.g. flujo génico), filogeografía y temas asociados a la genética de la conservación (ver detalles en Taylor & Friesen 2012). Por ejemplo, la información obtenida de estudios genéticos permite comprender la influencia de aspectos históricos, como el efecto de eventos climáticos sobre tamaños poblacionales en la distribución de las poblaciones de aves marinas y explicar los patrones observados en la actualidad

(Cristofari et al. 2018). De igual forma, nos permiten identificar las barreras para el flujo génico, como las zonas de distribución en temporadas no reproductivas y la filopatría (Friesen et al. 2007, Cristofari et al. 2019). Además de barreras físicas, como la extensión de las grandes masas continentales, la prolongación del océano en el caso de las aves costeras, y el istmo de Panamá para especies tropicales (Newton 2003, Steeves et al. 2005).

Dentro de las aves marinas, los albatros, fardelas y petreles, que conforman el orden Procellariiformes, destacan por la gran capacidad de movimiento entre zonas oceánicas, particularmente durante los periodos de reposo reproductivo (Weimerskirch et al. 2014). Sin embargo, muchas de sus especies nidifican en una o en pocas islas (Milot et al. 2008, Gómez-Díaz et al. 2009). Durante los últimos años, han ido surgiendo nuevas investigaciones que muestran cambios en la distribución reproductiva de las aves marinas. Estos cambios han producido que especies que han evolucionado separadas se encuentren en un ambiente común. En latitudes tropicales y subtropicales se concentra un alto número de petreles pertenecientes al género Pterodroma (BirdLife International 2019). Una característica compleja de este grupo es la coloración del plumaje. Algunas presentan patrones de coloración dicromáticos (oscuros en dorso y claros en vientre) que pueden variar ampliamente entre individuos de la misma especie, lo cual se conoce como especies polimórficas. La variación en la coloración del plumaje, sumado a la falta de diferencias entre estructuras óseas, hace compleja la clasificación para algunas especies de este género (Murphy & Pennoyer 1952, Onley & Scofield 2007), principalmente en terreno. Además, durante los últimos años han comenzado a surgir reportes de especies que extienden sus rangos de distribución, recolonizando o colonizando nuevas islas (Hutton & Priddel 2002, Hutton et al. 2007), y en algunos casos el encuentro de estas especies da como resultado la hibridación, como por ejemplo: en la isla Round, en el Océano Índico, en donde se ha reportado la hibridación entre el Petrel de Trinidad (Pterodroma arminjoniana), el Petrel de Kermadec y el Petrel de Herald (Brown et al. 2010, Brown et al. 2011).

Durante enero y junio de 2015, en colaboración con los guardaparques del Parque Nacional Rapa Nui realizamos dos expediciones al islote Motu Nui, ubicado en el vértice suroeste de la isla de Rapa Nui. En nuestras dos visitas registramos todas las aves nidificantes presentes (Tabla 2) y pudimos observar un patrón inusual para otras islas; aves

TABLA 2 Aves marinas nidificantes registradas en Motu Nui durante enero y junio de 2015.

- 1: Presente
- o: Ausente.

ODDEN	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ESTACIÓN		
ORDEN		NOMBRE COMUN	INVIERNO	VERANO	
Suliformes	Sula dactylatra	Piquero blanco	1	1	
Phætontiformes	Phaethon rubricauda	Ave del trópico de cola roja	1	0	
Procellariiformes	Pterodroma neglecta	Petrel de Kermadec	1	1	
	Pterodroma heraldica	Petrel de Herald	1	0	
	Pterodroma atrata	Petrel de Henderson	1	1	
	Pterodroma ultima	Petrel de Murphy	1	0	
	Pterodroma alba	Petrel de Fenix	1	0	
	Pterodroma nigripennis	Petrel de alas negras	0	1	
	Puffinus nativitatis	Fardela de Pascua	0	1	
	Ardenna pacifica	Fardela del Pacífico	0	1	









figura 3

- A) Ejemplo de colonia mixta (izquierda Petrel de Henderson derecha Petrel de Herald)
- B) Nido en superficie del Petrel de Kermadec
- C) Fotografía de un ejemplar de Petrel de Kermadec
- D) Fotografía de un ejemplar de Petrel de Herald. Islote Motu Nui

Enero 2015 готоs: Paula Plaza. marinas nidificando en colonias mixtas y en tipos de nidos similares, construidos en superficie con rocas y vegetación (Fig. 3 A, B). Además, estas aves están emparentadas y presentaban alta similitud morfológica, especialmente entre el Petrel de Kermadec (Pterodroma neglecta) y el Petrel de Herald (Pterodroma heraldica) (Fig. 3 C, D). Esta situación nos hizo plantear dos interrogantes: 1) ¿desde cuándo se encuentran las aves en el islote? y ¿existen barreras que hagan que ambas especies coexistan, y a su vez, se mantengan diferenciadas? Para la primera pregunta y de acuerdo con la literatura, la mayoría de estas aves comenzaron a ser registradas desde la década de los noventa (Marín & Cáceres 2010, Lazo 2011). Algunas han extendido su rango de distribución recientemente como, por ejemplo, el Petrel de alas negras que ha ido colonizando progresivamente desde Nueva Zelanda hacia el este de la Polinesia (Hutton & Priddel 2002, Hutton et al. 2007) y de la cual no se tienen registros arqueológicos en la zona de Rapa Nui. Para el Petrel de Fénix los registros y la distribución se encuentran en latitudes tropicales y subtropicales del Pacífico (Onley & Scofield 2007), y su presencia en Motu Nui corresponde al registro más austral conocido. Por otro lado, el petrel de Henderson fue descrito por primera vez en 1995 y clasificada como endémica de la Isla Henderson (Brooke & Rowe 1996), sin embargo, en Rapa Nui los registros oficiales datan de 2003 (Marín & Cáceres 2010). A partir de los registros de la literatura y de registros arqueológicos en la isla se puede concluir que la mayoría de estas especies han colonizado la zona desde tiempos recientes. Con estos antecedentes, la segunda pregunta toma mayor relevancia. Para comprender cómo las especies coexisten y evaluar el aislamiento reproductivo entre ellas, registramos las especies de petreles nidificantes, hicimos un catálogo con fotos para poder tener con claridad la identificación y en cada nido colectamos muestras para análisis genéticos y de isótopos estables. Hasta ahora los resultados sugieren que algunas especies presentan problemas de clasificación taxonómica y otras especies muestran señales de hibridación (Plaza et al. en revisión). Por lo tanto, nuestras observaciones en Motu Nui ofrecen una oportunidad única para profundizar en la comprensión de los efectos que tiene la modificación de los rangos de distribución reproductiva en los procesos evolutivos de las especies de aves marinas.

Los Procellariiformes no son el único orden con una gran capacidad de dispersión dentro de las aves marinas. Los Phæthontiformes, orden compuesto por el Ave del trópico de cola roja (Phaethon rubricauda), el Ave del trópico de cola blanca (P. lepturus) y el Ave del trópico de pico rojo (P. aethereus), tienen la capacidad de volar grandes distancias lejos de sus colonias de reproducción.

Las aves marinas de Rapa Nui fueron fuertemente diezmadas por el hombre en el pasado, sin embargo, el ave del trópico de cola roja ha vuelto

a nidificar en la isla principal y no solo en los islotes alrededor de la isla. La reducción poblacional de esta especie debido al hombre y su posterior recuperación (recolonización y crecimiento poblacional) ha sido reportada también en otras islas del Océano Pacifico, como en Hawai'i (Hatfield et al. 2012) y en Nueva Zelanda (Gaskin 2011). Un aspecto fundamental por dilucidar es si estas poblaciones se recuperaron debido a la reproducción de las pocas aves que sobrevivieron en las islas o en los islotes aledaños, o si recibieron inmigrantes de islas más alejadas. Esta información es de gran importancia para la conservación de la especie, puesto que si el flujo génico (dispersión) es bajo entre colonias reproductivas, las poblaciones en recuperación tendrían una baja diversidad genética y con ello serian vulnerables a futuros impactos antrópicos o naturales.

Al igual que otras especies de aves marinas, el Ave del trópico de cola roja tiene un alto potencial de dispersión, ya que es una especie altamente móvil capaz de recorrer grandes distancias. Sin embargo, ha sido tradicionalmente considerada como una especie filopátrica, es decir que vuelve al mismo sitio para nidificar (Schreiber & Schreiber, 1993), y se ha sugerido la posible existencia de divergencia genética entre colonias reproductivas (Tarburton 1989, Friesen et al. 2007, Ismar et al. 2011). Pero, hasta ahora no se habían realizado estudios genéticos poblacionales en esta especie que corroborasen esta información.

Utilizando al Ave del trópico de cola roja como modelo de estudio estamos evaluando la posible vulnerabilidad genética de colonias de aves marinas que se han recuperado de impactos antropogénicos luego de la implementación de medidas de conservación. Para esto estamos utilizando dos tipos de marcadores moleculares: 1) secuencias parciales de los genes mitocondriales citocromo

oxidasa I (coi) y de la región control que han permitido evaluar los niveles de diversidad y divergencia genética entre poblaciones a una escala histórica (Varela et al. en revisión), y 2) Polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs) cuyos análisis en curso permitirán determinar estos niveles a una escala ecológica. Para ambos tipos de marcadores hemos utilizado muestras del Ave del trópico de cola roja de todo el rango de distribución de la especie en el Océano Pacifico. Se incluyeron colonias de islas «no impactadas» es decir, que no han sido habitadas por el hombre y que están libres de depredadores introducidos (Isla Salas y Gómez, en Chile, y North Meyer Islet, Kermadec, en Nueva Zelanda), e islas «impactadas», es decir, islas habitadas y con presencia de depredadores introducidos (Rapa Nui, en Chile, y las islas de O'ahu y Kaua'i en Hawai'i) y una isla que nunca ha sido habitada, pero ha tenido un fuerte impacto por depredadores introducidos (Phillip, en Australia). Los resultados de este estudio permitirán inferir la posible vulnerabilidad/resiliencia genética de poblaciones del Ave del trópico de cola roja del Océano Pacifico frente a posibles impactos antrópicos o naturales.

Especies exóticas invasoras

La introducción de especies exóticas invasoras en islas ha sido identificada como la amenaza principal para las aves marinas a nivel mundial (Dias et al. 2019). Esto se debe a que en la mayoría de las islas oceánicas las aves marinas han evolucionado en ausencia de depredadores terrestres, y no desarrollaron defensas contra ellos (Krajick 2005). Un gran número de especies de aves marinas construyen sus nidos a nivel del suelo o en cuevas, lo que las hace altamente vulnerables frente a depredadores terrestres (Coulson 2002). Entre las especies exóticas invasoras comunes que amenazan a las aves marinas están las ratas (género: Rattus), gatos y perros, además de otros mamíferos (Krajick 2005). En Chile hay reportes



FIGURA 4

- A) Cámara trampa monitoreando un huevo señuelo en un nido desocupado de Ave del trópico de cola roja en el volcán Rano Raraku, Rapa Nui.
- B) Rata noruega
- C) Rata polinésica
- D) Tiuque atacando un huevo señuelo.

Noviembre 2016. Fotos: Nicolás Luna. de especies exóticas invasoras en al menos tres islas oceánicas que depredan y ponen en riesgo las poblaciones de aves marinas. Por ejemplo, en las islas del Archipiélago de Juan Fernández, se reportan roedores del género Rattus, gatos asilvestrados (Felis catus), coatíes (Nasua nasua), entre otros mamíferos (Hahn & Römer 2002). En Rapa Nui, han sido reportados roedores, gatos, perros e incluso otras aves (Flores et al. 2017, Varela et al. 2018).

Entre los años 2016 y 2017 hemos estudiado la presencia de especies invasoras en Rapa Nui, en el marco de un proyecto de postdoctorado y tesis de magíster, específicamente en la colonia de nidificación del Ave del trópico de cola roja. Ésta se ubica en la cantera de moáis del volcán Rano Raraku, uno de los sitios turísticos más visitados de la isla. En la entrada del recinto, a escasos 300 m de la colonia, se puede observar constante presencia de perros y gatos, que son alimentados por visitantes y residentes, ratas (género Rattus),

que se alimentan de los desperdicios humanos, la hormiga argentina (Linepithema humile), y además el Tiuque (Milvago chimango), un ave rapaz introducida a inicios de 1900 y con una creciente población que actualmente se puede observar por casi toda la isla (Flores et al. 2017, Varela et al. 2018, Luna et al. 2018). Para analizar el efecto de estas especies invasoras sobre la reproducción del ave del trópico de cola roja, utilizamos cámaras trampa para monitorear 15 nidos desocupados, que recientemente habían sido ocupados, utilizando huevos de gallina como señuelo (Fig. 4 A). Registramos ataques sobre los huevos señuelo por parte de dos especies de rata, la Rata noruega o guarén (Rattus norvegicus) y Rata polinésica (R. exulans), además de Tiuque (Fig. 4 B, C y D). Solamente un ejemplar de Rata noruega fue capaz de romper un huevo señuelo, por lo que estas especies no presentaron un peligro para los huevos desatendidos en este experimento (Luna et al. 2018). Sin embargo, la presencia de estas especies exóticas en los nidos genera gran preocupación en la época donde existen pichones. Durante el tiempo que se realizó este experimento no registramos perros ni gatos en los nidos, sin embargo, la situación podría ser distinta en una colonia activa, puesto que las aves que sobrevuelan la colonia pueden actuar como atracción para estos depredadores hacia los nidos. Durante el periodo de estudio, registramos dos eventos de mortalidad en la colonia. El primero ocurrido en septiembre de 2016, donde por causas desconocidas 13 nidos activos con adultos no finalizaron su nidificación. En un segundo evento de mortalidad, en septiembre de 2017, se encontraron 10 adultos muertos en sus nidos. Aunque no se pudo determinar la causa de muerte, el estado en que se encontraron las aves sugería violentas sacudidas por un animal de tamaño y fuerzas probablemente superiores a la de un roedor o ave rapaz (e.g., perro). Si se considera que la colonia tiene alrededor de 50 nidos (Flores et al. 2017), la

muerte de 10 adultos representa un alto porcentaje de la población local, lo que genera gran preocupación por el estado de conservación de esta especie en Rapa Nui. Hoy en día el Ave del trópico de cola roja es la única ave nativa que nidifica en la isla principal de Rapa Nui en el volcán Rano Raraku y en los acantilados. La especie congénere, el Ave del trópico de cola blanca también nidifica en los acantilados, pero en menor número (Pedro Lazo, comunicación personal), mientras que se reportan otras 10 especies nidificando en Motu Nui frente a la isla (Tabla 2), en donde la amenaza de especies exóticas invasoras es mucho menor, ya que solo el Tiuque y la hormiga Argentina están presentes. A nivel mundial, se han llevado a cabo numerosos esfuerzos para erradicar las especies exóticas invasoras con resultados favorables para las aves marinas (Krajick 2005), por lo tanto, es posible pensar que mediante el manejo o erradicación de éstas, se podría favorecer que especies de aves marinas nativas vuelvan a nidificar a Rapa Nui.

Contaminación marina por plásticos

La contaminación por plásticos en el ecosistema marino es una amenaza creciente durante las últimas décadas, generando impactos a distintos niveles y grupos de organismos marinos (Ryan 2016, Galloway et al. 2017). Las aves marinas, al pasar su mayor tiempo de vida en el mar, son susceptibles a la interacción con la basura plástica presente en los océanos. Esta interacción se refleja en la ingestión de micro y macro plásticos, y el enredo en basura plástica, principalmente redes de pesca flotando a la deriva. Estos problemas han sido reportados desde la década de 1970 en otros océanos del planeta (Kenyon & Kridler 1969, Ryan 1987, Laist 1997, Derraik 2002), y recientemente se ha publicado una revisión del impacto de la contaminación por plásticos en el Océano Pacifico sureste (ver Thiel et al. 2018).

Nuestros muestreos en el Océano Pacífico sureste, comprendido entre Chile continental y las islas oceánicas chilenas, reflejan que la densidad de micro y macro plásticos flotantes en el mar varía a medida que nos alejamos del continente y nos acercamos a las islas oceánicas, un patrón similar a lo reportado para otros océanos (Law 2017). Se ha observado mayor densidad de basura plástica marina en aguas costeras continentales, provenientes principalmente de fuentes terrestres, playas o acuicultura (Thiel et al. 2018); pero a medida que nos alejamos de la costa y acercamos a las islas oceánicas esto cambia. En los sistemas de islas oceánicas más cercanas al continente (i.e., el Archipiélago de Juan Fernández y las Islas Desventuradas), la densidad baja considerablemente. Sin embargo, a medida que nos acercamos a las aguas cercanas a Rapa Nui y Salas y Gómez, en el giro del Pacífico Sur, la densidad de basura plástica aumenta drásticamente (Miranda-Urbina et al. 2015, Thiel et al. 2018). Este plástico flotante en el océano es un peligro para las aves marinas, dando como resultado la ingesta de plásticos, el enredo principalmente en aparejos de pesca y el uso de plásticos para la construcción de los nidos (Thiel et al. 2018). La incidencia de ingesta de plásticos en especies asociadas a la Corriente de Humboldt es mucho menor que las especies asociadas a sistemas oceánicos, probablemente debido a las altas concentraciones de plásticos en el giro del Pacífico Sur. Al menos 12 especies de aves marinas se reproducen en isla Salas y Gómez (Tabla 1; Flores et al. 2014), y en nuestras investigaciones se ha reportado la presencia de plástico en los estómagos de 5 de ellas. Dos de estas especies, la Golondrina de mar polinésica y la Fardela de Pascua, presentan elevadas cantidades de fragmentos de microplásticos en sus estómagos (Fig. 5 A, B).









FIGURA 5 Plásticos encontrados en estómagos y nidos de aves marinas nidificantes en Salas y Gómez.

- A) Golondrina de mar polinésica
- B) Fardela de Pascua
- C) Nido de Golondrina de mar polinésica
- D) Nido de un Ave fragata grande.

Septiembre 2015 Fotos: Matías Portflitt-Toro. Debido a la acción de las corrientes oceánicas las grandes cantidades de plásticos reportadas en el giro del Pacífico Sur están invadiendo las islas de Rapa Nui y Salas y Gómez. En el año 2015 la Armada de Chile, en conjunto con investigadores de ESMOI, recolectaron y retiraron 1.351 kilos de basura marina de una pequeña playa (de ~200m de largo) en la isla Salas y Gómez. Del total de la basura retirada, el 58% eran objetos plásticos, como fragmentos, boyas, botellas, cuerdas y redes de pesca (Luna-Jorquera et al. 2019). Esta gran cantidad de basura presente en isla Salas y Gómez ha generado cambios en las conductas de las aves, principalmente en la construcción de sus nidos.

Utilizando 63 fotografías de nidos correspondientes a siete especies de aves nidificantes en sg, estudiamos la presencia y composición de basura en los nidos. Las especies estudiadas fueron el Ave fragata grande, la Golondrina de mar polinésica, el Ave del trópico de cola roja, el Gaviotín de San Ambrosio, el Petrel de Murphy, la Fardela de Pascua, y el Piquero blanco. Tres de las siete especies estudia-

das usaban objetos plásticos para la construcción de sus nidos, y del total de fotografías de nidos analizadas el 71% tenía plásticos (Luna-Jorquera et al. 2019). Los objetos más abundante fueron las cuerdas y fragmentos de plásticos, principalmente en los nidos del Ave fragata grande (Fig. 5 C, D).

Conclusiones

Las islas son uno de los ecosistemas más amenazados y frágiles a nivel mundial, cualquier desaparición y pérdida de biodiversidad por causas antrópicas ocurre más rápido en islas que en cualquier otra parte del planeta (Tershy *et al.* 2015). Por lo tanto, su conservación debiese ser una prioridad para cualquier país.

Las islas oceánicas chilenas tienen poblaciones de aves marinas de importancia para la conservación a nivel mundial, sin embargo, y al igual como ocurre en otras islas del planeta, están bajo presiones y amenazas causadas por el ser humano. Nuestras investigaciones han tratado de dilucidar vacíos de información sobre la ecología de aves marinas de las islas oceánicas. Por un lado, nuestras observaciones en el mar han mostrado una clara estructura espacial de los ensambles de aves marinas, que se corresponden a las principales características oceanográficas del área de estudio. La relación que tienen las aves con el océano y sus procesos son claves para entender cómo estas pueden responder a los cambios que estamos teniendo actualmente y poder generar medidas de conservación efectivas. Los estudios en genética de poblaciones han mostrado que, en especies como el Ave del trópico de cola roja, la diversidad genética en las distintas islas (impactadas y no) fue similar, lo que podría deberse a un cierto nivel de dispersión entre islas relativamente cercanas. Sin embargo, existe diferenciación genética significativa entre las tres regiones estudiadas lo que podría deberse a la presencia de vastas extensiones de océano poco productivo que

junto con la distancia geográfica podrían promover la falta de conectividad entre islas alejadas (más de 6.000 km). Por lo tanto, resulta fundamental proteger a las aves marinas de la ecorregión de Rapa Nui ya que sus poblaciones podrían no recuperarse de impactos naturales o antropogénicos de escala regional debido a la falta de conectividad con otras ecorregiones. Además, interesantes procesos de homogenización genética podrían estar ocurriendo entre las distintas especies de petreles que nidifican en los Motus, producto de encuentros recientes o contactos secundarios. Esto es de gran importancia para la conservación, ya que permite evaluar desde otra arista los impactos (naturales o antropogénicos) que ocasiona el cambio en los rangos de distribución de las especies oceánicas y también sugiere la necesidad de un monitoreo constante en la zona para evaluar a largo plazo los efectos mencionados.

Las especies invasoras y la contaminación por plásticos amenazan a las aves marinas de todo el planeta. En Rapa Nui pudimos identificar las distintas especies exóticas invasoras que amenazan principalmente al Ave del trópico de cola roja y restringen la recolonización de especies que alguna vez estuvieron presentes o colonización de nuevas especies. Este tipo de información es de gran utilidad ya que permite crear conciencia en la comunidad y facilitar la elaboración de planes de manejo y erradicación en las islas con especies invasoras. Finalmente, hemos podido identificar patrones de plásticos flotantes en esta zona del Pacífico, con una gran concentración de basura procedente de fuentes terrestres en aguas costeras continentales, una menor concentración en aguas costeras del Archipiélago Juan Fernández y las Islas Desventuradas, y nuevamente un aumento en aguas del giro del Pacífico Sur. Además, la presencia de plásticos en los estómagos y nidos de aves marinas muestran cómo estos desechos afectan directamente a las poblaciones de aves marinas que nidifican en Salas y Gómez.

Dado que la investigación en zonas oceánicas es costosa y logísticamente compleja, los resultados presentados son de gran relevancia para la conservación de las especies y administración de las Áreas Marinas Protegidas, ya que permiten comprender la dinámica natural de las especies y sus poblaciones, cuantificar los efectos de las presiones antrópicas y direccionar las acciones de conservación. Adicionalmente, este tipo de investigaciones y sus resultados son necesarios para alcanzar objetivos estratégicos en el ámbito de la conservación de la biodiversidad marina y de islas oceánicas, propuestos por el Estado de Chile en la estrategia nacional de biodiversidad. A pesar de este gran esfuerzo, aún queda mucho por investigar, tanto en genética de poblaciones, la distribución en el mar, y las amenazas que actualmente enfrentan las poblaciones de aves marinas para garantizar la conservación de este patrimonio natural que alberga nuestro país.

Agradecimientos

Agradecemos a CONAF – Parque Nacional Rapa Nui, a la Comunidad indígena Ma'u Henua por el apoyo en terreno en Rapa Nui, y a la Armada de Chile, por su ayuda y apoyo logístico durante la recopilación de datos a bordo de sus buques y en el trabajo en Salas y Gómez. A Diego Miranda-Urbina y Diego Valverde por el apoyo en la recolección de datos. Las investigaciones presentadas en este artículo fueron financiadas por el Núcleo Milenio de Ecología y Manejo Sustentable de Islas Oceánicas - ESMOI de la Iniciativa Científica Milenio y el proyecto Nº3160324 (CONICYT-FONDECYT) adjudicado a Andrea I. Varela. Nicolás Luna agradece la Beca conicyt Magister Nacional Nº 22161894, Paula Plaza a la Beca conicyt Doctorado Nacional Nº 21110914 y Juan Serratosa a la Beca conicyt Doctorado Nacional Nº 21150640. A los revisores por sus comentarios y sugerencias al escrito.

La Chiricoca №25 | JUNIO DE 2020 24

Literatura citada

- **Abrams R.W. 1985.** Environmental determinants of pelagic seabird distribution in the African sector of the Southern Ocean. Journal of Biogeography 12:473-492
- Aguirre J.E., F. Johow, H. Seeger, J.C. Johow, & M. Rubio. 2009. Nuevos Registros de aves nidificantes en las islas Desventuradas, Chile Insular. Boletín Chileno de Ornitología 15: 44-55.
- **Ainley D.G. & R.J. Boekelheide. 1983.** An ecological comparison of oceanic seabird communities of the South Pacific Ocean. Studies in Avian Biology 8:2-23
- **Ainley D.G., C.A. Ribic & E.J. Woehler. 2012.** Adding the ocean to the study of seabirds: a brief history of at-sea seabird research. Marine Ecology Progress Series 451:231-243
- **Ashmole N.P. 1971.** Sea bird ecology and the marine environment. In: Farner D.S., J.R. King & K.C. Parkes (eds) Avian Biology: 223-286. Vol 1. Academic Press, New York.
- **Ballance L.T. 2008.** Understanding Seabirds at sea: why and how? Marine Ornithology 35:127-135
- **Ballance L.T., R.L. Pitman & S.B. Reilly. 1997** Seabird community structure along a productivity gradient: importance of competition and energetic constraint. Ecology 78:1502-1518
- **BirdLife International. 2019. IUCN** Red List for birds. Downloaded from http://www.birdlife.org Accedido el 19 de Agosto de 2019.
- **Brooke M. de L. & G. Rowe. 1996.** Behavioural and molecular evidence for specific status of light and dark morphs of the Herald Petrel *Pterodroma heraldica*. Ibis 138: 420-432.
- **Brooke M. de L. 1987.** Population estimates and breeding biology of the petrels *Pterodroma externa* and *P. longirostris* on Isla Alejandro Selkirk, Juan Fernández Archipelago. Condor 89: 581-586.
- Brown R.M., R.A. Nichols, C.G. Faulkes, C.G. Jones, L. Bugoni, V. Tatayah, D. Gotelli & W.C. Jordan. 2010. Range expansion and hybridization in Round Island petrels (*Pterodroma* spp.): evidence from microsatellite genotypes. Molecular Ecology 19: 3157-3170.

- Brown R.M., W.C. Jordan, C.G. Faulkes, C.G. Jones, L. Bugoni, V. Tatayah, R.L. Palma & R.A. Nichols. 2011. Phylogenetic relationships in *Pterodroma* petrels are obscured by recent secondary contact and hybridization. PloS One 6: e20350.
- **Cairns D.K., A.J. Gaston & F. Huettmann. 2008.** Endothermy, ectothermy and the global structure of marine vertebrate communities. Marine Ecology Progress Series 356:239-250
- **Coulson J.C. 2002.** Colonial breeding in seabirds. En: Schreiber E.A. & J. Burger (eds) Biology of Marine Birds: 87-113. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Cristofari R., X. Liu, F. Bonadonna, Y. Cherel, P. Pistorius, Y. Le Maho, V. Raybaud, N.C. Stenseth, C. Le Bohec & E. Trucchi. 2018. Climate-driven range shifts of the king penguin in a fragmented ecosystem. Nature Climate Change 8: 245-251.
- Cristofari R., P. Plaza, C.E. Fernández, E. Trucchi, N. Gouin, C. Le Bohec, C. Zavalaga, J. Alfaro-Shigueto & G. Luna-Jorquera. 2019. Unexpected population fragmentation in an endangered seabird: the case of the Peruvian diving-petrel. Scientific Reports 9: 2021.
- Croxall J.P., S.H.M. Butchart, B. Lascelles, A.J. Stattersfield, B. Sullivan, A. Symes & P. Taylor. 2012. Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. Bird Conservation International 22: 1-34.
- **Derraik J.G. 2002.** The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin 44: 842-852.
- Dias M.P., R. Martin, E.J. Pearmain, I.J. Burfield, C. Small,
 R.A. Phillips, O. Yates, B. Lascelles, P. Garcia-Borboroglu
 & J.P. Croxall. 2019. Threats to seabirds: A global assessment.
 Biological Conservation 237: 525-537.
- Flores M.A., R.P. Schlatter & R. Hucke-Gaete. 2014. Seabirds of Easter Island, Salas y Gómez Island and Desventuradas Islands, southeastern Pacific Ocean. Latin American Journal of Aquatic Research 42: 752-759.
- Flores M., P. Lazo, G. Campbell & A. Simeone. 2017. Breeding status of the Red-tailed tropicbird (*Phaethon rubricauda*) and threats to its conservation on Easter Island (Rapa Nui). Pacific Science 71: 149-160.

La Chiricoca $N^{\varrho}25 + JUNIO DE 2020$ **25**

- Friesen V.L., T.M. Burg & K.D. McCoy. 2007. Mechanisms of population differentiation in seabirds. Molecular Ecology 16: 1765-1785.
- **Galloway T.S., M. Cole & C. Lewis. 2017.** Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. Nature Ecology and Evolution 1:0116.
- **Gaskin C.P. 2011.** Seabirds of the Kermadec region: their natural history and conservation. Science for Conservation 316. Department of Conservation, Wellington. 71p.
- **Gómez-Díaz E., J. González-Solís & M.A. Peinado. 2009.** Population structure in a highly pelagic seabird, the Cory's shearwater *Calonectris diomedea*: an examination of genetics, morphology and ecology. Marine Ecology Progress Series 382: 197-209.
- **Hahn I., & U. Römer. 2002.** Threatened avifauna of the Juan Fernández Archipelago, Chile: the impact of introduced mammals and conservation priorities. Cotinga 17: 56-62.
- Hahn I., U. Römer, P. Vergara & H. Walter. 2009. Diversity, biogeography and, conservation of the birds of the Juan Fernández Islands, Chile. Vertebrate Zoology 59: 103-114.
- Hatfield J.S., M.H. Reynolds, N.E. Seavy & C.M Krause. 2012.

 Population dynamics of Hawaiian seabird colonies vulnerable to sea-level rise. Conservation Biology 26: 667-678.
- Hutton I. & D. Priddel. 2002. Breeding biology of the blackwinged petrel, *Pterodroma nigripennis*, on Lord Howe Island. Emu 102: 361-365.
- **Hutton I., J.P. Parkes & A.R.E. Sinclair. 2007.** Reassembling island ecosystems: the case of Lord Howe Island. Animal Conservation 10: 22-29.
- Ismar S.M.H., N.L. Chong, B. Igic, K. Baird, L. Ortiz-Catedral, A.E. Fidler & M.E. Hauber. 2011. Visual sensitivity, coloration and morphology of Red-tailed tropicbirds *Phaethon rubricauda* breeding on the Kermadec Islands. New Zealand Journal of Zoology 38: 29-42.
- **Kenyon K.W. & E. Kridler. 1969.** Laysan albatrosses swallow indigestible matter. The Auk 86: 339-343.
- **Krajick K. 2005.** Winning the war against island invaders. Science 310: 1410-1413.

- Laist D.W. 1997. Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. En: Coe J.M. & D.B. Rogers (eds) Marine Debris: 9-39 Springer Series on Environmental Management, New York, NY: Springer.
- **Law K.L. 2017.** Plastics in the marine environment. Annual Review of Marine Science 9: 205-229.
- Lazo P. 2011. Informe final: censo y monitoreo de avifauna en el Parque Nacional Rapa Nui 2011. Informe Técnico de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Rapa Nui, 41pp.
- Luna N., A.I. Varela, K. Brokordt & G. Luna–Jorquera. 2018.

 Assessing potential predation risk by introduced predators on unattended eggs in the Red-tailed tropicbird, *Phaethon rubricauda*, on Rapa Nui (Easter Island). Tropical Conservation Science 11: 1-8.
- Luna–Jorquera G., M. Thiel, M. Portflitt–Toro & B. Dewitte.

 2019. Marine protected areas invaded by floating anthropogenic litter: An example from the South Pacific. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 29: 245-259.
- Marín M. & P. Cáceres. 2010. Sobre las aves de Isla de Pascua.

 Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile 59: 75-95.
- **Milot E., H. Weimerskirch & L. Bernatchez. 2008.** The seabird paradox: dispersal, genetic structure and population dynamics in a highly mobile, but philopatric albatross species. Molecular Ecology 17: 1658-1673.
- Miranda-Urbina D., M. Thiel & G. Luna-Jorquera. 2015. Litter and seabirds found across a longitudinal gradient in the South Pacific Ocean. Marine Pollution Bulletin 96: 235-244.
- **Murphy R.C. & J.P. Pennoyer. 1952.** Larger petrels of the genus Pterodroma. American Museum Novitates No. 1580.
- **Newton I. 2003.** Speciation and biogeography of birds. Academic Press.
- Onley D. & P. Scofield. 2007. Albatrosses, Petrels and Shearwaters of the World. Princeton Helm Field Guides.
- Ribic C.A., D.G. Ainley, R.G. Ford, W.R. Fraser, C.T. Tynan & E.J. Woehler. 2011. Water masses, ocean fronts, and the structure of Antarctic seabird communities: Putting the eastern Bellingshausen Sea in perspective. Deep-Sea Research Part 11: Topical Studies in Oceanography 58:1695-1709

- **Ryan P.G. 1987.** The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. Marine Environmental Research 23: 175-206.
- Ryan P.G. 2016. Ingestion of Plastics by Marine Organisms. En: Takada H. & H.K. Karapanagioti (eds) Hazardous Chemicals Associated with Plastics in the Marine Environment: 1-32 Handbook of Environmental Chemistry, Berlin: Springer.
- Schlatter R.P. 1987. Conocimiento y situación de la ornitofauna en las islas oceánicas chilenas. En: Castilla Jc (ed) Islas oceánicas chilenas: conocimiento científico y necesidades de investigaciones: 271-285. Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Schreiber E.A. & R.W. Schreiber. 1993. Red-tailed tropicbird. En: Poole A. & F. Gills (eds) The Birds of North America. No. 43. Philadelphia, PA: The Birds of North America, Inc.
- Schreiber E. & J. Burger. 2002. Biology of Marine Birds. CRC Press LLC, Boca Ratón, FL
- Serratosa J., K.D. Hyrenbach, D. Miranda-Urbina, M. Portflitt-Toro, N. Luna & G. Luna Jorquera. 2020. Environmental drivers of seabird at-Sea distribution in the Eastern South Pacific Ocean: Assemblage composition across a longitudinal productivity gradient. Frontiers in Marine Science. 6:838. doi: 10.3389/fmars.2019.00838
- Shirihai H., H. Díaz, J. Huichalaf & V. Bretagnolle. 2015. Endemic breeding birds of Juan Fernández archipelago, Chile. Dutch Birding 37: 1-20.
- **Steeves T.E., D.J. Anderson & V.L. Friesen. 2005.** A role for non-physical barriers to gene flow in the diversification of a highly vagile seabird, the masked booby (*Sula dactylatra*). Molecular Ecology 14: 3877-3887.
- **Tarburton M.K. 1989.** Subspeciation in the Red-tailed tropicbird. Notornis 36: 39-49.
- **Taylor S.A. & V.L. Friesen. 2012.** Use of molecular genetics for understanding seabird evolution, ecology and conservation. Marine Ecology Progress Series 451: 285-304.

Tershy B.R., K.W. Shen, K.M. Newton, N.D. Holmes & D.A. Croll. 2015. The importance of islands for the protection of biological and linguistic diversity. Bioscience 65: 592-597.

Thiel M., G. Luna-Jorquera, R. Álvarez-Varas, C. Gallardo,

- I.A. Hinojosa, N. Luna, D. Miranda-Urbina, N. Morales, N. Ory, A.S. Pacheco, M. Portflitt-Toro & C. Zavalaga. 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.
- **Tremblay Y., S. Bertrand, R.W. Henry, M.A. Kappes, D.P. Costa & S.A. Shaffer. 2009.** Analytical approaches to investigating seabird-environment interactions: a review. Marine Ecology Progress Series 391:153-163
- Varela A.I., N. Luna & G. Luna-Jorquera. 2018. Assessing potential Argentine ant recruitment to pipping eggs in the Red-tailed tropicbird on Rapa Nui (Easter Island). Emu-Austral Ornithology 118: 381-385.
- Vilina Y & F. Gazitúa. 1999. The birds of Salas y Gómez Island, Chile. Waterbirds 22: 459-462.
- Weimerskirch H., Y. Cherel, K. Delord, A. Jaeger, S.C. Patrick & L. Riotte-Lambert. 2014. Lifetime foraging patterns of the wandering albatross: life on the move! Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 450: 68-78.

La Chiricoca $N^{\varrho}25 + JUNIO DE 2020$ 27