

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
**ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Notas sobre la historia natural y estado de conservación de**  
***Leptonychotes weddellii* (Carnivora: Phocidae) en los alrededores**  
**de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida**

Tesis previa a la obtención del título de  
Magister en Biología de la Conservación

DIEGO G. TIRIRA

Quito, 2015

Certifico que la tesis de Maestría en Biología de la Conservación del candidato Diego Germán Tirira Saá ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Firma del director de tesis:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Santiago EA". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the beginning.

Santiago Espinosa, PhD

Quito, 27 de noviembre de 2015

*A mi esposa Liset y a mi hijo Matías*

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Antártico Ecuatoriano, por el financiamiento y apoyo logístico para el desarrollo de esta investigación; en especial a sus directores ejecutivos, comandantes José Olmedo (entre 2010 y 2014) y Mario Proaño (2014 en adelante); y al personal administrativo y técnico, Joel Cañarte y Mónica Riofrío, respectivamente.

A Paola Moscoso y Santiago F. Burneo, por su participación y toma de datos durante las fases de campo de 2011 y 2013, respectivamente. Santiago también fue de ayuda en la elaboración de mapas y en el aporte de ideas y sugerencias al proyecto y a la versión final de este documento.

Al personal administrativo y logístico de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, por su apoyo y trabajo para que mi estadía y la de los otros colegas investigadores sea placentera y fructífera.

A la Fundación Mamíferos y Conservación, por el auspicio y apoyo para el desarrollo del proyecto.

A Santiago Espinosa, por sus comentarios, sugerencias y tiempo dedicado a la dirección de esta tesis.

A los colegas participantes en las expediciones ecuatorianas a la Antártida entre 2010 y 2014, por su ayuda y compañerismo.

A Daniela Cajiao, David Galarza, Greg Lasley, Hernán Moreano, Nadia Ordóñez, Rossana Proaño, Günter Reck, Carlos Rodríguez y Carlos Vázquez; así como al archivo fotográfico del INAE y al personal militar de la base chilena Arturo Prat, por compartir fotografías de la foca de Weddell tomadas durante sus respectivas estadias en la Antártida y que se emplearon en el análisis de foto-identificación.

A Julio Sánchez O., por su ayuda en el diseño experimental y análisis estadístico que se presenta en esta investigación. A Tjitte de Vries, por sus comentarios y sugerencias.

A Hugo Navarrete Z., decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por el apoyo brindado para mi participación dentro del programa de Maestría en Biología de la Conservación.

A Arturo Mora, Gabriela Pacheco, Víctor Romero y Patricia Rosero, por su apoyo en alguna instancia durante el desarrollo de este proyecto.

Al Arctic and Antarctic Research Institute, de Rusia, por la información climática proporcionada de la Estación Científica Bellingshausen.

A mi familia, en especial a mi esposa Liset y mi hijo Matías, por su apoyo durante el desarrollo del proyecto y por su paciencia y espera ante mi ausencia durante las fases de campo.

## TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	5
3.1. Antecedentes	5
3.2. La foca de Weddell	8
3.3. Conservación	11
3.4. Objetivos	17
4. MÉTODOS	18
4.1. Área de estudio	18
4.2. Sitios de estudio	20
4.3. Períodos de estudio	20
4.4. Recolección de datos	21

4.5. Análisis de foto-identificación	22
4.6. Análisis de datos	23
5. RESULTADOS	34
5.1. Número de individuos	34
5.2. Uso del sustrato	36
5.3. Fidelidad de sitio	39
5.4. Estado de conservación	42
6. DISCUSIÓN	50
6.1. Comentarios sobre la metodología empleada	50
6.2. Número de individuos	54
6.3. Uso del sustrato	64
6.4. Fidelidad de sitio	67
6.5. Estado de conservación	71
7. CONCLUSIONES	79
8. LITERATURA CITADA	81
9. FIGURAS	100
10. TABLAS	114
11. ANEXOS	123

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Archipiélago de las islas Shetland Sur. Se muestran las islas mayores (parte de Livingston, Greenwich, Robert, Nelson y Rey Jorge), y menores (Dee, Barrientos y Torre, en el recuadro), además de la ubicación de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado 100
- Figura 2.** Temperatura promedio mensual del aire registrada en la Estación Científica Bellingshausen (Rusia), isla Rey Jorge, Antártida (período 1968–2014) 101
- Figura 3.** Área de estudio y ubicación de los transectos y sitios de estudio 102
- Figura 4.** Ángulos utilizados para el análisis de foto-identificación 103
- Figura 5.** Tipos de sustratos identificados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 104
- Figura 6.** Variación anual en el número promedio de individuos de la foca de Weddell registrados por kilómetro según los transectos y años de estudio (período 2010–2014) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 105
- Figura 7.** Registros de la foca de Weddell (totales y promedios por kilómetro) en seis transectos estudiados durante el período 2010–2014 en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 106
- Figura 8.** Distribución porcentual de los distintos sustratos utilizados por la foca de Weddell (período 2010–2014, época de verano) en siete transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Maldonado, Antártida 107

- Figura 9.** Distribución porcentual de los distintos niveles de dureza de los sustratos utilizados por la foca de Weddell (período 2010–2014, época de verano), según los transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 108
- Figura 10.** Distribución porcentual de los distintos sustratos utilizados por la foca de Weddell (período 2002–2014, época de verano), según los años de estudio, en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 109
- Figura 11.** Distribución porcentual de los distintos niveles de dureza de los sustratos utilizados por la foca de Weddell (período 2002–2014, época de verano), según los años de estudio, en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 110
- Figura 12.** Número de registros según las categorías de fidelidad individual reportadas para la foca de Weddell (período 2002–2014) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 111
- Figura 13.** Certeza de la ocurrencia de los impactos reales y potenciales en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 112
- Figura 14.** Representación porcentual de la importancia relativa de los impactos reales y potenciales para la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 113

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Nombre, extensiones aproximadas y coordenadas de referencia de los transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	114
<b>Tabla 2.</b> Períodos de estudio de pinnípedos entre 2010 y 2014 en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	116
<b>Tabla 3.</b> Personas que aportaron con fotografías de la foca de Weddell registradas en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	117
<b>Tabla 4.</b> Resumen de las opciones consideradas para el análisis de fidelidad de sitio de la foca de Weddell	118
<b>Tabla 5.</b> Número total de individuos y promedios registrados para la foca de Weddell (período 2010–2014) en siete transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	119
<b>Tabla 6.</b> Número de individuos por kilómetro registrados para la foca de Weddell (período 2010–2014) en siete transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	120
<b>Tabla 7.</b> Número de registros totales y foto-identificables y número de recapturas de la foca de Weddell (período 2002–2014) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	121
<b>Tabla 8.</b> Número de recapturas registradas (período 2002–2014) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	122

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1.** Localidades mencionadas en el texto que tienen diferentes nombres dentro del área de las islas Shetland del Sur, Antártida 123
- Anexo 2.** Amenazas propuestas para pinnípedos por el Plan de acción de la UICN y adaptadas para el análisis del estado de conservación de la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 124
- Anexo 3.** Detalle del número total de individuos registrados por recorrido y por año de estudio y promedios para la foca de Weddell (período 2010–2014) en siete transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 126
- Anexo 4.** Uso del sustrato por la foca de Weddell según los transectos de estudio (período 2010–2014, solo datos de verano) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 129
- Anexo 5.** Dureza y aspereza del sustrato utilizado por la foca de Weddell según los transectos de estudio (período 2010–2014, solo datos de verano) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 132
- Anexo 6.** Uso del sustrato por la foca de Weddell según los años de registro (período 2010–2014, solo datos de verano) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida 134

<b>Anexo 7.</b> Dureza y aspereza del sustrato utilizado por la foca de Weddell según los años de registro (período 2010–2014, solo datos de verano) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	137
<b>Anexo 8.</b> Recapturas para la foca de Weddell (período 2002–2014) y evaluación de fidelidad de sitio en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	139
<b>Anexo 9.1.</b> Evaluación de amenazas para la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida. Matriz 1 (magnitud de los impactos) y matriz 2 (importancia de los impactos para la especie)	144
<b>Anexo 9.2.</b> Evaluación de amenazas para la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida. Matriz 3 (certeza de la ocurrencia del impacto) y puntuación final acumulada	147
<b>Anexo 10.</b> Resumen de las amenazas evaluadas para la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida	150
<b>Anexo 11.</b> Conteos de focas de Weddell efectuados dentro de las islas Shetland del Sur y la parte occidental de la península Antártica	153

## 1. RESUMEN

Entre 2010 y 2014 (época de verano) se estudió la población de la foca de Weddell en siete transectos en los alrededores de la Estación Científica Ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado, Antártida. El principal método de estudio fue la observación directa mediante transectos de ancho fijo, para un total de 137 días de campo y 461.8 kilómetros recorridos. Los objetivos del estudio fueron obtener información sobre el número de individuos presentes, el uso de sustrato y la fidelidad de sitio de la foca de Weddell. También se analizó sobre su estado de conservación en el área de estudio.

Durante los cinco años de la investigación se registraron 200 individuos, como promedio 40 focas por año y 0.59 focas por kilómetro.

El uso de sustrato presentó un 46 % de individuos observados sobre nieve/hielo y un 40 % sobre arena. El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas entre los distintos sustratos analizados, lo cual demostraría que la selección de sustrato de reposo por la foca de Weddell no sería al azar.

El análisis de fidelidad de sitio, basado en un estudio de foto-identificación, determinó que la especie presenta baja fidelidad de sitio: apenas el 10.3 % de los individuos registrados evidenciaron fidelidad de muy alta a moderada; no existieron diferencias estadísticas entre machos y hembras.

El análisis sobre el estado de conservación de la foca de Weddell en los alrededores de la estación Maldonado indica que las amenazas reales identificadas representan para la especie un impacto de insignificante a leve; mientras que la mayoría de amenazas potenciales se considera que tendrán un impacto moderado, con excepción de los fenómenos de El Niño y el cambio climático, que se consideran impactos graves.

**PALABRAS CLAVE:** amenazas, cambio climático, fidelidad de sitio, foca de Weddell, foto-identificación, uso de sustrato.

## 2. ABSTRACT

The population of Weddell Seal was studied between 2010 and 2014 (only summer time) in seven transects around Pedro Vicente Maldonado Ecuadorian Research Station, Antarctica. The main method to study was direct observation using fixed-width transects, for a total of 137 field days and 461.8 kilometers covered. The study objectives were to obtain information on number of individuals, substrate use and site fidelity. In addition, this study analyzed the conservation status of the species in the study area.

During five years of the study were recorded 200 individuals, with an average of 40 seals per year; and an average per kilometer was 0.59.

In the analysis of substrate use, 46% of individuals were observed resting on snow/ice and 40% on sand. The analysis of variance indicates significant differences between the various substrates analyzed, which showed that the selection of substrate rest for Weddell seals were not random.

The analysis of site fidelity, based on a photo-identification study, determined that the species has low site fidelity: only 10.3% of registered individuals showed from high to moderate fidelity; there were no statistical differences between males and females.

The analysis of conservation status of the Weddell Seal around the Maldonado Station indicated that the real threats have little impact on the species; while moderate threats are

mostly potential. The El Niño Southern Oscillations and climate change are both potential threats; however, their consequences would be serious to the species conservation.

**KEY WORDS:** climatic change, photo-identification, site fidelity, substrate use, threats, Weddell Seal.

### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1. ANTECEDENTES

La presencia de la República del Ecuador en la Antártida se remonta a 1988, cuando se llevó a cabo la I Expedición Científica Ecuatoriana integrada por investigadores, militares y tripulantes que recorrieron durante dos meses (entre enero y marzo) la parte occidental de la península Antártica, el estrecho Bransfield y las contiguas islas Shetland de Sur con el apoyo del buque de investigaciones Orión de la Armada del Ecuador (Moreano, 1989).

Dado el interés del gobierno ecuatoriano por establecer un centro de investigaciones científicas en la Antártida, durante la II Expedición Científica, efectuada en el verano austral de 1990, se construyó la Estación Pedro Vicente Maldonado en la punta Fort Williams, al norte de la isla Greenwich, dentro del archipiélago de las islas Shetland de Sur. Desde entonces, ha sido evidente el interés del país en la Antártida mediante el fomento de investigaciones tendientes a conocer el ambiente antártico, a protegerlo, a establecer sus relaciones con el clima del Pacífico suroriental y a determinar el rol del continente austral en el cambio climático (INAE, 2015).

Hasta 2015 se han llevado a cabo 19 expediciones científicas auspiciadas por el gobierno ecuatoriano; sin embargo, hasta la XIV Expedición Ecuatoriana a la Antártida, efectuada en 2010, y a pesar de que para el momento se habían ejecutado alrededor de 80 proyectos de investigación en distintas áreas de las ciencias (*e.g.*, geología, geomorfología,

microbiología, paleontología, medicina, ornitología, ciencias de la vida, entre otras; según base de datos del Instituto Antártico Ecuatoriano; INAE, 2015), no se había levantado información referente a las especies de pinnípedos presentes en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.

En 2010 se llevó a cabo el proyecto “Estudio preliminar de los mamíferos marinos presentes en la zona antártica de influencia ecuatoriana”, el cual tuvo como objetivo levantar una línea base sobre la diversidad y características ecológicas de las especies de mamíferos asentadas en los alrededores de la estación Maldonado (Tirira, 2010).

Los resultados de esta primera visita evidenciaron la presencia de cinco de las seis especies de pinnípedos que habitan en la Antártida (Bastida y Rodríguez, 2003; Tirira, 2010); entre ellas, la foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*), una especie que posee en su cuerpo un característico patrón de manchas que puede ser empleado en análisis de foto-identificación para el reconocimiento de individuos (Forcada y Robinson, 2006; Erickson *et al.*, 2009a).

El uso de manchas naturales y cicatrices en el cuerpo de ciertas especies de pinnípedos ha dado buenos resultados en estudios de ecología y comportamiento a corto plazo (Erickson *et al.*, 2009a). La foto-identificación es un método no invasivo de “captura-recaptura” que se puede emplear para estudiar patrones de movimiento, fidelidad de sitios y tamaños poblacionales de las especies (White y Burnham, 1999).

La mayoría de estudios de foto-identificación con pinnípedos se han efectuado con especies del hemisferio Norte; entre ellas, una de las que más ha llamado la atención de los científicos ha sido la foca gris (*Halichoerus grypus*) del Atlántico norte (*e.g.*, Fogden,

1961; Hiby y Lovell, 1990; Hiby, 1994; Vincent *et al.*, 2001; Karlsson *et al.*, 2005; Gerondeau *et al.*, 2007; Hiby *et al.*, 2007). Otras especies de pinnípedos sobre las cuales se han llevado a cabo estudios de foto-identificación son el elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*), por LeBoeuf (1972); los leones marinos de Steller (*Eumetopias jubatus*) y de California (*Zalophus californianus*), por Gentry (1979); la foca común (*Phoca vitulina*), por Yochem *et al.* (1990), Crowley *et al.* (2001), Hastings *et al.* (2001, 2008), Mackey *et al.* (2008), Linder (2011) y Cordes y Thompson (2013); y la foca monje del Mediterráneo (*Monachus monachus*), por Cantos *et al.* (1997), Forcada *et al.* (1999) y Forcada y Aguilar (2000), todas especies del hemisferio Norte; mientras que en el hemisferio Sur el número de estudios conocidos se limita a trabajos específicos sobre el león marino de Nueva Zelanda (*Phocarctos hookeri*) (McConkey, 1999; McConkey *et al.*, 2002) y la foca leopardo (*Hydrurga leptonyx*) (Walker *et al.*, 1998; Forcada y Robinson, 2006), en la isla Pájaro (Bird Island), dentro del archipiélago de las islas Georgias del Sur, en el Atlántico suroccidental. Por el contrario, ninguna especie de pinnípedo ha sido estudiada con esta metodología dentro de los límites del continente antártico.

Numerosos trabajos han demostrado que los pinnípedos en general constituyen un grupo sensible y dinámico que puede ser empleado como indicador de alteraciones ambientales en monitoreos biológicos a largo plazo (*e.g.*, Geraci y St. Aubin, 1990; Siniff *et al.*, 2008; Costa *et al.*, 2010; Moore y Barco, 2013). Entre las afectaciones naturales que pueden impactar a las poblaciones de pinnípedos de la Antártida se encuentran el cambio climático y los fenómenos de El Niño (Kelly, 2001; Learmonth *et al.*, 2006; Costa *et al.*, 2010), aunque existe poca información científica que permita inferir el grado de incidencia que tendrían estas amenazas (Costa *et al.*, 2010).

Los principales impactos de las actividades humanas sobre las poblaciones de pinnípedos han venido de derrames de hidrocarburos (Geraci y St. Aubin, 1990; Moore y Barco, 2013). Uno de los que mayor atención generó dado el grave impacto ambiental ocasionado fue el derrame de crudo del buque Exxon Valdez en 1989, producido frente a las costas de Alaska y que afectó a la foca común (*Phoca vitulina*) (Frost *et al.*, 1999; Hoover-Miller *et al.*, 2001). Otros casos documentados corresponden al derrame del buque Braer en 1993, frente a las costas de Escocia, que afectó a las poblaciones de la foca gris (*Halichoerus grypus*) (Hall *et al.*, 1996); o al ocurrido en 2001 en las islas Galápagos, cuando el buque Jessica encalló frente a la isla San Cristóbal, lo cual provocó que varios miles de litros de combustible sean vertidos al océano y afecten a una importante población del león marino de Galápagos (*Zalophus wolfebaeki*) (Salazar, 2003; Alava y Salazar, 2006).

Los derrames de hidrocarburos no son los únicos impactos humanos que afectan a los pinnípedos. Algunos estudios realizados sobre el león marino de Galápagos han documentado otros problemas, cómo la eliminación de desechos costeros (Salazar, 1999; Alava y Salazar, 2006; Merlen y Salazar, 2007), la bioacumulación de contaminantes orgánicos nocivos (Alava, 2011) y la cacería ilegal (Salazar y Edgar, 2001).

### **3.2. LA FOCA DE WEDDELL**

La foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*) presenta un cuerpo voluminoso, redondeado y de talla mediana a grande: la longitud en ejemplares adultos se encuentra entre 2.3 y 2.9 metros para los machos y entre 3.0 y 3.3 metros para las hembras; el peso varía de 320 a 600 kilogramos; las hembras son algo más pesadas que los machos (Stirling, 1971a; Jefferson *et al.*, 1993; Bastida y Rodríguez, 2003; Gelatt y Southwell, 2008; Stewart,

2014). La cabeza es pequeña en relación con el cuerpo y tiene el rostro de aspecto “gatuno”; el hocico es poco desarrollado y posee vibrisas largas, gruesas y algo curvas; las aletas pectorales son pequeñas. El pelaje varía de marrón oscuro a pardo claro o gris, con la región ventral más pálida que el dorso (Stirling, 1971a; Laws, 2009a). El cuerpo presenta un notorio patrón de manchas oscuras y claras presentes durante toda la vida del individuo y más evidentes hacia las regiones gular y ventral (J. Forcada, com. pers.).

La foca de Weddell es el mamífero de mayor distribución austral en el planeta (Bastida y Rodríguez, 2003). Tiene presencia circumpolar alrededor del continente antártico e islas vecinas, como las Shetland del Sur, preferentemente en zonas de hielo de poco espesor y a lo largo de las costas (Stirling, 1971a; Kooyman, 1981; Thomas, 2002; Bastida y Rodríguez, 2003; Stewart, 2014). Se la observa solitaria o en pequeños grupos, aunque en ocasiones puede formar agregaciones grandes, de más de 100 (Bastida y Rodríguez, 2003) y hasta de un millar de individuos (Aguayo y Torres, 1967).

La reproducción de la foca de Weddell se lleva a cabo tanto en las costas del continente antártico como en las islas que lo rodean. Las hembras ingresan en actividad reproductiva entre los tres y seis años de edad; mientras que los machos lo hacen entre los siete y diez años. Durante la época de cópula, los machos suelen formar harenes, con un promedio de 10 hembras por grupo; los apareamientos tienen lugar en el agua (Bastida y Rodríguez, 2003; Gelatt y Southwell, 2008; Stewart, 2014). El período de gestación toma 11 meses (que incluye dos meses de implantación tardía del óvulo); los nacimientos ocurren entre septiembre y noviembre y el período de lactancia toma entre seis y ocho semanas (Reijnders *et al.*, 1990; Gelatt y Southwell, 2008; Stewart, 2014). El tiempo que toma una generación se estima aproximadamente en 12 años (Gelatt y Southwell, 2008). La

longevidad para la especie se calcula entre 20 y 30 años (Reijnders *et al.*, 1990; Bastida y Rodríguez, 2003; Cameron y Siniff, 2004; Gelatt y Southwell, 2008).

La alimentación de la foca de Weddell se considera típica dentro de la familia Phocidae; consume principalmente peces de los géneros *Dissostichus*, *Trematomus* y *Pleuragramma* (Perciformes), aunque también puede ingerir calamares, pulpos e invertebrados bentónicos (Testa *et al.*, 1985; Green y Burton, 1987; Plotz *et al.*, 1991; Stewart, 2014). Suele obtener sus presas a profundidades moderadas, que en algunos casos pueden alcanzar varios cientos de metros (*ca.* 600 metros, pero ocasionalmente hasta una profundidad de 1000 metros), con inmersiones que suelen superar los 15 minutos (Bastida y Rodríguez, 2003; Gelatt y Southwell, 2008; Stewart, 2014). Los predadores naturales de la foca de Weddell son la foca leopardo (*Hydrurga leptonyx*) y la orca (*Orcinus orca*) (Reijnders *et al.*, 1993).

Se trata de una de las especies de pinnípedos más y mejor estudiadas en el hemisferio Sur, esto debido a su conducta no agresiva y poco temerosa ante la presencia humana (Thomas, 2002; Bastida y Rodríguez, 2003; Stewart, 2014). Las poblaciones mejor estudiadas se encuentran en la Antártica oriental, próximas a la estación científica estadounidense McMurdo (77°51'S, 166°40'E), que se encuentra en el extremo oriental del mar de Ross, frente a las costas de Nueva Zelanda y a unos 4000 kilómetros de distancia de la estación ecuatorial. La mayoría de estudios efectuados sobre la especie se han centrado en aspectos referentes a su biología reproductiva y fisiología de buceo (*e.g.*, Stirling, 1971b; Siniff *et al.*, 1977; Croxall y Hiby, 1983; Testa *et al.*, 1985, 1990; Testa, 1987; Testa y Siniff, 1987; Kooyman, 1989; Thomas, 2002; Davis, 2003; Hadley *et al.*, 2006; Stewart, 2014), pero poco o nada se conoce sobre otros aspectos de su biología y ecología o de otras poblaciones dentro de su área de distribución (Bengtson *et al.*, 2011).

En las islas Shetland del Sur se han realizado algunas investigaciones sobre la foca de Weddell, principalmente en la estación polaca Henryk Arctowski (62°09'S, 58°27'W), en la bahía Almirantazgo, isla Rey Jorge, ubicada a 80 kilómetros al noreste de la estación Maldonado. Los principales aportes de estas investigaciones se relacionan con conteos y estimaciones poblacionales y alguna información ecológica básica (*e.g.*, Jabłoński, 1980; Myrcha y Teliga, 1980; Presler, 1980; Woyciechowski, 1980; Sierakowski, 1991; Lesiński, 1993; Rakusa-Suszczewski y Sierakowski, 1993; Ciaputa, 1996; Salwicka y Sierakowski, 1998; Salwicka y Rakusa-Suszczewski, 2002); otras contribuciones para la especie son los conteos de individuos efectuados en la década de 1960 por investigadores chilenos (Aguayo y Torres, 1967; Aguayo, 1970); además, de algunas contribuciones efectuadas por investigadores argentinos sobre ecología trófica en la península Antártica y en las islas Orcadas del Sur (Casaux *et al.*, 2006, 2009; Daneri *et al.*, 2012).

### **3.3. CONSERVACIÓN**

La foca de Weddell fue cazada desde los inicios de la presencia humana en la Antártida (Gelatt y Southwell, 2008). Desde la segunda mitad del siglo XIX, cazadores noruegos y rusos sacrificaron con fines peleteros importantes números de esta especie (Sielfeld *et al.*, 1977; Stewart, 2014). Entre 1910 y 1927, en la isla Georgia del Sur, se sacrificaron 752 ejemplares hasta que el gobierno británico dispuso su protección (Laws, 1953). Hasta mediados del siglo pasado, su carne fue empleada como alimento para perros de trineo y, en ciertas ocasiones, para el consumo de expedicionarios (Reijnders *et al.*, 1993; Bastida y Rodríguez, 2003; Gelatt y Southwell, 2008; Stewart, 2014), práctica que fue suspendida en la década de 1980 cuando un acuerdo internacional prohibió la presencia de perros de trineo en la Antártida (Stewart, 2014). Actualmente, su caza está prohibida y regulada

desde la década de 1970 por el Tratado Antártico (2015). Gelatt y Southwell (2008) indican que si bien al momento no se conocen de amenazas inmediatas o relevantes para su supervivencia, se considera que la presencia humana, básicamente en las proximidades de las estaciones científicas y bases militares, genera alguna forma localizada de perturbación para la especie (Reijnders *et al.*, 1993). Información actualizada en base a estudios de largo plazo sugiere que las poblaciones de la foca de Weddell se encuentran relativamente estables (Stewart, 2014); aunque otras investigaciones apuntan a que la especie estaría enfrentando una disminución poblacional como efecto del cambio climático (Siniff *et al.*, 2008; Costa *et al.*, 2010). La población mundial se estima que debe estar en alrededor de un millón de individuos (Stewart, 2014).

La *Lista Roja de la UICN* (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) considera que se trata de una especie de Preocupación Menor, debido a su amplia área de distribución, a la ausencia de amenazas directas conocidas y al tamaño de su población; estima que su población ha permanecido estable durante los últimos 30 años y tampoco se sospecha que ocurra una disminución en las próximas tres generaciones; además, la especie ya no es cazada como para alimentos de perros y la única amenaza considerada es la posible pérdida de hábitat debido al cambio climático (Gelatt y Southwell, 2008). En evaluaciones nacionales, la única consideración realizada para la foca de Weddell aparece en la primera edición del *Libro Rojo de los mamíferos amenazados de Argentina* (Díaz y Ojeda, 2000), en donde se indica que se trata de una especie con Datos Insuficientes.

El Grupo de Especialistas en Pinnípedos de la UICN (IUCN/SSC Seal Specialists Group) desarrolló un plan de acción para la conservación de los pinnípedos del mundo, entre ellos

la foca de Weddell, en donde se consideran las amenazas actuales y potenciales que en el futuro pueden afectar a la conservación de esta especie (Reijnders *et al.*, 1993).

Laws (2009b) indica que ante la sensibilidad que han demostrado los pinnípedos a las alteraciones en su medio natural, sean impactos naturales o de origen humano, es necesario realizar estimaciones poblacionales de los pinnípedos presentes en la Antártida para obtener una línea base de información para monitoreos futuros de manera que se provea evidencia empírica que corrobore la hipótesis de que el cambio climático es una amenaza que tendrán que enfrentar numerosas especies. Reijnders *et al.* (1993) señalan que dentro de las acciones necesarias para mejorar el conocimiento sobre la función de los pinnípedos en los ecosistemas son importantes los estudios referentes a la dinámica de las poblaciones.

En el ámbito internacional, los gobiernos de Argentina, Australia, Bélgica, Chile, Francia, Japón, Nueva Zelanda, Noruega, Sudáfrica, Rusia (bajo el nombre de Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas), Reino Unido y los Estados Unidos de América, en reconocimiento de que la Antártida es un continente de interés para toda la humanidad, para que sea utilizado exclusivamente con fines pacíficos y para que no llegue a ser escenario de discordia internacional, acordaron firmar en 1959 un tratado antártico. En su artículo IX, literal f, se indica que uno de los objetivos del Tratado es la protección y conservación de los recursos vivos de la Antártida (Tratado Antártico, 1959). Desde entones, los países miembros del Tratado han suscrito numerosos documentos anexos dirigidos a la conservación y manejo de la vida silvestre en el continente; entre ellos, los convenios que incluyen a la foca de Weddell de forma directa o indirecta son los siguientes:

- **Anexo II referente a la Conservación de la Fauna y Flora Antárticas**, un protocolo anexo al Tratado Antártico sobre protección del medio ambiente, elaborado en primera instancia en Bruselas en 1964 y en vigor desde 1982; pero modificado en Madrid en 1991 y en vigor desde 1998; también se lo conoce como Protocolo de Madrid (Tratado Antártico, 2015).

En el artículo 3 del protocolo anexo, referente a la “protección de la fauna y flora nativa”, se indica que no está permitida la toma de especímenes o cualquier intromisión perjudicial sobre la vida silvestre, salvo que se cuente con una autorización. Dichas autorizaciones solo serán entregadas para proporcionar especímenes para estudios científicos o para museos, zoológicos u otras instituciones o usos educativos o culturales.

- **Convención para la Conservación de Focas Antárticas**, suscrita en Londres en 1972 y en vigor desde 1978. Esta Convención aplica a todas las especies de pinnípedos presentes al sur de los 60 grados de latitud Sur, entre ellas la foca de Weddell (Tratado Antártico, 2015).

En el artículo 2 (Ejecución) se indica que las partes contratantes acuerdan que las especies de focas antárticas no serán sacrificadas o capturadas por sus nacionales o buques bajo sus respectivas banderas, excepto de conformidad con las disposiciones de esta Convención.

En el artículo 4 (Permisos especiales) se indica que las partes contratantes podrán expedir permisos para sacrificar o capturar focas en cantidades limitadas y de

conformidad con los objetivos y principios de la Convención, para los fines siguientes: 1. proveer alimento indispensable para personas o perros; 2. para la investigación científica; o, 3. para proveer ejemplares para museos o instituciones educativas.

En el apéndice de esta Convención se indica en el numeral 1 (Captura permitida) las cuotas anuales autorizadas de captura o sacrificio de cada especie de pinnípedo.

En el caso de la foca de Weddell se habla de una cuota anual de cinco mil especímenes. En el numeral 2 (Especies protegidas) de este mismo apéndice se indica que la foca de Weddell será considerada como una especie protegida entre el 1 de septiembre y el 31 de enero de cada año con el fin de precautelar la supervivencia de los animales de cría adultos y, por lo tanto, estará prohibida su captura o sacrificio.

- **Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos**, suscrita en Camberra en 1980 y en vigor desde 1982. Esta Convención aplica a todas las especies marinas, sin especificar pinnípedos, presentes al sur de los 60 grados de latitud Sur (Tratado Antártico, 2015).

En el artículo II se indica que el objetivo de la Convención es la conservación de los recursos vivos marinos antárticos. Se destaca que el término “conservación” incluye la utilización racional del recurso y que para prevenir la disminución del tamaño de la población de cualquier especie, la recolección de especímenes deberá asegurar su restablecimiento a niveles estables.

En el artículo VI se indica que “nada de la presente Convención deroga los derechos y obligaciones de las partes contratantes en virtud de... la Convención para la Conservación de las Focas Antárticas”.

Ninguno de los otros tratados o acuerdos internacionales existentes y que tienen relación con la conservación de la vida silvestre han tomado en consideración a la foca de Weddell, como son la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Flora y Fauna Silvestres (CITES, 2015), la Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias (CMS, 2015) y las regulaciones para el comercio de la vida silvestre de la Unión Europea (Unión Europea, 2014).

En el ámbito nacional, el Instituto Antártico Ecuatoriano, que administra la estación Maldonado, fiel a las regulaciones y exigencias del Tratado Antártico, ha llevado a cabo varios estudios de impacto ambiental y auditorías ambientales en la punta Fort Williams (Valencia, 1998; Guerra y Moreano, 2008; SAMBITO e INAE, 2012), con la inclusión de un plan de manejo ambiental, en dónde se estipulan medidas ambientales generales de prevención, contingencia, mitigación y capacitación (SAMBITO e INAE, 2012).

Otras regulaciones establecidas que se aplican dentro del área de influencia de la estación ecuatoriana son: Código de Conducta Ambiental para Investigación Científica Terrestre en la Antártida (*Environmental Code of Conduct for Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica*), elaborado por el Comité Científico para Investigación Antártica (SCAR, 2008); y las guías para sitios que reciben visitantes, preparados por el Tratado Antártico (2014).

### 3.4. OBJETIVOS

#### 3.4.1. OBJETIVO GENERAL

Investigar aspectos ecológicos y evaluar el estado de conservación de la foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

#### 3.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar los cambios anuales en el número de individuos de la foca de Weddell presentes en el área circundante a la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.
- Determinar si la foca de Weddell prefiere sustratos específicos para su reposo.
- Evaluar si la foca de Weddell tiene fidelidad por los sitios de reposo.
- Determinar las amenazas presentes y potenciales para la foca de Weddell y analizar su estado de conservación dentro del área de estudio.

## 4. MÉTODOS

### 4.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la zona circundante a la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado ( $62^{\circ}27'36''\text{S}$ ,  $59^{\circ}44'54''\text{W}$ ), que se ubica en la punta Fort Williams, parte norte de la isla Greenwich, dentro del archipiélago de las islas Shetland del Sur (figura 1). Los nombres de las localidades que se indican a lo largo del texto son los habitualmente utilizados en la estación ecuatoriana; sin embargo, en algunos casos existen discrepancias con otros nombres, en dependencia del idioma o el país de origen. En el anexo 1 se indican las variantes que poseen algunas localidades que han sido mencionadas en el texto.

La estación Maldonado es un centro de investigación administrado por la República del Ecuador e inaugurada el 2 de marzo de 1990 (INAE, 2015). Desde su apertura y hasta el presente, la estación ha operado únicamente durante la época de verano austral (entre diciembre y marzo) y ha servido como centro de operaciones para el desarrollo de investigaciones científicas, mayormente por profesionales ecuatorianos.

A siete kilómetros al este de la estación y dentro de la misma isla Greenwich se encuentra la punta Ash, que bordea la entrada sureste de la bahía Chile, en donde asienta la base militar Arturo Prat ( $62^{\circ}28'54''\text{S}$ ,  $59^{\circ}37'49''\text{W}$ ), bajo jurisdicción de la República de Chile y habitada de forma permanente por militares que no llevan a cabo ningún tipo de actividad científica (INACH, 2015).

Frente a la estación Maldonado (a seis kilómetros al norte) y en la entrada norte del estrecho Inglés, se encuentra el archipiélago de las islas Aitcho, en donde destaca la isla Barrientos (62°23'S, 59°50'W), considerada como uno de los quince destinos turísticos más visitados en esta parte del continente (IAATO, 2010); las visitas se realizan específicamente entre los meses de noviembre a marzo, cuando recibe entre uno y seis cruceros por semana, con un promedio de tres (Reck *et al.*, 2013; calendario de visitas programadas para 2014, según archivo de la International Association of Trade Training Organizations, IAATO). El interés por la isla Barrientos se debe a la numerosa fauna antártica que posee, en particular por las colonias del elefante marino del Sur (*Mirounga leonina*) y de dos especies de pingüinos (*Pygoscelis antarctica* y *P. papua*) (Tratado Antártico, 2014; obs. pers.).

A nueve kilómetros al norte de la estación Maldonado, también en la entrada septentrional del estrecho Inglés, se encuentra la península Coppermine, en el extremo occidental de la isla Robert, en donde se ubica el Refugio Luis Risopatrón (62°22'17"S, 59°42'53"W), de la República de Chile y actualmente en desuso.

El clima que se registra en la mayor parte del área de estudio es de tipo tundra, al igual que en las zonas costeras más septentrionales del continente, como en la península Antártica y las restantes islas del archipiélago de las Shetlands del Sur (Serrano, 2003), cuya característica es que la temperatura promedio durante los meses de verano apenas supera los cero grados centígrados, con un promedio mensual máximo de 1.5 grados (en el mes de febrero) y un promedio mensual mínimo de -6.5 grados (en julio); mientras que la temperatura promedio anual para la zona es de -2.3 grados, según datos de clima para el período 1968–2014 (AARI, 1968–2014; figura 2) de la Estación Científica Bellingshausen,

Rusia ( $62^{\circ}11'47''\text{S}$ ,  $58^{\circ}57'39''\text{W}$ ), ubicada en la isla Rey Jorge, a 45 kilómetros al noreste de la estación ecuatoriana. La temperatura media durante el período de estudio (de enero a marzo, entre 2010 y 2014) se mantuvo en 0.6 grados centígrados, con valores promedios máximos de 1.6 grados y mínimos de -0.3 grados (AARI, 1968–2014).

#### **4.2. SITIOS DE ESTUDIO**

El estudio de campo se llevó a cabo a lo largo de siete transectos establecidos en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado (figura 3, tabla 1): isla Barrientos, isla Dee, isla Greenwich 1 (punta Fort Williams), isla Greenwich 2 (punta Ambato), isla Robert, isla Torre y bahía Chile. Los transectos sumaron una distancia total 19 400 metros de recorridos terrestres y 15 000 metros de recorridos marinos. De forma adicional, en el análisis de fidelidad de sitio se incluyó información de un octavo transecto: isla Greenwich 3 (punta Ash), en base a avistamientos casuales o registros fotográficos o de video proporcionados por terceras personas.

#### **4.3. PERÍODOS DE ESTUDIO**

El estudio de campo se llevó a cabo durante cinco expediciones antárticas (entre 2010 y 2014), con un tiempo efectivo de trabajo de 137 días (tabla 2). En todos los recorridos participó un solo observador, aunque habitualmente se contó con la compañía de algún colega de otro proyecto de investigación. Durante los cinco años de estudio intervinieron tres investigadores, Diego Tirira, en 2010, 2012 y 2014; Paola Moscoso, en 2011; y Santiago Burneo, en 2013. El período de estudio involucró los meses de enero a marzo

exclusivamente, correspondientes a la época de verano austral, con un tiempo de permanencia que osciló entre 24 y 36 días por año (con un promedio de 27.4 días/año).

De forma complementaria, se ha incluido información registrada por otros investigadores (período 2002–2014) o por personal militar de la base Arturo Prat (período 2010–2012), captada en su mayoría durante el período de verano austral (de diciembre a marzo), aunque algunos reportes corresponden a los meses de agosto, octubre y noviembre (tabla 3).

#### **4.4. RECOLECCIÓN DE DATOS**

El principal método de estudio fue la observación directa a lo largo de la línea de costa durante recorridos terrestres y marinos. Dadas las características del área de estudio se empleó un transecto de ancho fijo, una variante del transecto lineal considerada como la técnica más adecuada para estimar la abundancia poblacional en pinnípedos antárticos (Erickson *et al.*, 2009b). El transecto de ancho fijo asume que todos los individuos presentes a lo largo del recorrido serán contados, que la presencia de un individuo no afectará la presencia o ausencia de otro individuo, que los individuos no se moverán antes de ser detectados y que ningún individuo será contado más de una vez (Rabinowitz, 2003; Martella *et al.*, 2012).

Todos los recorridos se realizaron a pie, con excepción del estudio de la bahía Chile, que fue en bote inflable de tipo *Zodiac*. En los recorridos terrestres se siguió una franja comprendida entre el borde del mar y 100 metros costa adentro; así se cubrieron todas las zonas que pudieron ser accedidas a pie. En los recorridos en bote inflable la franja fue más

amplia (hasta 1000 metros) en función de posibles avistamientos de pinnípedos sobre témpanos de hielo.

Todas las focas de Weddell avistadas fueron registradas fotográficamente en recorridos de transectos o mediante observaciones casuales, fuera del tiempo dedicado a los recorridos establecidos. Los registros fotográficos de observaciones casuales fueron incluidos solamente en el análisis de fidelidad de sitio. El sexo de los individuos fue registrado en el campo y verificado antes del análisis de datos con las respectivas fotografías disponibles.

Los recorridos se llevaron a cabo habitualmente entre las 10:00 y las 18:00 horas. Según Erickson *et al.* (2009b), el período en que la mayoría de pinnípedos antárticos reposa fuera del agua está entre las 10:00 y las 16:00 horas, particularmente fuera de la época de reproducción y crianza (*i.e.*, de enero a marzo), con un pico de reposo más evidente alrededor del mediodía (Woyciechowski, 1980; Erickson *et al.*, 1989; Bengtson *et al.*, 2011). En lo posible, se intentó que cada localidad/transecto sea muestreado en dos ocasiones durante cada año de estudio.

#### **4.5. ANÁLISIS DE FOTO-IDENTIFICACIÓN**

La metodología base para el análisis de foto-identificación fue adaptada de la propuesta por Forcada y Robinson (2006), que es la siguiente:

Se registraron fotografías múltiples de todos los individuos avistados en varios ángulos (figura 4). De registrarse cicatrices, heridas, marcas u otros detalles particulares también fueron fotografiados. Todas las fotografías fueron codificadas según la localidad y la fecha

del registro (*e.g.*, ID100125-03: ejemplar número tres registrado en la isla Dee el 25 de enero de 2010).

El análisis de foto-identificación se realizó de forma manual. En primera instancia, las fotografías fueron analizadas por años de manera independiente; luego se confrontaron todas las fotografías disponibles, una a una. Cada individuo foto-identificado recibió un número único ascendente.

#### **4.6. ANÁLISIS DE DATOS**

El nivel de significancia para todos los análisis realizados fue de 0.01 cuando existieron diferencias altamente significativas (99 %), o de 0.05 cuando las diferencias fueron significativas (95 %). Porcentajes inferiores se consideraron no significativos. Todos los análisis estadísticos fueron realizados en el programa SPSS (2010).

##### **4.6.1. NÚMERO DE INDIVIDUOS**

El número de individuos se determinó mediante la técnica de la suma de capturas diarias, que consistió en el registro acumulado del número de individuos capturados dentro de un período de estudio (Davis y Winstead, 1987). Este resultado se expresa en número de individuos por kilómetro, para cada transecto y año de estudio, junto con la desviación estándar (SD) de los datos. Se realizó una prueba de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) para determinar si existió una variación significativa entre las frecuencias observadas con las esperadas durante los cinco años de estudio, análisis efectuado para cada transecto por separado y para todos los datos en conjunto. Para determinar si existieron diferencias entre los conteos

obtenidos durante cada año se realizó un análisis de varianza de dos vías (o DBCA, diseño de bloques completos al azar), con la distinción de transectos y años de estudio (en relación con el número de individuos por kilómetro). Para determinar si existieron diferencias en la proporción sexual de los individuos registrados se realizó un análisis de  $\chi^2$ .

#### 4.6.2. USO DEL SUSTRATO

Se registró el sustrato sobre el cual fue observado cada individuo; los sustratos posibles identificados dentro del área de estudio fueron (figura 5): algas marinas, algas verdes, arena, musgo, nieve/hielo, piedra fina, piedra gruesa, roca, témpano y tierra. Si el cuerpo de un individuo se encontraba sobre dos sustratos solapados o entremezclados, se tomó en consideración el dominante o el que recibía la mayor parte del cuerpo del animal.

Los sustratos mencionados fueron agrupados en cuatro categorías de acuerdo con su nivel de dureza y aspereza: sustrato muy suave (algas marinas), sustrato suave (algas verdes, musgo, arena y nieve/hielo), sustrato duro y liso (tierra y témpano) y sustrato duro y áspero (piedra fina, piedra gruesa y roca).

Se analizó únicamente información de avistamientos en recorridos para el período 2010–2014, que correspondieron en todos los casos a la época de verano austral (entre el 7 de enero y el 14 de marzo). El análisis estadístico se realizó con los datos completos (sin distinguir años) y de forma independiente para cada año; de igual manera, estos análisis se realizaron para machos y hembras para inferir si el tipo de sustrato utilizado estuvo relacionado con el sexo del individuo. Se realizaron análisis de varianza para determinar si existieron diferencias estadísticas en el uso del sustrato; de un factor (ANOVA), sin

distinguir transectos; y de dos vías (DBCA), con la distinción de transectos, sexo y años de estudio; también se efectuaron pruebas de significación de Duncan. Para comprobar si existió alguna relación entre los sustratos y el sexo de los individuos se llevó a cabo una prueba del Test exacto de Fisher para cada sustrato por separado.

#### 4.6.3. FIDELIDAD DE SITIO

La fidelidad de sitio para la foca de Weddell se basó en un análisis de captura-recaptura con foto-identificación. Como captura se consideró al registro único de cada individuo foto-identificado dentro un recorrido programado o en un avistamiento casual (fuera del tiempo dedicado a los recorridos), sin importar el número de fotografías que se hayan tomado de ese individuo en ese mismo día y recorrido. Como recaptura se trató al reavistamiento en futuros recorridos u observaciones casuales en diferentes días de un individuo que previamente había sido capturado e identificado mediante el análisis de foto-identificación (definiciones según criterios de Linder, 2011).

En el estudio se tomaron en cuenta únicamente registros fotográficos que permitían una identificación clara del individuo. Dentro de la información analizada también se incluyeron imágenes capturadas en el área de estudio por otras personas para el período 2002–2014 (tabla 3). La fidelidad de sitio para cada individuo se determinó en base al análisis de recapturas en el tiempo y en el espacio, según se indica a continuación:

**Relación de recapturas en el tiempo:** **alta**, para individuos registrados en tres o más años diferentes, consecutivos o no; **moderada**, para individuos registrados en dos años diferentes, consecutivos o no; **baja**, para individuos registrados en dos ocasiones dentro de

un mismo año de estudio, siempre y cuando la separación entre avistamientos sea mayor a siete días; y **ninguna**, para individuos que fueron registrados en una sola ocasión o para individuos avistados en dos o más ocasiones dentro de un período de siete días. Si un individuo presentó dos o más recapturas con opciones temporales distintas, se tomó en consideración la de mayor relevancia.

**Relación de recapturas en el espacio: alta**, para individuos que fueron registrados en un mismo sitio en por lo menos dos ocasiones distintas (se consideró como un mismo sitio cuando las posiciones entre los dos avistamientos estuvieron a menos de 500 metros una de otra); **moderada**, para individuos que fueron registrados en una misma localidad (isla o transecto) en por lo menos dos ocasiones distintas y cuya separación espacial entre los dos avistamientos fue de entre 500 y 2000 metros; **baja**, para individuos que fueron registrados en cualquier localidad o transecto dentro del área de estudio en por lo menos dos ocasiones distintas y a una distancia mayor a 2000 metros entre avistamientos; y **ninguna**, para individuos registrados en una sola ocasión y localidad. Si un individuo presentó recapturas con opciones de espacio distintas, se tomó en consideración la de mayor cercanía.

#### 4.6.3.1. Fidelidad individual

La fidelidad de sitio para cada individuo registrado se definió mediante la agrupación de los resultados de los dos parámetros antes indicados, en el tiempo y en el espacio, según se indica a continuación (tabla 4): **fidelidad de sitio muy alta**, para individuos que mostraron calificaciones altas en los dos parámetros analizados; **fidelidad de sitio alta**, para individuos que mostraron una calificación alta y otra moderada en alguno de los dos parámetros analizados, sin importar el orden; **fidelidad de sitio moderada**, para

individuos que presentaron una calificación alta y otra baja en alguno de los dos parámetros analizados, sin importar el orden, o para individuos que presentaron una calificación moderada en ambos parámetros; **fidelidad de sitio baja**, para individuos que presentaron una calificación moderada y otra baja en alguno de los parámetros analizados, sin importar el orden; **sin fidelidad**, para individuos que presentaron una calificación baja en ambos parámetros o ninguna calificación en alguno de los dos parámetros analizados.

#### 4.6.3.2. Fidelidad de la especie

Para determinar el nivel de fidelidad de sitio que presentó la foca de Weddell se relacionó el porcentaje total de recapturas registradas dentro del análisis de fidelidad individual, según se indica a continuación (en base a lo especificado en la tabla 4): **fidelidad de sitio muy alta**, si más del 60 % de los individuos recapturados presentaron fidelidad muy alta, alta o moderada; **fidelidad de sitio alta**, si entre el 40–60 % de los individuos recapturados presentaron fidelidad muy alta, alta o moderada; **fidelidad de sitio moderada**, si entre el 20–40 % de los individuos recapturados presentaron fidelidad muy alta, alta o moderada; **fidelidad de sitio baja**, si entre el 10–20 % de los individuos recapturados presentaron fidelidad muy alta, alta o moderada; **fidelidad de sitio muy baja**, si entre el 5–10 % de los individuos recapturados presentaron fidelidad muy alta, alta o moderada; **sin fidelidad de sitio**, si menos del 5 % de los individuos recapturados presentaron fidelidad muy alta, alta o moderada. Para determinar si la fidelidad de sitio registrada estuvo correlacionada con el sexo de los individuos (machos o hembras) se realizó una prueba del Test exacto de Fisher.

#### 4.6.4. ESTADO DE CONSERVACIÓN

El análisis sobre el estado de conservación de la foca de Weddell en el área de estudio se desarrolló en tres etapas: 1. determinación de amenazas, 2. evaluación de impactos, y 3. evaluación del estado de conservación.

##### 4.6.4.1. Determinación de amenazas

Durante los recorridos por el área de estudio se registraron y fotografiaron las amenazas o impactos directos e indirectos, reales o potenciales, que fueron observados y que podrían afectar a la especie. Las amenazas identificadas fueron corroboradas con los planes de manejo y estudios de impacto ambiental elaborados para la estación Maldonado (Guerra y Moreano, 2008; SAMBITO e INAE, 2012) y organizadas bajo criterios del Plan de acción para la conservación de pinnípedos (Reijnders *et al.*, 1993) y de la Lista Roja de la UICN (Gelatt y Southwell, 2008).

Las amenazas fueron agrupadas en tres categorías de acuerdo con los factores que podían afectar a la especie más que a las consecuencias sospechadas de dichos factores (según propuesta y criterios de Reijnders *et al.*, 1993; anexo 2): 1. amenazas inmediatas, 2. amenazas mediatas, y 3. amenazas a largo plazo. El tiempo considerado para la aplicación de una amenaza potencial o de aquellas consideradas como no aplicables fue de tres generaciones en el futuro (que para el caso de la foca de Weddell se estima en 36 años según Gelatt y Southwell, 2008), de acuerdo con los criterios de evaluación de la Lista Roja de la UICN (2001).

#### 4.6.4.2. Evaluación de impactos

Las amenazas reales y potenciales determinadas fueron ingresadas en tres matrices numéricas de evaluación de impactos ambientales de interrelación factor-acción (modificadas de Arboleda, 1994; SAMBITO e INAE, 2012). La forma de valoración empleada para cada criterio buscó demostrar el nivel de impacto que tendrá cada acción; por este motivo, los impactos de menor relevancia tienen una forma de puntuación baja, contra los impactos de mayor relevancia, que tienen valores altos (según criterios de Leopold *et al.*, 1971 y Arboleda, 1994). La información evaluada fue la siguiente:

##### **Matriz 1: evaluación de la magnitud de los impactos**

Esta matriz confrontó los impactos reales y potenciales con las características de los impactos a dichas interacciones. Se dio una valoración a cada uno de los diferentes parámetros medidos en base a la matriz de evaluación de impactos desarrollada dentro del *Estudio de impacto ambiental de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado* (SAMBITO e INAE, 2012) y a criterio del investigador. Los parámetros evaluados fueron:

**Naturaleza:** un impacto puede ser positivo, negativo o neutro (ausencia de impactos). En el caso del análisis propuesto solo se tomaron en consideración los impactos negativos (valorados como -1).

**Duración:** corresponde al tiempo de permanencia del efecto de un impacto. La valoración dada fue: impacto permanente (2 puntos), cuando el efecto del impacto puede durar varios

años; y temporal (1 punto), cuando el efecto del impacto tiene una duración corta, de días o meses, a pesar de que se pueda repetir en el tiempo.

**Reversibilidad:** corresponde a la capacidad de recuperación que tendría la población de la foca de Weddell frente a un impacto. Se consideraron dos opciones, a largo plazo (2 puntos), cuando el efecto no es asimilado por la especie o si es asimilado toma un tiempo considerable (mayor a 10 años; período de tiempo considerado en función de la longevidad de la especie), y a corto plazo (1 punto), cuando un impacto puede ser asimilado en un tiempo menor a 10 años.

**Intensidad:** se entiende como el grado de afectación de un impacto. La valoración dada fue: alta (4 puntos), si el efecto del impacto es obvio o notable; media (2 puntos), si el efecto del impacto es poco notable; y baja (1 punto), si el efecto es sutil o casi imperceptible.

**Extensión:** corresponde al alcance espacial de un impacto. La escala considerada fue la siguiente: regional (2 puntos), si el efecto del impacto sale de los límites del área de estudio o tiene una extensión mayor a 100 kilómetros cuadrados; local (1 punto), si el efecto del impacto se concentra dentro de los límites del área de estudio o tiene una extensión inferior a 100 kilómetros cuadrados; y puntual (0.5 puntos), si el efecto del impacto se limita a un sitio específico, con una extensión menor a un kilómetro cuadrado.

Los valores de magnitud de cada impacto se determinaron de acuerdo con la siguiente fórmula (modificada de SAMBITO e INAE, 2012): la magnitud del impacto es igual a la naturaleza del impacto por (la duración más la reversibilidad más la intensidad y más la

extensión del impacto). Según lo indicado, los impactos más altos tendrán un valor máximo de -10 puntos (esto es cuando se trate de impactos permanentes, a largo plazo, de alta intensidad y de alcance regional), y los más bajos de -3.5 (esto es cuando sean impactos temporales, de corto plazo, de baja intensidad y puntuales). La importancia de la magnitud de cada impacto fue determinada según los siguientes parámetros:

- Magnitud del impacto muy alta: de -8.0 a -10.0 puntos.
- Magnitud del impacto alta: de -6.0 a -7.9 puntos.
- Magnitud del impacto moderada: de -4.0 a -5.9 puntos.
- Magnitud del impacto baja: -3.9 puntos o menos.

## **Matriz 2: importancia del impacto para la especie**

La segunda matriz asignó un peso ponderado a cada una de las amenazas reales y potenciales (anexo 2), según la importancia que representan o pueden representar para la biología, ecología o conservación de la foca de Weddell (*e.g.*, afectación a la calidad del agua, disminución de los recursos alimenticios, destrucción o pérdida de los sitios de reposo, conservación del hábitat en general, entre otros aspectos, según criterios de Reijnders *et al.*, 1993, y Laws, 2009c).

La valoración dada a cada impacto fue la siguiente: **alta relevancia** (-10 puntos), para la mortalidad masiva derivada de epidemias, los fenómenos de El Niño, la contaminación del agua por hidrocarburos y el cambio climático; **moderada relevancia** (-5 puntos), para la cacería, la perturbación del hábitat derivada de la eliminación de desechos líquidos (no

incluye hidrocarburos) y la introducción de especies; y **poca relevancia** (-1 punto), para todos los restantes impactos identificados (anexo 2).

Los valores obtenidos fueron multiplicados por los resultados de la matriz 1 (magnitud de los impactos). La importancia de un impacto fue dada en un rango de 3.5 a 100 puntos; de esta manera, la importancia relativa de cada impacto para la especie fue determinada según los siguientes parámetros:

- Impacto muy importante: más de 60 puntos.
- Impacto importante: de 41 a 60 puntos.
- Impacto medianamente importante: de 21 a 40 puntos.
- Impacto poco importante: de 11 a 20 puntos.
- Impacto sin importancia: 10 puntos o menos.

### **Matriz 3: certeza de ocurrencia del impacto**

Se entiende como el riesgo de ocurrencia de un impacto o el grado de certidumbre sobre la aparición de uno dentro de un período de tres generaciones de la especie (36 años). La valoración dada fue la siguiente: **cierta** (10 puntos), cuando el impacto tiene una probabilidad alta de ocurrencia; **probable** (5 puntos), cuando se tiene una certeza media de ocurrencia del impacto; **poco probable** (1 punto), cuando se tiene una certeza baja de ocurrencia del impacto; **muy poco probable** (0.1 puntos), cuando se tiene una certeza muy baja de ocurrencia del impacto, pero es posible que aparezca; y **no probable** (0 puntos), cuando existe la certeza de que el impacto no ocurrirá.

La valoración se llevó a cabo por separado para cada una de las tres localidades con la mayor cantidad de datos (islas Barrientos, Dee y Greenwich, segmento punta Fort Williams) y de forma general para toda el área de estudio.

#### **Calificación final: importancia relativa de los impactos**

Los valores obtenidos en las tres matrices previas fueron multiplicados entre sí; de esta manera, se obtuvieron valores para cada una de las tres localidades evaluadas y para toda el área de estudio. La importancia relativa de la ocurrencia de cada impacto para la especie fue determinada según los siguientes parámetros:

- Impacto grave: más de 100 puntos.
- Impacto moderado: de 51 a 100 puntos.
- Impacto leve: de 21 a 50 puntos.
- Impacto insignificante: 20 puntos o menos.

#### **4.6.4.3. Evaluación del estado de conservación**

Una vez definidas las amenazas existentes y la importancia que estas tienen para la especie, en la discusión se presenta un análisis sobre el estado de conservación de la foca de Weddell en los alrededores de la estación Maldonado, donde se tomaron en consideración los resultados obtenidos en el conteo de individuos, la fidelidad de sitio y la presencia de la especie en las distintas localidades de estudio. Para terminar, se presentan algunas recomendaciones específicas que ayuden a entender mejor los aspectos relacionados con la conservación a largo plazo de la foca de Weddell.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. NÚMERO DE INDIVIDUOS

Se registraron 200 individuos de la foca de Weddell durante el período 2010–2014, con una variación por año de 24 (en 2012) a 80 (en 2014) y un promedio anual de 40.0 individuos ( $SD = 23.0$ ) (tabla 5, anexo 3). Estos datos corresponden a un muestreo total de 461.8 kilómetros recorridos (341.8 kilómetros en transectos terrestres y 120 kilómetros en el recorrido marino de bahía Chile), con un promedio de 92.4 kilómetros por año (con un mínimo de 62.5 kilómetros en 2011 y un máximo de 116.4 kilómetros en 2014).

El promedio para el área de estudio fue de 0.59 focas por kilómetro ( $SD = 0.23$ ), con un mínimo promedio de 0.36 focas, en 2012, y un máximo promedio de 0.93, en 2014 (figura 6, tabla 6) (los valores promedio excluyen al transecto de bahía Chile, en donde no se avistaron individuos en ninguno de los años de estudio). Otro año con un importante número de avistamientos fue 2011 (0.69 individuos por kilómetro); los años restantes presentaron valores inferiores al promedio: 0.46 en 2013 y 0.44 en 2010. Este mismo análisis de acuerdo con los meses de estudio evidencia que en enero se presentaron valores superiores (en 2014) e inferiores (en 2010 y 2013) al promedio; algo similar ocurrió con los estudios efectuados entre febrero y marzo, con valores altos en 2011 y bajos en 2012.

Los valores máximos absolutos se registraron en la isla Torre (promedio de 1.7 focas por kilómetro;  $SD = 0.67$ ), en donde durante tres años (2010, 2012 y 2013) se registraron 2.0

individuos por kilómetro. Por el contrario, en tres transectos y doce repeticiones anuales no se registraron focas de Weddell: isla Greenwich 2, punta Ambato (entre 2010 y 2013); isla Robert (entre 2010 y 2012) y bahía Chile (en ningún año de estudio) (tabla 6, anexo 3).

El transecto con el mayor número de avistamientos fue isla Greenwich 1 (punta Fort Williams), con un promedio anual de 23.2 individuos (SD = 16.62) y una variación de 9 (en 2013) a 51 (en 2014) individuos. En este transecto se registraron como promedio 0.64 focas por kilómetro (SD = 0.36) (figura 7, tabla 5). Siguió el transecto de la isla Dee, con un mínimo y un máximo registrado de 1 (en 2012) y 17 (en 2014) individuos por año y un promedio de 8.0 individuos (SD = 5.74); el número promedio de individuos por kilómetro fue de 0.60 (SD = 0.41) (figura 7, tabla 5). En la isla Barrientos el menor número de focas avistadas ocurrió en 2011 (dos individuos) y el mayor número en 2012 y 2014 (siete individuos en cada año), con un valor promedio de 4.6 individuos (SD = 2.30). El promedio de individuos registrados por kilómetro fue de 0.51 (SD = 0.16) (figura 7, tabla 5). El transecto de la isla Torre presentó un promedio de 3.0 individuos (SD = 1.41) por año (con un rango de uno a cuatro individuos) y un promedio por kilómetro de 1.7 (SD = 0.67) (figura 7, tabla 5). Los restantes transectos estudiados tuvieron poca o ninguna presencia de la foca de Weddell. La isla Robert presentó un promedio anual de 0.8 individuos (con tres años sin registros y un máximo de dos individuos en 2014); en este transecto, el promedio de individuos por kilómetro fue de 0.21. El transecto de la isla Greenwich 2 (punta Ambato) solo registró individuos en 2014, para un promedio anual de 0.4 focas y 0.07 individuos por kilómetro (figura 7, tabla 5).

El análisis de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) presenta diferencias altamente significativas ( $\chi^2$  52.75;  $p < 0.01$ ) entre las frecuencias observadas y las esperadas con los datos completos para los

cinco años de estudio. Este mismo análisis, efectuado de manera independiente para cada transecto, señala que las variaciones altamente significativas se dieron únicamente en los transectos isla Dee ( $\chi^2$  16.50;  $p < 0.01$ ) e isla Greenwich 1 ( $\chi^2$  47.62;  $p < 0.01$ ). El análisis de varianza de dos vías (DBCA) indica que existieron diferencias altamente significativas ( $F$  8.782;  $p = 0.000$ ) entre los siete transectos estudiados, pero no encontró diferencias entre los cinco años del estudio ( $F$  0.224;  $p = 0.922$ ).

La proporción entre machos y hembras para el período 2010–2014 ( $n = 135$ ) fue de 1:0.7 ( $\chi^2$  3.919;  $p = 0.048$ ). Este análisis según cada año de estudio, indica que una mayor proporción de machos se observó en tres años (2010/enero, 2012/febrero-marzo y 2014/enero, con un rango de 1:0.4–0.7); mientras que en 2011 (febrero-marzo) la proporción fue favorable para las hembras (1:0.6), y en 2013 la proporción para ambos sexos fue de 1:1. El análisis de  $\chi^2$  solo evidenció diferencias significativas en 2014 ( $\chi^2$  5.730;  $p = 0.017$ ). El porcentaje de individuos de sexo no determinado en todos los años fue alto, entre 21 (en 2014) y 54 % (en 2010), con una media 33 %.

En cuanto al tamaño de los grupos observados, la mayoría de avistamientos correspondieron a individuos solitarios, en menor grado a grupos pequeños de dos a cuatro individuos y solo en contadas ocasiones se avistaron grupos de más de cinco individuos, como máximo siete, durante el estudio de 2014.

## **5.2. USO DEL SUSTRATO**

Se analizaron los 200 registros obtenidos durante los veranos de 2010 a 2014. El sustrato con el mayor número de registros totales fue nieve/hielo, con 92 avistamientos (46 % del

total analizado), seguido del sustrato arena, que se registró en 80 ocasiones (40 %; figura 8). Sustratos con menor representación fueron, en este orden: piedra gruesa (8 %; n = 15), algas marinas (4 %; n = 8), piedra fina (2 %; n = 4) y musgo (0.5 %; n = 1). No se registraron individuos sobre algas verdes, roca, témpano ni tierra.

El análisis según el sexo de los individuos indica que el 52 % de los machos y el 45 % de las hembras se encontraron sobre nieve/hielo; y el 35 y 39 %, en igual orden, sobre arena (anexo 4). En el caso de los machos, los restantes sustratos aportaron con los siguientes valores: 8 % para piedra gruesa y 3 % para piedra fina y algas marinas por separado. En las hembras: 7 % para algas marinas y piedra gruesa, por sustrato, y 2 % para musgo.

En cuanto al nivel de dureza, el 87 % de los datos correspondieron a sustratos suaves (87 y 86 % para machos y hembras, respectivamente), el 10 % a sustratos duros y ásperos (10 y 7 %, en igual orden) y el 4 % a sustratos muy suaves (3 y 7 %). No se registraron individuos sobre sustratos duros y lisos (figura 9, anexo 5).

El análisis de sustratos de acuerdo con los años de registro es el siguiente (figura 10, anexo 6): el sustrato nieve/hielo estuvo presente en todos los años de estudio, con un mínimo de tres registros (en 2011) y un máximo de 58 (en 2014), para una media de 18.4 individuos por año (46 % del promedio total). El sustrato arena también estuvo presente durante todos los años de estudio, con un registro mínimo de 10 individuos (en 2012) y un máximo de 21 (en 2010); la media fue de 16 individuos por año (40 %). El sustrato piedra gruesa estuvo presente en cuatro años (no apareció en 2013), con un mínimo de tres (en 2012) y un máximo de cuatro individuos (en 2010, 2011 y 2014); la media fue de tres individuos por año (8 %). El sustrato algas marinas se registró en 2011, 2012 y 2014, con una media de

1.6 individuos por año (4 %). Los sustratos piedra fina y musgo solo se registraron en un año de estudio, piedra fina en 2011 (2 %) y musgo en 2014 (0.5 %).

El nivel de dureza suave estuvo presente en todos los años de estudio y abarcó el 87 % de los registros (con un promedio de 34.6 individuos por año; figura 11, anexo 7). El sustrato duro y áspero se registró en cuatro años de estudio (no en 2013), con un 9 % de los registros (3.8 individuos como promedio). El sustrato muy suave se registró en 2011, 2012 y 2014, para un total del 4 % de los registros (1.6 individuos por año como promedio).

El análisis de varianza de un factor (ANOVA), sin distinguir transectos, resultó ser altamente significativo para el uso de sustratos ( $F 4.697$ ;  $p = 0.000$ ); mientras que la prueba de significación de Duncan demostró la existencia de dos grupos: los sustratos algas verdes, roca, témpano, tierra, musgo, piedra fina, algas marinas y piedra gruesa, en el grupo 1; y los sustratos arena y nieve/hielo, en el grupo 2. El análisis de varianza de dos vías (DBCA), con la distinción de los siete transectos estudiados, indicó que las diferencias fueron altamente significativas para la variable sustratos ( $F 2.813$ ;  $p = 0.009$ ), mientras que la variable transectos fue significativa ( $F 2.675$ ;  $p = 0.024$ ). La prueba de Duncan agrupó a todos los transectos en el grupo 1, excepto Greenwich 1 que ocupó el grupo 2.

El análisis de varianza de dos vías según cada año de investigación presentó diferencias altamente significativas para el uso del sustrato ( $F 4.696$ ;  $p = 0.000$ ), aunque no presenta diferencias entre los distintos años de estudio ( $F 0.998$ ;  $p = 0.421$ ). Este mismo análisis según el sexo de los individuos y el uso del sustrato indica que no existieron diferencias estadísticas entre machos y hembras ( $F 1.889$ ;  $p = 0.203$ ), mientras que la variable uso de sustrato, como ya ocurrió en los análisis previos, fue altamente significativa ( $F 20.526$ ;

$p = 0.000$ ). Las pruebas de significación de Duncan realizadas para ambos análisis presentaron dos grupos de sustratos: algas verdes, roca, témpano, tierra, musgo, algas marinas, piedra fina y piedra gruesa en el grupo 1, y arena y nieve/hielo en el grupo 2.

El análisis de varianza de un factor para la dureza y aspereza de los sustratos indica que existieron diferencias altamente significativas ( $F 9.801$ ;  $p = 0.001$ ). Los análisis de varianza de dos vías indican que no existieron diferencias significativas para las variables transectos ( $F 1.374$ ;  $p = 0.278$ ), años ( $F 0.938$ ;  $p = 0.475$ ) y sexo ( $F 0.452$ ;  $p = 0.506$ ), pero sí para la variable dureza de los sustratos ( $F 3.160$ ;  $p = 0.050$ ;  $F 9.648$ ;  $p = 0.002$ ; y  $F 10.601$ ;  $p = 0.000$ , respectivamente). En todos los casos, la prueba de significación de Duncan evidenció la existencia de dos grupos: los sustratos duro y liso, muy suave y duro y áspero formaron el grupo 1; mientras que el sustrato suave el grupo 2.

La prueba del Test exacto de Fisher indica que no existieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las preferencias de machos y hembras por algún tipo de sustrato.

### **5.3. FIDELIDAD DE SITIO**

#### **5.3.1. ANÁLISIS DE FOTO-IDENTIFICACIÓN**

Se analizaron 1561 fotografías y videos de la foca de Weddell correspondientes a 262 avistamientos registrados entre 2002 y 2014 (tabla 7). El 96 % de los registros correspondieron a datos de verano (entre el 29 de diciembre y el 14 de marzo), el 2.3 % a datos de invierno (entre el 23 y 31 de agosto) y el 1.5 % a datos de primavera (entre el 20 de octubre y 5 de noviembre). Durante el estudio de campo efectuado entre 2010 y 2014 se

contabilizaron 1316 imágenes atribuidas a 195 individuos (un 74 % del total analizado); para el período 2002–2009 se registraron 155 fotografías de 55 individuos (21 % del total); mientras que registros casuales obtenidos por otros investigadores durante el período 2010–2014 aportaron con 44 imágenes correspondientes a 12 individuos (5 % del total). El total de individuos foto-identificados, que presentaron series fotográficas válidas, fue de 216 (82 % del total disponible); de estos, 43 % fueron machos ( $n = 93$ ), 31 % hembras ( $n = 67$ ) y para el 26 % restante ( $n = 56$ ) no se definió su sexo.

El total de individuos únicos registrados dentro del área de estudio, luego del análisis de foto-identificación (que excluye las recapturas y los individuos que no presentaron series fotográficas válidas), fue de 174; de los cuales, 27 individuos presentaron por lo menos una recaptura (16 %). El total de recapturas fue de 42 (con un mínimo de una y un máximo de cuatro recapturas por individuo; tabla 8, anexo 8).

El transecto isla Greenwich 1 (punta Fort Williams) registró el mayor número de recapturas, con 28 (67 %); otros cinco transectos también registraron recapturas (tabla 8): isla Dee e isla Greenwich 3 (punta Ash), con cuatro recapturas cada uno (10 % por transecto). El transecto de la isla Barrientos registró tres recapturas (7 %), el de la isla Torre dos (5 %) y el transecto isla Greenwich 2 (punta Ambato) apenas una recaptura (2 %). No se registraron recapturas en los transectos isla Robert y bahía Chile.

El número de recapturas varió entre cero (en 2002, 2004, 2005, 2006 y 2008) y 21 (en 2014), número que representó el 50 % del total de recapturas obtenidas durante todo el estudio (tabla 7). Otros años con un importante número de recapturas fueron 2011 (ocho; 19 %) y 2013 (seis; 14 %). El 52 % del total de individuos recapturados fueron machos

(14 individuos), el 33 % hembras (nueve individuos) y para el 15 % su sexo no fue definido (cuatro individuos) (anexo 8).

Todas las recapturas correspondieron a la época de verano, excepto una (de una madre con cría), registrada en tres ocasiones durante invierno (entre el 23 y 31 de agosto de 2012). El período de tiempo entre dos recapturas varió entre un día y siete años, con un promedio de 666.5 días entre cada evento de recaptura (esto es un año, 10 meses y dos días). El promedio de recapturas por año fue de 3.2 y el promedio de individuos recapturados por año fue de 2.1 (en ambos casos se consideró un período de 13 años de datos: 2002–2014).

### 5.3.2. FIDELIDAD INDIVIDUAL

El análisis de fidelidad individual (en base a la relación entre el tiempo y el espacio existente entre recapturas) indica que 21 individuos tuvieron alguna fidelidad (12 % del total analizado): uno registró fidelidad muy alta (4 % del total recapturado), ocho fidelidad alta (30 %), nueve registraron fidelidad moderada (33 %) y tres individuos presentaron fidelidad baja (11 %) (figura 12, anexo 8). Por el contrario, 147 individuos no fueron recapturados (85 %) y a seis ejemplares recapturados se les atribuyó no tener fidelidad (esto es un 22 % del total recapturado; figura 12) debido al tiempo existente entre dos recapturas. En total, 153 individuos no presentaron fidelidad de sitio (88 %).

### 5.3.3. FIDELIDAD PARA LA ESPECIE

De acuerdo con el análisis de fidelidad individual, el total de recapturas registradas de fidelidad muy alta, alta y moderada fue de 18, número que representó un 10.3 % de los 174

individuos analizados. Este porcentaje indica que la foca de Weddell demostró tener un nivel de fidelidad de sitio bajo dentro del área de estudio. La prueba del Test exacto de Fisher señala que no existieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los resultados de fidelidad de sitio para machos y hembras.

## 5.4. ESTADO DE CONSERVACIÓN

### 5.4.1. DETERMINACIÓN DE AMENAZAS

Se identificaron 24 tipos de amenaza que pueden afectar a la foca de Weddell dentro del área de estudio (anexo 2): como **amenazas inmediatas** se identificaron una potencial y tres no aplicables; como **amenazas mediatas** se identificaron 18 formas de impacto: 10 se consideraron como amenazas reales, siete como potenciales y una amenaza no aplicable; como **amenazas a largo plazo** se identificaron una potencial y otra no aplicable. En total, se establecieron 10 amenazas reales, nueve potenciales y cinco no aplicables (anexo 2).

### 5.4.2. MATRICES DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Se evaluaron las 19 amenazas identificadas reales y potenciales; no se tomaron en consideración dentro de las matrices de evaluación las cinco amenazas no aplicables. El detalle con los valores individuales para las tres matrices se presenta en los anexos 9.1, para las matrices 1 y 2; y 9.2, para la matriz 3 y la puntuación final. Una interpretación de las amenazas evaluadas se indica en el anexo 10.

#### 5.4.2.1. Matriz 1: magnitud de los impactos

La calificación de la magnitud de los impactos varió de -3.5 a -9.0 puntos (en un rango de valores mínimos y máximos posibles de -3.5 a -10). Los valores más bajos fueron para seis amenazas reales: la contaminación del aire, la contaminación sonora (ruido), la eliminación de desechos líquidos-no hidrocarburos, la presencia de basura inorgánica en el agua, la presencia humana y la presencia de vehículos; y una potencial: la contaminación del suelo por hidrocarburos a pequeña escala. Cada amenaza obtuvo una calificación de -3.5 puntos (equivalente a **magnitud baja**).

Las amenazas de **magnitud moderada** fueron siete, cuatro reales (la presencia de basura inorgánica en el suelo, las actividades turísticas, la presencia de embarcaciones y los cambios en el paisaje a pequeña escala) y tres potenciales (la cacería dirigida de individuos, la contaminación del agua por hidrocarburos a pequeña escala y la contaminación del suelo por hidrocarburos a gran escala). La valoración que obtuvieron fue de -4.0 a -5.5 puntos.

Las amenazas de **magnitud alta** fueron seis, una real (los cambios en el paisaje a gran escala) y cinco potenciales (las mortalidades masivas debido a epidemias y a los fenómenos de El Niño, la contaminación en el ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados, la introducción de especies y el cambio climático). Los valores que obtuvieron estas amenazas fue de -6.5 a -8.0 puntos. Se identificó una amenaza de **magnitud muy alta**, considerada como potencial (la contaminación del agua por hidrocarburos a gran escala), con un valor de -9.0.

#### 5.4.2.2. Matriz 2: importancia de los impactos para la especie

La importancia de los impactos para la especie recibió valores de 3.5 a 90.0 (en un rango de valores posibles de 3.5 a 100). Dentro de los **impactos sin importancia** se incluyeron 11 amenazas, 10 reales (la contaminación del aire, la contaminación sonora, la presencia de basura inorgánica en el agua y en el suelo, las actividades turísticas, la presencia humana, la presencia de embarcaciones, la presencia de vehículos y los cambios en el paisaje a pequeña y gran escala) y una potencial (la contaminación del suelo por hidrocarburos). El rango de valores obtenidos fue de 3.5 a 6.5 puntos.

Se identificaron dos **impactos poco importantes**, uno real (la eliminación de desechos líquidos) y otro potencial (la cacería dirigida de individuos), con valores de 17.5 y 20.0 puntos, respectivamente. Se determinó un solo **impacto medianamente importante** (la introducción de especies), considerada como una amenaza potencial y un puntaje de 35. También se determinó un **impacto importante** (la contaminación del agua por hidrocarburos a pequeña escala), una amenaza potencial con un valor de 55 puntos.

Como **impactos muy importantes** se identificaron cinco amenazas, todas potenciales: las muertes masivas debido a epidemias y a los fenómenos de El Niño, la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados, la contaminación del ambiente por hidrocarburos a gran escala y los efectos del cambio climático, con una valoración de 70 a 90 puntos.

### 5.4.2.3. Matriz 3: certeza de la ocurrencia de los impactos

Se realizaron cuatro evaluaciones, una para cada una de las islas con la mayor cantidad de registros: Barrientos, Dee y Greenwich (segmento punta Fort Williams) y otra para toda el área de estudio en conjunto (anexo 9.2). La figura 13 representa la distribución porcentual de la certeza de ocurrencia de las amenazas reales y potenciales dentro del área de estudio.

**Isla Barrientos:** los **impactos no probables** fueron tres, dos reales (eliminación de desechos líquidos-no hidrocarburos y la presencia de vehículos) y uno potencial (la contaminación del suelo por hidrocarburos). Los **impactos muy poco probables** fueron cinco, dos reales (la contaminación del aire y la contaminación sonora) y tres potenciales (la cacería dirigida de individuos, la contaminación del agua por hidrocarburos y el cambio del paisaje a gran escala). Los **impactos poco probables** fueron seis, tres reales (la presencia de basura en el agua y en el suelo y el cambio del paisaje a pequeña escala) y tres potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de enfermedades, la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados y la introducción de especies). Los **impactos probables** fueron dos, ambos potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de los fenómenos de El Niño y el cambio climático). Finalmente, los **impactos ciertos** fueron tres, todos reales (las actividades turísticas, la presencia humana y la presencia de embarcaciones).

**Isla Dee:** los **impactos no probables** fueron siete, cuatro reales (la contaminación sonora, la eliminación de desechos líquidos-no hidrocarburos, las actividades turísticas y la presencia de vehículos) y tres potenciales (la contaminación del suelo por hidrocarburos y el cambio del paisaje a pequeña y gran escala). Los **impactos muy poco probables** fueron

cuatro, uno real (la contaminación del aire) y tres potenciales (la cacería dirigida de individuos, la contaminación del agua por hidrocarburos y la introducción de especies).

Los **impactos poco probables** fueron cuatro, dos reales (la presencia de basura en el agua y en el suelo) y dos potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de enfermedades y la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados). Los **impactos probables** fueron cuatro, dos reales (la presencia humana y de embarcaciones) y dos potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de los fenómenos de El Niño y el cambio climático). No se registraron **impactos ciertos**.

**Isla Greenwich (segmento punta Fort Williams):** los **impactos muy poco probables** fueron dos, ambos potenciales (la cacería dirigida de individuos y la contaminación del agua por hidrocarburos a gran escala). Los **impactos poco probables** fueron nueve, cuatro reales (la eliminación de desechos líquidos-no hidrocarburos, la presencia de basura en el agua y en el suelo y las actividades turísticas) y cinco potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de enfermedades, la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados, la contaminación del agua por hidrocarburos a pequeña escala, la contaminación del suelo por hidrocarburos y la introducción de especies). Los **impactos probables** fueron cuatro, dos reales (la contaminación sonora y los cambios del paisaje a gran escala) y dos potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de los fenómenos de El Niño y el cambio climático). Los **impactos ciertos** fueron cinco, todos reales (la contaminación del aire, la presencia humana, de embarcaciones y vehículos y los cambios del paisaje a pequeña escala). No se registraron **impactos no probables**.

**Toda el área de estudio:** los **impactos muy poco probables** fueron dos, ambos potenciales (la cacería dirigida de individuos y la contaminación del agua por

hidrocarburos a gran escala). Los **impactos poco probables** fueron siete, dos reales (la eliminación de desechos líquidos-no hidrocarburos y la presencia de basura inorgánica en el agua) y cinco potenciales (la mortalidad masiva derivada de enfermedades, la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados, la contaminación del agua por hidrocarburos a pequeña escala, la contaminación del suelo por hidrocarburos y la introducción de especies). Los **impactos probables** fueron cinco, dos reales (la contaminación sonora y la presencia de basura inorgánica en el suelo) y tres potenciales (la mortalidad masiva derivada de los fenómenos de El Niño, los cambios del paisaje a gran escala y el cambio climático). Los **impactos ciertos** fueron seis, todos reales (la contaminación del aire, las actividades turísticas, la presencia humana, de embarcaciones y de vehículos y los cambios del paisaje a pequeña escala). No se identificaron **impactos no probables**.

#### **5.4.2.4. Importancia relativa de los impactos (calificación final)**

La calificación final de las tres matrices presentó puntajes que variaron de 0 a 350 (para un rango mínimo y máximo posible de 0 a 1000 puntos). La figura 14 indica la distribución porcentual de la importancia relativa de los impactos reales y potenciales para la foca de Weddell dentro del área de estudio. Los resultados para las cuatro evaluaciones realizadas (islas Barrientos, Dee y Greenwich, segmento punta Fort Williams, y toda el área de estudio) fueron los siguientes (figura 14, anexo 10):

**Isla Barrientos:** los **impactos insignificantes** fueron 10, siete reales (la contaminación del aire, la contaminación sonora, la eliminación de desechos líquidos-no hidrocarburos, la presencia de basura inorgánica en el agua y en el suelo, la presencia de vehículos y los

cambios del paisaje a pequeña escala) y tres potenciales (la cacería dirigida de individuos y la contaminación del agua y del suelo por hidrocarburos). Los **impactos leves** fueron cinco, tres reales (las actividades turísticas, la presencia humana y de embarcaciones) y dos potenciales (la introducción de especies y los cambios del paisaje a gran escala). Los **impactos moderados** fueron dos, ambos potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de enfermedades y la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados). Los **impactos graves** fueron dos, de tipo potencial, la mortalidad masiva derivada de los fenómenos de El Niño y el cambio climático.

**Isla Dee:** los **impactos insignificantes** fueron 15, 11 reales (la contaminación del aire, la contaminación sonora, la eliminación de desechos líquidos-no hidrocarburos, la presencia de basura inorgánica en el agua y en el suelo, las actividades turísticas, la presencia humana, la presencia de embarcaciones, la presencia de vehículos y los cambios del paisaje a pequeña y gran escala) y cuatro potenciales (la cacería dirigida de individuos, la contaminación del agua y del suelo por hidrocarburos y la introducción de especies). Los **impactos moderados** fueron dos, ambos potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de enfermedades y la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados). Finalmente, se identificaron dos **impactos graves**, de tipo potencial, la mortalidad masiva de individuos derivada de los fenómenos de El Niño y el cambio climático. No se identificaron **impactos leves**.

**Isla Greenwich (segmento punta Fort Williams):** los **impactos insignificantes** para la foca de Weddell fueron siete, cinco reales (la contaminación sonora, la eliminación de desechos líquidos-no hidrocarburos, la presencia de basura inorgánica en el agua y en el suelo y las actividades turísticas) y dos potenciales (la cacería dirigida de individuos y la

contaminación del suelo por hidrocarburos). Los **impactos leves** fueron seis, cinco reales (la contaminación del aire, la presencia humana, la presencia de embarcaciones, la presencia de vehículos y los cambios del paisaje a pequeña escala) y uno potencial (la introducción de especies). Los **impactos moderados** fueron cuatro, todos potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de enfermedades, la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados, la contaminación del agua por hidrocarburos y los cambios del paisaje a gran escala). Finalmente, se identificaron dos **impactos graves**, de tipo potencial, la mortalidad masiva de individuos derivada de los fenómenos de El Niño y el cambio climático.

**Toda el área de estudio:** los **impactos insignificantes** para la foca de Weddell fueron cinco, tres reales (la contaminación sonora, la eliminación de desechos líquidos-no hidrocarburos, la presencia de basura inorgánica en el agua) y dos potenciales (la cacería dirigida de individuos y la contaminación del suelo por hidrocarburos). Los **impactos leves** fueron ocho, siete reales (la contaminación del aire, la presencia de basura inorgánica en el suelo, las actividades turísticas, la presencia humana, la presencia de embarcaciones, la presencia de vehículos y los cambios del paisaje a pequeña escala) y uno potencial (la introducción de especies). Los **impactos moderados** fueron cuatro, todos potenciales (la mortalidad masiva de individuos derivada de enfermedades, la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados, la contaminación del agua por hidrocarburos y los cambios del paisaje a gran escala). Finalmente, se identificaron dos **impactos graves**, de tipo potencial, la mortalidad masiva de individuos derivada de los fenómenos de El Niño y el cambio climático.

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. COMENTARIOS SOBRE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

#### 6.1.1. INVESTIGADORES

En el estudio de campo participaron tres investigadores principales (Diego Tirira en 2010, 2012 y 2014; Paola Moscoso en 2011; y Santiago Burneo en 2013), un aspecto importante a considerar debido a que las diferencias en la experiencia y habilidad de los investigadores para la toma de registros pudo haber modificado la calidad de los datos. Hadley *et al.* (2006) y Rotella *et al.* (2009) indican que la probabilidad de detección de la foca de Weddell es alta durante recorridos terrestres a lo largo de la línea de costa, similares a los realizados en el presente estudio, incluso señalan que en varias muestras obtuvieron valores del 100 % del total de individuos presentes, información que minimizaría el riesgo en la calidad de los datos tomados.

Los promedios más altos y más bajos de individuos avistados por kilómetro dentro del presente estudio correspondieron a un misma persona (Diego Tirira; tabla 6), lo cual reduciría la opción de que los resultados estuvieron influenciados por la experiencia del investigador. Esto hace pensar que las diferencias altamente significativas observadas en el número de individuos registrados por kilómetro durante los cinco años de estudio estarían influenciadas por variables diferentes a la toma de datos por los investigadores.

### 6.1.2. FOTO-IDENTIFICACIÓN

El análisis manual de foto-identificación fue particularmente difícil. Seguramente, éste es el motivo por el cual no existen publicaciones donde se documente el uso de esta técnica con la foca de Weddell, en donde se ha preferido el marcaje con etiquetas (*e.g.*, Stirling, 1971b; Siniff *et al.*, 1977; Testa y Siniff, 1987; Cameron y Siniff, 2004; Hadley *et al.*, 2006) o el uso de pintura (Woyciechowski, 1980).

Las dificultades encontradas en la foto-identificación radican en la similitud existente en el patrón de manchas de muchos individuos y a que la forma de ciertas manchas cambiaba en proporción de acuerdo con la posición del cuerpo, lo cual obligó a una revisión minuciosa de las imágenes. Para disminuir el riesgo de no identificar recapturas existentes se trabajó simultáneamente con todos los juegos de fotografías de un mismo individuo y se repitió el análisis en una ocasión para la mayoría de individuos varias semanas más tarde.

Otra deficiencia encontrada en el empleo de la foto-identificación para la foca de Weddell radica en que la técnica no fue adecuada para individuos viejos, cuando es evidente que el pelaje, especialmente de la región ventral, se aclara y no permite la diferenciación de las características manchas de la especie, algo importante a considerar por tratarse de una especie longeva y fiel a los sitios de crianza, según se analiza más adelante.

### 6.1.3. CAPTURA-RECAPTURA

Si bien para el análisis de captura-recaptura existieron buenos juegos de fotografías para la mayoría de individuos desde el inicio del estudio (en 2010), en términos generales se

puede decir que la calidad de las fotografías mejoró a partir de 2012; lo cual posiblemente influyó en el mayor número de recapturas en los últimos años; aunque también no se debe dejar de mencionar que 2014 fue el año con el mayor número de recapturas totales y también el año con el mayor número de registros. De los 200 individuos avistados durante el estudio de campo, para 172 (86 %) se dispuso de buenas series fotográficas; mientras que para 28 individuos (14 %), el material no fue adecuado o inexistente y, por lo tanto, pueden haberse omitido algunas recapturas.

Uno de los planteamientos iniciales del diseño experimental fue estimar el tamaño de la población de la foca de Weddell en el área de estudio mediante un análisis de captura-recaptura, propuesta que no fue posible debido al bajo número de recapturas, apenas 14 durante los recorridos de transectos a lo largo de los cinco años de estudio; de ellas, nueve recapturas se efectuaron en 2014, mientras que en los años previos el número osciló entre cero y tres por año, número insuficiente para llevar a cabo estimativos poblacionales, incluso con metodologías que disminuyen el sesgo en poblaciones pequeñas (Chapman, 1951; Seber, 1982; Badii *et al.*, 2012).

Probablemente el bajo número de recapturas obtenidas en el área de estudio refleja una población grande de la foca de Weddell (Chapman, 1951; Seber, 1982). Erickson *et al.* (2009a) mencionan que entre los limitantes para llevar a cabo análisis de captura-recaptura en la Antártida se encuentran la gran cantidad de individuos, los extensos desplazamientos que realizan y debido a que ocupan campos de hielo de difícil acceso; a pesar de estos argumentos, los estudios antes indicados, en donde se emplearon otras formas de marcaje, han tenido éxito en la aplicación de diferentes modelos para estimar el tamaño de la población en un área específica.

#### 6.1.4. FACTORES DE PRESENCIA

Durante el diseño experimental del proyecto se planteó realizar un análisis de la influencia de las variables climáticas sobre la presencia de la foca de Weddell, análisis que tuvo varios limitantes. El principal fue no tener continuidad en la toma de datos climáticos por parte del personal de la estación Maldonado y el uso de equipos meteorológicos con calibraciones diferentes en varios años. Para solventar esta deficiencia, se tomó información climática para los mismos años y meses de estudio de la Estación Científica Bellingshausen, Rusia (AARI, 1968–2014), ubicada en la isla Rey Jorge, a 45 kilómetros al noreste de la estación ecuatoriana, que proveyó datos climáticos de nueve variables distintas: temperatura media, máxima y mínima del aire, temperatura media del suelo, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento, presión atmosférica al nivel del mar y horas de brillo solar.

Las variables climáticas fueron confrontadas con el número de individuos por kilómetro obtenidos en los recorridos efectuados entre 2010–2014. En primer lugar se llevó a cabo un Análisis de Componente Principales (PCA) con todas las variables para determinar cuáles fueron los componentes más relevantes que ayudaron a explicar la variación en los datos. Estos resultados fueron sometidos a un análisis de Modelo Lineal Generalizado, donde nuevamente se interrelacionaron los registros de la foca de Weddell con los factores (año, transecto) y las covariables (datos climáticos, que fueron los resultados del PCA).

El resultado del análisis multivariado indicó que no existieron diferencias significativas que demuestren que las variables ambientales influenciaron sobre los registros de la foca de Weddell; sin embargo, la evidencia física y los registros observados indican que las

variables climáticas sí influenciarían en la presencia de la foca de Weddell, pues el año con el mayor número de registros totales y por kilómetro fue 2014, un año con abundante nieve y con los menores valores de temperatura registrados durante los cinco años de estudio. En este sentido, el análisis de factores de presencia debe ser replanteado, especialmente, se requiere trabajar con datos climáticos diarios (o incluso por hora) para relacionarlos con los mismos días u horas en que se desarrollen los recorridos.

## 6.2. NÚMERO DE INDIVIDUOS

El número de focas de Weddell registradas por año presentó una variación altamente significativa de acuerdo con la prueba de  $\chi^2$ , lo cual indica que la población, o la parte de ella que visita el área de estudio, no fue homogénea durante los cinco años de investigación. Esta variación se dio con los datos en conjunto para toda el área y para los dos transectos con la mayor cantidad de datos: islas Greenwich 1 y Dee.

Las diferencias altamente significativas encontradas en el análisis de varianza entre los siete transectos estudiados, pero no entre los cinco años de estudio, demostraría que la distribución de la foca de Weddell no fue al azar, sino que la especie tendría preferencia por ciertos transectos y apoya la idea de que no existió un sesgo debido al investigador que tomó los datos. La separación del transecto de la isla Torre en la prueba de significación de Duncan se considera como un resultado sesgado dada la pequeña longitud del transecto y los pocos avistamientos que se registraron en su interior durante cada año de estudio.

Un aspecto a considerar de la metodología empleada es que el transecto más estudiado (isla Greenwich 1) presentó resultados similares en cuanto al número de individuos por

kilómetro (0.64) que el transecto de la isla Dee (0.60), a pesar de que este último tuvo bastantes menos recorridos por año: con un promedio de 7.4 en Greenwich 1 contra 2.8 en Dee. Esto hace pensar que no necesariamente el transecto más estudiado tendrá los mayores valores cuando se analiza la información con una escala objetiva y comparable en cuanto al esfuerzo de muestreo.

La ausencia de registros de la foca de Weddell en el transecto de bahía Chile ya fue mencionada por Aguayo y Torres (1967), quienes tampoco avistaron a este pinnípedo en 1966 durante un recorrido desde helicóptero. Esta ausencia se podría explicar por las características del transecto, con sus orillas cubiertas por glaciares y acantilados en su mayor parte que no favorecen la existencia de sitios idóneos para el reposo de esta especie; por el contrario, en este transecto se han registrado otras especies de pinnípedos (particularmente *Hydrurga leptonyx* y *Lophodon carcinophaga*) mientras descansaban sobre témpanos de hielo (Tirira, 2010; obs. pers.).

Se piensa que el número de focas de Weddell presentes en el área de estudio debe ser bastante más alto al registrado, pues como se indicó anteriormente, la abundancia de individuos y la frecuencia de sus desplazamientos habría limitado el número de recapturas y, por lo tanto, la aplicación de modelos que permitan inferir el tamaño de la población presente en los alrededores de la estación Maldonado. Este es un aspecto importante a considerar cuando se analicen temas de conservación, pues al ser una población grande, la presencia de la especie no se vería amenazada antes la mayoría de impactos que pudieran presentarse en el futuro, según se analiza en el subcapítulo de Estado de conservación.

Los conteos poblacionales para la foca de Weddell efectuados en esta parte de la Antártida se reducen a unos pocos estudios, aunque diferentes en metodología y tiempo de duración, han permitido realizar una comparación general con los resultados obtenidos en los alrededores de la estación Maldonado. En todos los casos, los resultados se expresan en números absolutos de individuos observados y en ninguno de ellos se ha realizado un estimativo del número de individuos por kilómetro. En tal circunstancia, se ha realizado este cálculo con la información proporcionada en los mismos artículos y en base a la cartografía disponible.

El primer estudio corresponde a un conteo aéreo (desde helicóptero) efectuado por Aguayo y Torres (1967), entre diciembre de 1965 y febrero de 1966, a lo largo de todas las islas e islotes del archipiélago de las Shetland del Sur (13 localidades) y la parte occidental de la península Antártica (siete localidades; anexo 11). Los resultados presentan un amplio rango de individuos de foca de Weddell contados por día y localidad (entre 0 y 1085), que equivaldría a haber observado hasta 15.50 individuos por kilómetro (casi 10 veces superior al valor más alto registrado en los alrededores de la estación Maldonado. Dentro de los transectos estudiados por Aguayo y Torre (1967), cuatro abarcan nuestra área de estudio:

- a. Transecto de la isla Greenwich (mitad noroeste), entre punta Fort Williams y bahía Yankee (alrededor de 33 kilómetros de recorrido), donde Aguayo y Torres observaron solo dos focas de Weddell (esto es 0.06 individuos por kilómetro); abarca los transectos isla Greenwich 1 y 2 (que en total suman ocho kilómetros) y en donde para el período 2010–2014 se registraron como promedio 0.36 individuos por kilómetro (valores por transecto de 0.67 y 0.07, respectivamente).

- b. Transecto de la isla Greenwich (mitad sureste), entre bahía Yankee y bahía Chile (alrededor de 37 kilómetros), no registraron focas de Weddell; incluye el transecto bahía Chile (15 kilómetros), en donde tampoco se avistaron individuos en ninguno de los cinco años de estudio.
- c. Transecto de la isla Dee y otros islotes vecinos (alrededor de 20 kilómetros), donde Aguayo y Torres reportan haber avistado 29 focas de Weddell (1.45 individuos por kilómetro); incluye los transectos de las islas Barrientos, Dee y Torre (8.6 kilómetros en total), en donde en nuestro estudio se registraron como promedio 0.94 individuos por kilómetro (valores por transecto de 0.51, 0.60 y 1.70, respectivamente).
- d. Transecto de la parte oeste de la isla Robert, entre punta Prat y la isla Hummock (alrededor de 30 kilómetros), avistaron en dos conteos independientes ocho y 30 focas de Weddell (0.27 y 1.0 individuos por kilómetro, respectivamente); abarca el transecto de la isla Robert (de 2.8 kilómetros), en donde se avistaron como promedio 0.21 focas por kilómetro durante los cinco años de nuestro estudio.

Aguayo y Torres (1967) indican que la isla Robert fue la única localidad visitada en dos ocasiones durante la expedición, una en enero y otra en febrero de 1966, con la finalidad de observar la variación en el número de individuos entre cada conteo. En enero la foca de Weddell fue más abundante para el segmento de punta Prat a isla Hummonck (30 individuos contra ocho en febrero), pero no así para el conteo acumulado de toda la isla, cuando durante el censo de febrero se registraron entre 228–248 individuos, contra 165–170 en enero. Algo similar se observó en los alrededores de la estación Maldonado, cuando los valores más altos y bajos promedios se registraron indistintamente en los meses de

enero o febrero-marzo (tabla 6), lo cual demostraría que la abundancia en el número de individuos estaría influenciada por otros factores y no por el mes de estudio.

Otro estudio efectuado dentro de las islas Shetland del Sur corresponde a un monitoreo de largo plazo llevado a cabo por investigadores de la Estación Científica Henryk Arctowski, en la costa occidental de la bahía Almirantazgo (62°09'41"S, 58°28'10"W), isla Rey Jorge, a unos 80 kilómetros al noreste de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, quienes realizaron conteos de individuos en recorridos terrestres a lo largo de un transecto de 15 kilómetros junto a la línea de costa, en 1978 (Myrcha y Teliga, 1980) y entre 1988 y 2000 (excepto en 1993) (Sierakowski, 1991; Lesiński, 1993; Rakusa-Suszczewski y Sierakowski, 1993; Ciaputa, 1996; Salwicka y Sierakowski, 1998; Salwicka y Rakusa-Suszczewski, 2002).

Myrcha y Teliga (1980), Presler (1980), Sierakowski (1991), Rakusa-Suszczewski y Sierakowski (1993), Ciaputa (1996) indican que si bien la foca de Weddell ha mantenido un tamaño poblacional bajo en la bahía Almirantazgo (isla Rey Jorge), el número de avistamientos ha sido constante, con variaciones estacionales pequeñas. Salwicka y Rakusa-Suszczewski (2002) reportan que las frecuencias para el período 1988–2000 no presentaron diferencias dentro de cada año de estudio, con excepción de los muestreos de 1997 a 1999, en donde los análisis de  $\chi^2$  sí evidenciaron diferencias ( $p < 0.01$ ).

Salwicka y Rakusa-Suszczewski (2002) indican que los resultados del monitoreo de la bahía Almirantazgo presentaron dos períodos definidos: entre 1988–1992, el número promedio de individuos por censo fue de  $11 \pm 0.60$  (0.73 focas por kilómetro); mientras que entre 1994–2000, el número declinó a  $6 \pm 0.50$  individuos por censo (0.40 focas por

kilómetro). Esta variación se refleja en el análisis estadístico entre años, cuando fue evidente la existencia de diferencias significativas, aunque no se observó ninguna tendencia en la población (Sierakowski, 1991; Ciaputa, 1996; Salwicka y Rakusa-Suszczewski, 2002), resultados similares a los registrados en la estación Maldonado, donde la variación entre años también fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ), pero tampoco se disponen de insumos suficientes para argumentar alguna tendencia en los registros.

Para las islas Shetland del Sur se han publicado otros tres estudios, aunque de corta duración y en áreas específicas, con los siguientes resultados (anexo 11):

En la península Keller, a 10 kilómetros al noreste de la estación Arctowski, dentro de la bahía Almirantazgo, Woyciechowski (1980) realizó durante el verano austral de 1979 un conteo terrestre durante 22 días a lo largo de un transecto de cuatro kilómetros. Registró un total de 477 focas de Weddell (con un mínimo por recorrido de una y un máximo de 49), para un promedio diario de 23.9 focas (5.97 individuos por kilómetro). Durante su estudio marcó con pintura a los individuos para mediante un análisis de captura-recaptura (método de Zippin e índice de Lincoln) estimar en 105 individuos el tamaño de la población en la península Keller (que equivaldrá a 26.3 focas por kilómetro), con lo cual calculó que durante el período de campo habría observado a un 30 % de la población total de la foca de Weddell. Si se asume que este porcentaje se repite en nuestro estudio, se estimaría que el número promedio de focas de Weddell por año sería de 120 (con un rango 72–240 por año) y que el total promedio de individuos por kilómetro sería de 1.77.

Jabłoński (1980) reporta que en un censo terrestre efectuado en 1979 en la isla Pingüino ( $62^{\circ}06'S$ ,  $57^{\circ}52'W$ ), al sureste de la isla Rey Jorge, registró dos focas de Weddell en un transecto de tres kilómetros de longitud, esto es 0.66 focas por kilómetro.

Kendall *et al.* (2003), en un estudio a lo largo de la bahía Port Foster, en la isla Decepción ( $62^{\circ}58'37''S$ ,  $60^{\circ}39'00''W$ ), con cuatro réplicas (marzo y noviembre de 1999, febrero y noviembre 2000) y mediante observaciones desde un bote de goma a lo largo de la línea de costa, indican que únicamente observaron focas de Weddell en el último muestreo, cuando avistaron 64 individuos (esto es aproximadamente 0.59 focas por kilómetro). Para esta misma bahía, Aguayo y Torres (1967) reportaron seis focas de Weddell en enero de 1966 (0.16 focas por kilómetro).

En resumen, es evidente que el número de focas de Weddell registradas en nuestro estudio y en los restantes mencionados presentan una amplia variación, desde cero hasta más de 15.50 foca por kilómetro (como promedio 3.00), lo cual no permite establecer un patrón ni inferior sobre sectores más o menos idóneos para su presencia. También es cierto que los resultados obtenidos en los alrededores de la estación Maldonado durante el período 2010–2014 se encuentran entre los menores registrados para esta parte de la Antártida, con un promedio de 0.59 individuos por kilómetro (rango entre transectos de 0.00–2.00).

Al igual que lo observado en los alrededores de la estación Maldonado, otras investigaciones señalan que la foca de Weddell presenta variaciones significativas en el número de individuos registrados, tanto en conteos efectuados en varios transectos dentro de un mismo período de tiempo (Aguayo y Torres, 1967), como en un mismo sitio de estudio durante varios años de datos (*e.g.*, Stirling, 1971b; Siniff *et al.*, 1977; Testa y

Siniff, 1987; Rakusa-Suszczewski y Sierakowski, 1993; Salwicka y Sierakowski, 1998; Salwicka y Rakusa-Suszczewski, 2002; Cameron y Siniff, 2003; Hadley *et al.*, 2006). Esta afirmación indica que la presencia de la foca de Weddell no es homogénea ni en el tiempo ni el espacio a lo largo de los diferentes sitios de reposo aparentemente idóneos.

Smith (1965), Stirling (1969a), Woyciechowski (1980), Testa (1994) y Stewart *et al.* (2000) indican que conforme avanza el verano existe una marcada y progresiva reducción en el número de individuos que dejan sus sitios de reposo para dispersarse, desde fines de enero, pero más acentuado hacia febrero, algo que no es corroborado con lo observado en los alrededores de la estación Maldonado ni con los resultados obtenidos por Aguayo y Torres (1967) ni Salwicka y Rakusa-Suszczewski (2002). En tal sentido, se sospecha que la especie presenta patrones todavía no dilucidados, que son necesarios estudios más profundos que cubran todo un verano y con un mayor número de réplicas e incluyan el análisis de variables climáticas no consideradas.

No fue posible comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con estimativos poblacionales efectuados para la foca de Weddell en la Antártida oriental (principalmente en la bahía Erebus, alrededores de la base McMurdo, en el mar de Ross: Erickson *et al.*, 1971; Ainley, 1985; Cameron y Siniff, 2004; Rotella *et al.*, 2009, 2012; Bengtson *et al.*, 2011; o proyecciones a amplias áreas geográficas: Eklund y Atwood, 1962; Gilbert y Erickson, 1977; Erickson y Hanson, 1990; Southwell *et al.*, 2012), debido a las distintas metodologías (*e.g.*, marcaje para estudios de captura-recaptura y modelamientos matemáticos) y escalas de medición empleadas (*e.g.*, como densidad de individuos por kilómetro cuadrado), sin dejar de lado la latitud como principal factor diferencial (de 62°

de latitud sur para el área de estudio en los alrededores de la estación Maldonado a 77° en la base McMurdo).

Algunos aspectos que vale la pena comentar de los estudios efectuados dentro de la Antártida oriental, es que Cameron y Siniff (2004) sugieren que la abundancia de la foca de Weddell en la bahía Erebus ha permanecido relativamente estable durante el período 1963–2000, con ligeras fluctuaciones anuales. Estos autores argumentan que la variación ocurre básicamente por el ingreso de individuos jóvenes nacidos fuera del área de estudio. En números absolutos para esta localidad y período indicado, los autores documentan el registro de entre 259 y 767 individuos por año (Cameron y Siniff, 2004; Rotella *et al.*, 2009), aunque no especifican la extensión completa del área de estudio y tampoco ha sido posible deducirla debido a que esta parte del mar de Ross permanece congelada la mayor parte del año; por tal motivo, las focas no reposan a lo largo de la costa, como ocurre en nuestra área de estudio, sino que se ubican alrededor de agujeros en el hielo.

En lo referente a la proporción de sexos registrada en los alrededores de la estación Maldonado durante el período 2010–2014 (época de verano), fue evidente un mayor número de machos que de hembras (con una proporción media durante los cinco años de estudio de 1:0.7), variación que resultó ser estadísticamente significativa, aunque hay que señalar que el porcentaje de individuos de sexo no determinado fue alto, con una media del 33 %. Este alto porcentaje se considera poco relevante en las proporciones finales, toda vez que todos los individuos, sean machos o hembras, tuvieron la misma probabilidad de ser observados (según criterios de Hadley *et al.*, 2006; y Rotella *et al.*, 2009); además, el procedimiento para distinguir machos y hembras fue similar en ambos casos: el sexo se

determinó de manera provisional *in situ* y fue revisado y corroborado con fotografías previo al análisis de datos.

En un estudio efectuado en la península Keller, bahía Almirantazgo, isla Rey Jorge, entre fines de diciembre e inicios de febrero, Woyciechowski (1980) indica que la proporción sexual registrada fue de 1:0.96 favorable para los machos, aunque el autor explica que la composición cambió a fines de enero, con un incremento en el número de hembras. En términos generales, el estudio de Woyciechowski coincidiría con las observaciones efectuadas en los alrededores de la estación Maldonado, con excepción del muestreo de 2012/febrero-marzo, cuando la proporción de machos fue contraria a la esperada, aunque también fue el año con el menor número de avistamientos totales y con un importante número de individuos de sexo no determinado que pueden haber influenciado.

Woyciechowski (1980) argumenta que la disminución de machos desde fines de enero probablemente se debe a que éstos terminan antes su período de muda y se dispersan.

Otro estudio que comenta sobre la proporción sexual de la foca de Weddell durante la época de verano corresponde a Cameron y Siniff (2004), en la bahía Erebus, cercanías de la estación McMurdo, Antártida oriental, donde en un estudio de largo plazo durante 38 años se indica que la proporción anual entre machos y hembras estuvo próxima a 1:1; sin embargo, señalan que durante la época de nacimientos y crianza (entre septiembre y noviembre), las hembras fueron consistentemente más abundantes que los machos.

En cuanto al tamaño de los grupos, pocos son los estudios que presentan información comparable con lo encontrado en los alrededores de la estación Maldonado. Para la bahía Almirantazgo se reportan resultados similares a los avistados en nuestro estudio, cuando

entre enero y marzo habitualmente se registraron individuos solitarios o en grupos pequeños (de dos a cuatro) (Myrcha y Teliga, 1980). Aguayo y Torres (1967) y Jabłoński (1980) también presentan información referente al número de grupos observados, pero los datos no están suficientemente ordenados en el primer caso o la muestra es demasiado pequeña en el segundo como para realizar una comparación objetiva. Para la Antártida oriental, zona de la base McMurdo, se ha indicado que la foca de Weddell suele formar colonias reproductivas de 10 a 250 individuos (Siniff *et al.*, 1977; Cameron *et al.*, 2007).

### 6.3. USO DEL SUSTRATO

Los resultados indican que el uso del sustrato por la foca de Weddell no se debe al azar. Es evidente que los sustratos suaves, principalmente de nieve/hielo, tuvieron preferencia sobre los otros sustratos, algo que ya había sido documentado por Stirling (1971b), Riedman (1990), Stewart *et al.* (2000, 2003) y Bengtson *et al.* (2011), quienes indican que la foca de Weddell se encuentra con mayor frecuencia y densidad sobre campos de hielo próximos a orillas, sean continentales o insulares (hábitats denominados en inglés como *fast ice*; Berta *et al.*, 2006) y en menor número sobre témpanos de hielo a la deriva (zonas denominadas en inglés como *pack ice*; Berta *et al.*, 2006); este argumento también explicaría la ausencia de la foca de Weddell en el transecto marino de bahía Chile, donde el principal sustrato disponible fueron justamente los témpanos de hielo, un resultado que ya fue observado por Aguayo y Torres (1967) y corroborado por Jabłoński (1980), Woyciechowski (1980), Sierakowski (1991) y Salwicka y Rakusa-Suszczewski (2002); sin embargo, Bengtson *et al.* (2011) añaden que es posible encontrar importantes concentraciones de focas de Weddell sobre témpanos de hielo a la deriva (*pack ice*), uso que estaría condicionado a la lejanía de campos de hielo próximos a tierra firme (*fast ice*).

Los resultados obtenidos en los alrededores de la estación Maldonado también indican que existieron diferencias significativas entre los siete transectos estudiados, lo cual demostraría que la distribución de los sustratos dentro del área de estudio, y por lo tanto de la foca de Weddell, no fue uniforme. La prueba de Duncan separó al transecto isla Greenwich 1 de los restantes, lo cual estaría corroborado por la mayor cantidad de registros y, al parecer, una amplia variedad de sustratos disponibles para la especie. Por el contrario, los análisis de varianza para sustratos *versus* años de investigación y sexo de los individuos indican que estas dos variables no tuvieron relevancia en términos estadísticos.

La preferencia por sitios de descanso suaves está corroborada por el análisis de dureza, donde el 91 % de los registros totales fueron sobre sustratos suaves y muy suaves, lo cual indicaría que la especie no solo que prefiere descansar sobre sitios blandos, sino que además evitaría el uso de sustratos duros; y, por lo tanto, los avistamientos sobre este tipo de sustratos serían casuales y posiblemente de animales en tránsito hacia sustratos suaves.

Si bien los porcentajes de avistamientos sobre los distintos sustratos variaron de acuerdo con los años de estudio (*e.g.*, el sustrato nieve/hielo varió de 9 % en 2011 a 73 % en 2014, contra el sustrato arena, de 55 a 20 %, para los mismos años; anexo 6), se piensa que esta variación estuvo directamente relacionada con la cantidad de nieve disponible (un elemento que cambia dramáticamente el paisaje entre uno y otro año), pues justamente los veranos de 2011 y 2012 fueron los años con las temperaturas más altas registradas (AARI, 1968–2014) y, por lo tanto, la disponibilidad de nieve a lo largo de los transectos fue menor a la observada en los otros años del estudio; por el contrario, el verano de 2014 registró las temperaturas más bajas (AARI, 1968–2014) y la mayor cantidad de nieve observada durante los cinco años de estudio, lo cual se refleja en los resultados (figura 10).

En 2011 y 2012 fue cuando se registraron los mayores porcentajes de focas de Weddell sobre el sustrato algas marinas (figura 10); esto indicaría que la especie buscó como alternativa otro tipo de sustrato blando ante la poca disponibilidad del sustrato nieve/hielo. En los otros años de estudio, para el sustrato algas marinas apenas se tiene una observación en 2014. Si el sustrato algas marinas es considerado incluso más blando que la nieve/hielo, por qué la especie no lo utiliza habitualmente. La respuesta se atribuye a tres factores, 1. las algas marinas se encuentran exclusivamente en el área intermareal y, por lo tanto, su disponibilidad cambia de acuerdo con el nivel de la marea; 2. es un sustrato escaso y de distribución limitada en el área de estudio; y 3. las observaciones de campo indican que este sustrato es altamente preferido por el elefante marino del Sur (*Mirounga leonina*) y podría existir una competencia por el mismo. Stirling (1971b) indica que la foca de Weddell puede moverse de uno a otro sitio estimulada por los cambios en las condiciones y disponibilidad de la nieve/hielo.

Los únicos estudios publicados para esta parte de la Antártida que presentan información sobre el uso de sustrato por la foca de Weddell y con datos para la época de verano, son los trabajos de Woyciechowski (1980) y Salwicka y Rakusa-Suszczewski (2002), ambos efectuados en la bahía Almirantazgo, isla Rey Jorge; sin embargo, en ninguno de ellos realizaron una diferenciación de los distintos sustratos aquí reconocidos. Woyciechowski (1980) habla solamente de dos tipos de sustratos: parches de nieve (con el 51 % de los registros; n = 477) y playas rocosas (49 %; n = 454), una proporción algo diferente a la observada durante los cinco años de estudio en los alrededores de la estación Maldonado, donde como promedio el 46 % (n = 92) de los avistamientos fueron sobre el sustrato nieve/hielo (que correspondería con “parches de nieve”), contra el 54 % (n = 107) sobre “playas rocosas” (nuestros sustratos arena, piedra fina, piedra gruesa y roca); aunque como

se comentó anteriormente, los porcentajes tuvieron cambios importantes entre cada año de estudio en función de la disponibilidad del sustrato nieve/hielo, que dependería directamente de las condiciones climáticas registradas.

Salwicka y Rakusa-Suszczewski (2002) comenta que durante la época del verano austral las poblaciones de la foca de Weddell presentaron mayores concentraciones en las cercanías de los glaciares, algo que no fue observado en los alrededores de la estación Maldonado, pues si bien fue evidente la presencia frecuente de una a cinco focas en la base del glaciar Traub, extremo oriental del transecto isla Greenwich 1, la mayoría de registros obtenidos estuvieron lejos de este o de otros glaciares existentes en el área.

Es necesario destacar que el alto porcentaje de focas observadas sobre sustratos rocosos (54 % para el período 2010–2014) debe ser tomado en consideración cuando se realicen conteos aéreos, como el efectuado por Aguayo y Torres (1967), ya que el poco contraste que existe entre estos sustratos con los animales podrían provocar datos subestimados (Woyciechowski, 1980). En tal sentido, el uso de esta técnica o de otras similares (como la fotografía aérea o el uso de drones) en los alrededores de la estación Maldonado deben ser empleadas con precaución y con muestreos u observaciones terrestres de respaldo.

#### **6.4. FIDELIDAD DE SITIO**

En el estudio efectuado en los alrededores de la estación Maldonado, si bien el porcentaje de focas de Weddell recapturadas fue bajo (16 % de la muestra analizada), el número total de eventos registrados de fidelidad muy alta, alta y moderada indican que las costas del área de estudio tuvieron cierta afinidad para algunos individuos. En el cálculo global, con

un 10.3 %, la fidelidad de sitio para la especie se determinó que fue baja. Resultados que en cierta manera se consideraban esperados, pues es común que los pinnípedos en general muestren algún grado de fidelidad por los sitios de nacimiento o crianza, aunque se sabe que entre las especies existen variaciones que están relacionadas con la edad y el sexo de los individuos (Lunn y Boyd, 1991; Baker *et al.*, 1995; Pomeroy *et al.*, 2000; Harkonen y Harding, 2001).

Cameron *et al.* (2007) desarrollaron un índice para medir la fidelidad de sitio de la foca de Weddell luego de un estudio de 33 años de captura-recaptura (entre 1973 y 2005), con el marcaje de individuos mediante etiquetas, efectuado en la bahía Erebus, alrededores de la estación McMurdo. Este índice divide el número de temporadas (años o estaciones) en que una foca ha sido observada en una colonia específica para el número de años en que la foca fue vista en el área de estudio, donde a mayor valor corresponde una mayor fidelidad de sitio y, por lo tanto, se refleja la tendencia de las focas a regresar repetidamente a una misma colonia. Este método no fue empleado en el presente estudio debido a que el bajo número de recapturas presentarían resultados sesgados (apenas ocho, correspondientes a una calificación alta en el espacio y de alta a moderada en el tiempo; tabla 4, anexo 8). Un ensayo para probar el funcionamiento de este índice con los datos obtenidos reveló que siete de ocho focas recapturadas alcanzarían el máximo valor posible del índice de fidelidad de sitio (1.0), resultados que son contrarios con las observaciones de Cameron *et al.* (2007), con un universo de 593 recapturas y un rango de valores de 0.4 a 0.7 para la mayoría de individuos recapturados.

Mediante este análisis, Cameron *et al.* (2007) determinaron que la fidelidad de sitio para ambos sexos se incrementaba con la edad de los individuos, en especial a partir de los 12

años de edad, cuando los animales regresan anualmente a los mismos sitios de crianza durante los meses de septiembre a noviembre (Cameron y Sniff, 2004; Cameron *et al.*, 2007). Otros estudios también han determinado que la foca de Weddell regresa cada año durante el mismo período de primavera a los sitios históricos con la finalidad de parir y criar a sus cachorros, luego de forrajear en aguas abiertas fuera de los campos de hielo (Lindsey, 1937; Stirling, 1969a; Siniff *et al.*, 1977; Siniff 1981); sin embargo, no se tiene información sobre fidelidad de sitio durante otros momentos de la historia de vida de esta especie; por lo tanto, los resultados aquí presentados corresponderían a los primeros eventos de recaptura obtenidos para esta especie durante la estación de verano.

Greenwood y Harvey (1982), Baker *et al.* (1995) y Harkonen y Harding (2001) indican que para otras especies de pinnípedos se ha evidenciado que los adultos tienen generalmente mayor fidelidad de sitio que los juveniles, posiblemente porque los jóvenes usan el período pre-reproductivo para evaluar sitios alternativos o por competencia de recursos con los adultos. Este fue un aspecto que no se pudo determinar en nuestro estudio, en razón de que los individuos viejos no pudieron ser foto-identificados (un total de 13, que representó un 28 % de los individuos con series fotográficas inadecuadas), debido a que el pelaje de su cuerpo se tornó pálido, especialmente en la región ventral, lo cual volvió irreconocibles las manchas características, algo que es importante a considerar en estudios de largo plazo, cuando se sabe que se trata de una especie longeva (Bastida y Rodríguez, 2003; Cameron y Siniff, 2004; Gelatt y Southwell, 2008) y que ha demostrado que la fidelidad de sitio se incrementa con la edad de los individuos (Cameron *et al.*, 2007).

Al igual que los resultados obtenidos en los alrededores de la estación Maldonado (mediante el análisis del Test exacto de Fisher), en los alrededores de la base McMurdo no

se evidenciaron diferencias entre la fidelidad de sitio para machos y hembras, aunque en aquella localidad fue evidente que los machos de ocho a diez años de edad fueron significativamente menos frecuentes que las hembras (Cameron *et al.*, 2007), diferencia que se piensa está relacionada con la edad reproductiva de los individuos, calculada en siete años para las hembras y en diez años para los machos (Testa, 1987; Cameron *et al.*, 2007). También existe evidencia que indica que la fidelidad de sitio en las hembras adultas estaría relacionada con su estado reproductivo y con el número de crías, pues la información disponible señala que las hembras regresan a los mismos sitios donde han parido previamente (Cameron *et al.*, 2007). Además, tanto para machos como hembras, se ha comprobado que la fidelidad de sitio es más alta hacia los lugares de crianza que hacia los de nacimiento, e incluso para varias hembras no se ha registrado ningún tipo de fidelidad por los sitios donde nacieron (Croxall y Hiby, 1983; Cameron *et al.*, 2007).

Durante el estudio llevado a cabo en los alrededores de la estación Maldonado se registraron tres eventos de hembras con crías, uno de ellos con recaptura en tres ocasiones: 23, 24 y 31 de agosto de 2011. Otros registros de hembras con crías se dieron en octubre de 2002 y en noviembre de 2012. En los tres casos, los individuos se encontraban sobre nieve/hielo, algo que ya ha sido documentado para otros registros de madres con crías, donde se indica que para el parto y la crianza utilizan este tipo de sustrato (Lindsey, 1937; Stirling, 1969b; Siniff *et al.*, 1977; Cameron y Siniff, 2004; Cameron *et al.*, 2007).

Los nacimientos documentados para la foca de Weddell ocurren habitualmente entre los meses de septiembre y octubre (Myrcha y Teliga, 1980; Presler, 1980; Sierakowski, 1991; Cameron y Siniff, 2004; Cameron *et al.*, 2007), algo que contradice con dos de los tres registros observados en los alrededores de la estación Maldonado, donde los nacimientos

se dieron en agosto y noviembre. Stirling (1971b), Siniff *et al.* (2008) y Stewart (2014) indican que los nacimientos de la foca de Weddell varían de acuerdo con la latitud, desde la primera semana de septiembre, en la latitud 60° S (Mansfield, 1958; Testa *et al.*, 1990), hasta la cuarta semana de octubre e inicios de noviembre, en la latitud 78° S (Lindsey, 1937; Siniff *et al.*, 2008). Esta información reporta que en el área de estudio (latitud 62° S) se presentan eventos de nacimientos tempranos (agosto) y tardíos (noviembre), que no han sido documentados previamente.

De acuerdo con los datos obtenidos en un estudio de 13 años de duración para un transecto de 15 kilómetros de largo en la costa occidental de la bahía Almirantazgo, isla rey Jorge, se ha reportado el nacimiento de entre dos y siete crías por año (Rakusa-Suszczewski y Sierakowski, 1993; Salwicka y Sierakowski, 1998; Salwicka y Rakusa-Suszczewski, 2002). Todos estos resultados evidencian que los transectos estudiados en los alrededores de la estación Maldonado servirían como colonias reproductivas y áreas de nacimiento y crianza de focas de Weddell; en tal sentido es de esperarse que la fidelidad de sitio para la especie sea bastante más alta a la registrada durante el presente estudio. Siniff *et al.* (1977) y Cameron *et al.* (2007) indican que el tamaño de las colonias reproductivas en la Antártida oriental, bahía de Erebus (base McMurdo), fue de 10 a 250 individuos.

## **6.5. ESTADO DE CONSERVACIÓN**

Si bien se determinaron 19 amenazas que afectan o pueden afectar a la foca de Weddell en los alrededores de la estación Maldonado, se piensa que debido a la magnitud de 17 de ellas (anexo 10), existen pocas probabilidades de que la especie enfrente problemas de conservación a corto o a mediano plazo. La importancia relativa de los impactos dentro del

área de estudio indica que todas las amenazas reales tuvieron una relevancia de insignificante a leve. En el caso de las amenazas potenciales, dos fueron insignificantes, una fue leve y cuatro fueron moderadas, aunque la certeza de ocurrencia para tres de ellas fue de poco probable a muy poco probable. Estos resultados indican que el nivel de incidencia de las 17 amenazas es bajo y tendrá poca o ninguna relevancia sobre la dinámica poblacional de la foca de Weddell; sin embargo, a pesar de que es una especie bien conocida en la Antártida (Bastida y Rodríguez, 2003), se desconoce el grado de sensibilidad de la especie a las distintas amenazas directas que enfrenta, ya que muchas de ellas son pobremente entendidas (Costa *et al.*, 2010).

Chwedorzewska y Korczak (2010) realizaron una evaluación de los impactos provocados por la construcción y operación de la estación científica polaca Arctowski, que además es un importante destino turístico en esta parte de la Antártida. Los autores sugieren que luego de 33 años de registros existe la evidencia de que la presencia humana ha provocado impactos sobre el ambiente, como la introducción de especies, cambios en las áreas de crianza y reproducción de ciertas aves y pinnípedos y disminución en el tamaño de las poblaciones de estas mismas especies. Sus conclusiones indican que el mayor impacto se debe a la construcción de la estación científica y a la presencia de expedicionarios en un área aparentemente sensible, en donde ciertas especies, como la foca de Weddell, habrían tenido sus sitios de crianza. Chwedorzewska y Korczak (2010) reportan una disminución progresiva desde 1978, cuando registraron más de 120 focas de Weddell y documentaron el nacimiento de siete infantes, hasta 2008, cuando en los últimos tres años apenas han registrado de una a tres focas por año y un solo parto en ese mismo período. Estos resultados hacen pensar que en los alrededores de la estación Maldonado (con una superficie y capacidad similar a la estación Arctowski) podría presentarse un efecto

similar, aunque por el momento la estación ecuatoriana opera solamente durante los meses de verano, a diferencia de la estación polaca que es permanente. Es posible que lo ocurrido con la estación Arctowski tenga relación con la alta fidelidad que presenta la foca de Weddell por las zonas de crianza (entre septiembre y noviembre; Cameron y Sniff, 2004; Cameron *et al.*, 2007), la cual al parecer prefirió mudarse a otros lugares, alejados de la presencia humana; sin embargo, como se indica más adelante, esta disminución probablemente no tenga una relación directa con la presencia humana, sino que sea una consecuencia del cambio climático, como sugiere Siniff *et al.* (2008).

Dentro del análisis efectuado para el área de estudio se considera al turismo como una amenaza leve, actividad que específicamente se lleva a cabo en la isla Barrientos, aunque se desconoce la incidencia que podría tener esta amenaza en el futuro, en especial si considera que las actividades turísticas en la Antártida han tenido un incremento sostenido en las dos últimas décadas y no se piensa que esta tendencia disminuya en el futuro (Pertierra *et al.*, 2011). El turismo antártico, además de ser una amenaza cierta, tiene varios impactos colaterales que pueden derivar en situaciones de mayor riesgo, principalmente debido a la potencial introducción de especies y a la transmisión de enfermedades (Pedraza Díaz, 2011), impactos que han sido evaluados en nuestro estudio de manera independiente como de importancia leve y moderada, respectivamente.

Pedraza Díaz (2011) indica que los pinnípedos antárticos, por sus características intrínsecas, constituyen excelentes especies para realizar estudios de enfermedades contagiosas; a pesar de lo cual, existe un gran desconocimiento sobre estas enfermedades o el efecto que podrían tener de presentarse infecciones masivas y, peor aún, se carece de estudios que atribuyan su origen a la presencia humana. Retamal *et al.* (2000) y Blank *et*

*al.* (2002), mediante estudios serológicos, encontraron evidencias de infección por *Brucella* (una bacteria responsable de la enfermedad de la brucelosis) en la foca de Weddell, así como lesiones histopatológicas compatibles con tuberculosis en el lobo marino antártico (*Arctocephalus gazella*), en la isla Livingston (62°27'S, 60°47'W), a escasos 60 kilómetros al suroeste de la estación Maldonado. Pedraza Díaz (2011) también reporta para varias especies de pinnípedos de las islas Shetland del Sur, el hallazgo de anticuerpos contra *Brucella* y cepas de *Campylobacter* (otra bacteria patógena).

Las únicas amenazas consideradas graves, con una certeza de ocurrencia probable y cuyos efectos pueden incidir a largo plazo en la dinámica poblacional de la foca de Weddell, son la mortalidad masiva de individuos derivada de los fenómenos de El Niño y el cambio climático; sin embargo, existe poca información científica que permita inferir el grado de afectación que tendrían estas amenazas sobre la especie (Costa *et al.*, 2010). Hay que indicar que ambas amenazas tienen carácter global (Hoffman *et al.*, 2009) y nada tienen que ver con la estación Maldonado o la presencia humana en el área.

El cambio climático con seguridad será un impacto relevante para la foca de Weddell debido a la disminución de la cantidad y extensión de los campos de hielo, que sin duda limitarán los sitios de crianza y modificarán la red trófica (Costa *et al.*, 2010). Como se ha indicado, esta especie tiene preferencia por descansar en campos de hielo próximos a orillas (conocidos como *fast ice*) (Stirling, 1971b; Riedman, 1990; Stewart *et al.*, 2000, 2003; Bengtson *et al.*, 2011); lo cual es corroborado con los resultados del presente estudio, donde se demostró que la especie prefiere descansar sobre nieve/hielo; esto sin dejar de mencionar que se trata de un pinnípedo fiel a los sitios de nacimiento y, especialmente, de crianza (Cameron y Sniff, 2004; Cameron *et al.*, 2007); por tal motivo,

de incrementarse el nivel del mar debido al deshielo derivado del calentamiento global (Bindoff *et al.*, 2007; Hoffman *et al.*, 2009), sería de esperar que disminuyan los lugares de reposo y desaparezcan la mayoría de sitios a los que tiene fidelidad.

Siniff *et al.* (2008), después de considerar la respuesta a los cambios recientes en las características ambientales, tanto actuales como proyectados, concluyen que la abundancia de algunos pinnípedos, entre ellos la foca de Weddell, se verá afectada negativamente por los cambios en la extensión, la persistencia y la distribución del hielo; además de alteraciones en la dinámica de la red trófica y en la falta de disponibilidad de playas para crianza. Costa *et al.* (2010) comentan que además de la foca de Weddell, otra especie que se verá afectada de manera relevante por la disminución de hielo es la foca cangrejera (*Lobodon carcinophaga*); mientras que para el elefante marino del sur (*Mirounga leonina*) y el lobo marino antártico (*Arctocephalus gazella*), posiblemente, no solo que no afecte, sino que podría resultar beneficiosa en función de los cambios que se producirían en la dinámica de la red alimentaria. Ainley *et al.* (2005) consideran que en las áreas de la Antártida donde se experimente un incremento de la temperatura se esperaría que aumenten las poblaciones de ciertos organismos y de algunos de sus depredadores; por el contrario, piensan que se verán afectadas las poblaciones de krill, de ciertas especies de pingüinos y de la foca de Weddell en particular.

Una revisión reciente de los efectos del cambio climático sobre las focas antárticas sugiere que algunos de estos cambios ya se están llevando a cabo (Siniff *et al.*, 2008); según análisis de censos de pinnípedos efectuados entre 1974 y 2004 en la zona de la isla Anvers (64°36'S, 63°30'W), a unos 250 kilómetros al sur de la estación Maldonado, se ha evidenciado una disminución en el número de focas de Weddell; mientras que los elefantes

y lobos marinos antárticos han aumentado (Siniff *et al.*, 2008). Una conclusión de este tipo al momento no es posible observarla en los alrededores de la estación Maldonado debido a la comparativamente pequeña muestra disponible (datos de verano durante cinco años, 2010–2014); por tal motivo, es necesario continuar con el monitoreo en el futuro.

Los fenómenos del Niño constituyen otra amenaza potencial que ha sido evaluada como grave. Según se ha documentado, en un período de cuatro a cinco años después del fenómeno de El Niño de 1982–1983, se observó una declinación en la tasa de reproducción de la foca de Weddell en el área de la estación McMurdo (Testa *et al.*, 1991), aunque nueva información sugiere que el fenómeno de El Niño de 1982–1983 se mostró diferente a lo largo de la Antártida, mientras que en las costas que colindan con el océano Pacífico los efectos fueron menos severos, la evidencia indica un mayor impacto en las costas antárticas que están frente a los océanos Atlántico e Índico (Turner *et al.*, 2009).

Un análisis independiente para las tres localidades con la mayor cantidad de registros (islas Barrientos, Dee y Greenwich, segmento punta Fort Williams), presenta las siguientes variaciones con respecto al área de estudio en general (no se menciona la mortalidad masiva de individuos derivada de los fenómenos de El Niño ni el cambio climático, ya que como se comentó son impactos externos que afectarán a toda el área por igual). En las tres islas se identificaron dos amenazas moderadas pero potenciales, con una certeza de ocurrencia poco probable: las epidemias o infecciones virales y la contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados, aunque en el caso de la última amenaza indicada, al igual que lo comentado para los fenómenos de El Niño y el cambio climático, se trata de impactos globales (Sokolova y Lannig, 2008), en donde nada tiene que ver la presencia humana directa en el área de estudio. El resto de amenazas

identificadas para la isla Barrientos, en donde el principal impacto real deriva de la presencia de turistas, resultaron ser insignificantes o leves. Algo similar ocurrió en la isla Dee, una localidad sin presencia humana (con excepción de algunos investigadores durante la época de verano). En la isla Greenwich, segmento punta Fort Williams, se identificó una amenaza potencial moderada (la contaminación del agua por hidrocarburos), cuya certeza de ocurrencia fue de poco a muy poco probable. Esta amenaza se enfoca en la descarga, transporte y manejo de combustibles para el funcionamiento de generadores y vehículos.

A manera de conclusión, el análisis efectuado sobre el estado de conservación de la foca de Weddell, aunque específico para una pequeña área geográfica, permite concluir que la categoría de Preocupación Menor asignada a la especie por la Lista Roja de la UICN (Gelatt y Southwell, 2008) es correcta y está plenamente justificada, en particular en lo referente a la ausencia de amenazas directas conocidas y a que se estima que no existen motivos para pensar que el tamaño de su población se reducirá en el corto o mediano plazo. Por el contrario, la probable incidencia de amenazas graves, como la mortalidad de individuos deriva de los fenómenos de El Niño y, especialmente, el cambio climático, son impactos serios que deberán monitorearse y cuyas consecuencias en el tamaño y dinámica de la población de la foca de Weddell no son sospechadas; aunque se piensa que los impactos graves antes descritos provocarán el desplazamiento de las poblaciones de esta especie hacia áreas que ofrezcan mejores condiciones ambientales (*i.e.*, latitudes más australes), impactos que además causarían una alta mortalidad de individuos, principalmente de jóvenes y viejos, que aunque no existe evidencia concreta para la especie, no se descarta debido a la experiencia observada con otras especies de pinnípedos (Feldman, 1985; Limberger, 1985, 1990; Merlen, 1985; Trillmich y Limberger, 1985; Trillmich y Dellinger, 1991; Salazar y Bustamante, 2003; Alava y Salazar, 2006).

Como recomendaciones específicas para mejorar el monitoreo de la especie, con miras a un mejor entendimiento del estado de la población asentada en los alrededores de la estación Maldonado, se sugieren las siguientes acciones:

- Continuar con un monitoreo a largo plazo de la foca de Weddell, principalmente en recorridos terrestres mediante la técnica de transecto de ancho fijo. Esta información permitirá disponer de mejores criterios para identificar cambios que pudieran ocurrir en la población.
- Tomar muestras de tejidos de la foca de Weddell para efectuar análisis de laboratorio sobre la presencia de compuestos organoclorados y metales pesados, que a largo plazo puedan afectar la viabilidad de la especie.
- Realizar análisis genéticos para establecer el grado de diversidad génica de la foca de Weddell en los alrededores de la estación Maldonado, específicamente con miras en la conservación de la especie.
- Desarrollar análisis de modelamiento geográfico para determinar los sitios de reposo que se verían afectados en caso de presentarse un incremento del nivel del agua derivado del cambio climático. Consecuentemente, el análisis deberá modelar futuros sitios de reposo que pudieran estar disponibles.

## 7. CONCLUSIONES

- La distribución de la foca de Weddell no fue homogénea dentro del área de estudio y no se debe al azar; al parecer la especie tendría preferencia por ciertos sitios.
- La ausencia de la foca de Weddell en el transecto de bahía Chile se debería a la ausencia de sitios adecuados para su reposo.
- El número de focas de Weddell registradas en los alrededores de la estación Maldonado y en otros estudios evidencian una amplia variación que no ha permitido establecer un patrón o inferir sobre sectores con mayor idoneidad.
- El uso del sustrato por la foca de Weddell no se debe al azar. Es evidente que los sustratos suaves, principalmente nieve/hielo, tuvieron preferencia.
- El 91 % de los registros totales corresponde a sustratos de suaves a muy suaves, lo cual indicaría que la especie no solo que prefiere descansar sobre sitios blandos, sino que además evitaría el uso de sustratos duros.
- La especie tendría una fidelidad de sitio baja en los alrededores de la estación Maldonado; aunque en lo individual para el 10.3 % de los registros se evidenció una fidelidad de sitio de muy alta a moderada, lo cual indica que las costas del área de estudio tuvieron cierta afinidad para algunos individuos.
- Si bien se determinaron 19 amenazas que afectan o pueden afectar a la foca de Weddell en los alrededores de la estación Maldonado, se piensa que debido a la magnitud de 17 de ellas existen pocas probabilidades de que la especie enfrente problemas de conservación a corto o a mediano plazo.

- La importancia relativa de los impactos indica que todas las amenazas reales tuvieron una relevancia de insignificante a leve.
- Dentro de las amenazas potenciales, dos fueron insignificantes, una fue leve y cuatro fueron moderadas, aunque la certeza de ocurrencia para tres de ellas fue de poco probable a muy poco probable.
- El cambio climático y los fenómenos de El Niño son dos amenazas potenciales graves, pues se considera que tendrán un impacto serio para la especie.
- Los principales impactos potenciales que deberá enfrentar la foca de Weddell serán la disminución de la cantidad y la extensión de los campos de hielo, además, una declinación en la tasa de reproducción y la mortalidad de infantes e individuos viejos.
- Se considera que la categoría de Preocupación Menor asignada a la especie por la Lista Roja de la UICN es correcta y está plenamente justificada.

## 8. LITERATURA CITADA

- AARI. 1968–2014. *Bellingshausen Station: climatological data*. Arctic and Antarctic Research Institute, Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. San Petersburgo, Rusia. En línea: <[www.aari.nw.ru/projects/Antarctic/data/data.asp?lang=0&station=0](http://www.aari.nw.ru/projects/Antarctic/data/data.asp?lang=0&station=0)> [consulta: 2014-10-20].
- Aguayo L., A. 1970. Census of Pinnipedia in South Shetland Islands. Pp. 395–397, *en: Antarctic ecology, vol. 1* (M. W. Holdgate, ed.). Academic Press. Londres y Nueva York.
- Aguayo L., A. y D. Torres. 1967. Observaciones sobre mamíferos marinos durante la vigésima Comisión Antártica Chilena. Primer censo de pinipedios en las islas Shetland de Sur. *Revista de Biología Marina (Valparaíso)* 13: 1–57.
- Ainley, D. G. 1985. Biomass of birds and mammals in the Ross Sea. Pp. 498–515, *en: Antarctic nutrient cycles and food webs* (W. R. Siegfried, P. R. Condy, R. M. Laws, eds.). Springer-Verlag. Berlín.
- Ainley, D. G., E.D. Clarke, K. Arrigo, W. R. Fraser, A. Kato, K. J. Barton y P. R. Wilson. 2005. Decadal-scale changes in the climate and biota of the Pacific sector of the Southern Ocean, 1950s to the 1990s. *Antarctic Science* 17: 171–182.
- Alava, J. J. 2011. *Bioaccumulation of pollutants in Galapagos sea lions and marine mammals from British Columbia, Canada*. Tesis de doctorado, Simon Fraser University. Burnaby, Canadá.
- Alava, J. J. y S. Salazar P. 2006. Status and conservation of Otariids in Ecuador and the Galapagos Islands. Pp. 495–519, *en: Sea lions of the world* (A. Trites, S. Atkinson,

- D. DeMaster, L. Fritz, T. Gelatt, L. Rea y K. Wynne, eds.). Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska. Fairbanks, AK.
- Arboleda G., J. A. 1994. Una propuesta para la identificación y evaluación de impactos ambientales. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* 9: 71–81.
- Badii, M. H., A. Guillen, J. Landeros, E. Cerna, Y. Ochoa y J. Valenzuela. 2012. Muestreo por métodos de captura-recaptura. *International Journal of Good Conscience* 7(1): 97–131.
- Baker, J. D., G. A. Antonelis, C. W. Fowler y A. E. York. 1995. Natal site fidelity in northern fur seals, *Callorhinus ursinus*. *Animal Behavior* 50: 237–247.
- Bastida, R. y D. Rodríguez. 2003. *Mamíferos marinos de Patagonia y Antártida*. Vázquez Mazzini Editores. Buenos Aires.
- Bengtson, J. L., J. L. Laake, P. L. Boveng, M. F. Cameron, M. B. Hanson y B. S. Stewart. 2011. Distribution, density, and abundance of pack-ice seals in the Amundsen and Ross seas, Antarctica. *Deep-Sea Research Part II* 58(9–10): 1261–1276.
- Berta, A., J. L. Sumich y K. M. Kovacs. 2006. *Marine mammals: evolutionary biology*. 2a edición. Academic Press. San Diego, CA.
- Bindoff, N. L., J. Willebrand, V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, C. Le Quéré, S. Levitus, Y. Nojiri, C. K. Shum, L. D. Talley y A. Unnikrishnan. 2007: Observations: Oceanic Climate Change and sea level. Pp. 386–432, en: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor y H. L. Miller, eds.). Cambridge University Press. Cambridge, RU, y Nueva York.

- Blank, O., P. Retamal, P. Abalos y D. Torres. 2002. Detección de anticuerpos anti-*Brucella* en foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*) de cabo Shirref, Antártica. *Archivos de Medicina Veterinaria* 34(1): 117–122.
- Cameron, M. F. y D. B. Siniff. 2004. Age-specific survival, abundance, and immigration rates of a Weddell Seal (*Leptonychotes weddellii*) population in McMurdo Sound, Antarctica. *Canadian Journal of Zoology* 82: 601–615.
- Cameron, M. F., D. B. Siniff, K. M. Proffitt y R. A. Garrott. 2007. Site fidelity of Weddell seals: the effects of sex and age. *Antarctic Science* 19(2): 149–155.
- Cantos, G., R. Samaranch, E. Badosa, E. Grau, J. Forcada y A. Aguilar. 1997. Photo-identification catalogue of Mediterranean monk seals (*Monachus monachus*) from the Western Sahara. *European Research on Cetaceans* 11: 300–301.
- Casaux, R., A. Baroni y A. Ramón. 2006. The diet of the Weddell Seal *Leptonychotes weddellii* at the Danco Coast, Antarctic Peninsula. *Polar Biology* 29: 257–262.
- Casaux, R., A. Carlini, A. Corbalán, M. Bertolin y C. Di Prinzio. 2009. The diet of the Weddell Seal *Leptonychotes weddellii* at Laurie Island, South Orkney Islands. *Polar Biology* 32: 833–838.
- Chapman, D. G. 1951. Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological censuses. *University of California Publications in Statistics* 1: 131–160.
- Chwedorzewska, K. J. y M. Korczak. 2010. Human impact upon the environment in the vicinity of Arctowski Station, King George Island, Antarctica. *Polish Polar Research* 31(1): 45–60.
- Ciaputa, P. 1996. Numbers of pinnipeds during 1994 in Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. *Polish Polar Research* 17(3–4): 239–244.

- CITES. 2015. *Appendices I, II, III of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. <[www.cites.org/eng/app/appendices.shtml](http://www.cites.org/eng/app/appendices.shtml)> [consulta: 2015-03-24].
- CMS. 2015. *Appendices I and II of the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals*. <[www.cms.org](http://www.cms.org)> [consulta: 2015-03-24].
- Cordes, L. S. y P. M. Thompson. 2013. Mark-recapture modeling accounting for state uncertainty provides concurrent estimates of survival and fecundity in a protected harbor seal population. *Marine Mammal Science* 30(2): 691–705.
- Costa, D. P., L. A. Huckstadt, D. E. Crocker, B. I. McDonald, M. E. Goebel y M. A. Fedak. 2010. Approaches to studying Climatic Change and its role on the habitat selection of Antarctic pinnipeds. *Integrative and Comparative Biology* 2010: 1–13 [doi: 10.1093/icb/icq054].
- Crowley, S. M., B. P. Kelly y R. Daniel. 2001. Individual identification of harbor seals for application to population and behavioral studies. Pp. 161–168, *en: Harbor seal investigations in Alaska, 2001 annual report*. Division of Wildlife Conservation, Alaska Department of Fish and Game. Anchorage, AK.
- Croxall, J. P. y L. Hiby. 1983. Fecundity, survival and site fidelity in Weddell seals, *Leptonychotes weddellii*. *Journal of Applied Ecology* 20: 19–32.
- Daneri, G., A. Carlini, A. Negri, A. Allcock y A. Corbalán. 2012. Predation on cephalopods by Weddell seals, *Leptonychotes weddellii*, at Hope Bay, Antarctic Peninsula. *Polar Biology* 35: 585–592.
- Davis, D. E. y R. L. Winstead. 1987. Estimación de tamaños de poblaciones de vida silvestre (capítulo catorce). Pp. 233–258, *en: Manual de técnicas de gestión de vida silvestre* (R. Rodríguez Tarrés, ed.). The Wildlife Society, Inc. Bethesda, MD.

- Davis, R. W. 2003. La vida submarina de la foca de Weddell. Técnicas de última generación para su estudio. Pp. 63–64, *en: Mamíferos marinos de Patagonia y Antártida* (R. Bastida y D. Rodríguez). Vázquez Mazzini Editores. Buenos Aires.
- Díaz, G. B. y R. A. Ojeda (eds.). 2000. *Libro Rojo de los mamíferos amenazados de Argentina*. 1a edición. Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos. Mendoza.
- Eklund, C. R. y E. L. Atwood. 1962. A population study of Antarctic seals. *Journal of Mammalogy* 43: 229–238.
- Erickson, A. W. y M. B. Hanson. 1990. Continental estimates and population trends of Antarctic ice seals. Pp. 253–264, *en: Antarctic ecosystems. Ecological change and conservation* (K. R. Kerry y G. Hempel, eds.). Springer-Verlag. Berlín.
- Erickson, A. W., R. J. Hofman, R. J. Oehlenschläger, J. Otis y D. Kuehn. 1971. Seal population studies in the Ross Sea. *Antarctic Journal of the United States and its Predecessors* 6: 98–99.
- Erickson, A. W., L. J. Bledsoe y M. B. Hanson. 1989. Bootstrap correction for diurnal activity cycle in census data for Antarctic seals. *Marine Mammals Science* 5(1): 29–56.
- Erickson, A. W., M. N. Bester y R. M. Laws. 2009a. Marking techniques. Pp. 89–118, *en: Antarctic seals, research methods and techniques* (R. M. Laws, ed.). Cambridge University Press. Cambridge, RU.
- Erickson, A. W., D. B. Siniff y J. Harwood. 2009b. Estimation of population sizes. Pp. 29–45, *en: Antarctic seals, research methods and techniques* (R. M. Laws, ed.). Cambridge University Press. Cambridge, RU.

- Feldman, G. 1985. Satellites, seabirds, and seals. Pp. 125–130, *en: El Niño en las islas Galápagos, el evento de 1982–1983/El Niño in the Galapagos Islands, the 1982–1983 event* (G. Robinson y E. del Pino, eds.). Fundación Charles Darwin. Quito.
- Fogden, S. C. L. 1961. Mother-young behaviour at Grey Seal breeding beaches. *Journal of Zoology* 164: 61–62.
- Forcada, J. y A. Aguilar. 2000. Use of photographic identification in capture-recapture studies of Mediterranean monk seals. *Marine Mammal Science* 16: 767–793.
- Forcada, J. y S. L. Robinson. 2006. Population abundance, structure and turnover estimates for leopard seals during winter dispersal combining tagging and photo-identification data. *Polar Biology* 29: 1052–1062.
- Forcada J., P. S. Hammond y A. Aguilar. 1999. The status of the Mediterranean Monk Seal in the Western Sahara and the implications of a mass mortality. *Marine Ecology Progress Series* 188: 249–261.
- Frost, K. J., L. F. Lowry y J. M. VerHoef. 1999. Monitoring the trend of harbor seals in Prince William Sound, Alaska; after the Exxon Valdez oil spill. *Marine Mammal Science* 15: 494–506.
- Gelatt, T. y C. Southwell. 2008. *Leptonychotes weddellii*. *En: The IUCN Red List of Threatened Species*. Versión 2014.3. En línea: <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)> [consulta: 2015-02-12].
- Gentry, R. L. 1979. Adventitious and temporary marks in pinniped studies. Pp. 39–43, *en: Report on the Pinniped and Sea Otter Tagging Workshop* (H. L. Hobbs y P. Russell, eds.). Appendix B. American Institution of Biological Sciences. Arlington, VA.
- Geraci, J. C. y D. J. St. Aubin. 1990. *Sea mammals & oil: confronting the risk*. Academic Press, Inc. San Diego, CA.

- Gerondeau, M., C. Barbraud, V. Ridoux y C. Vincent. 2007. Abundance estimate and seasonal patterns of Grey Seal (*Halichoerus grypus*) occurrence in Brittany, France, as assessed by photo-identification and capture-mark-recapture. *Journal of Marine Biological Association* 86: 365–372.
- Gilbert, J. R. y A. W. Erickson. 1977. Distribution and abundance of seals in the pack ice of the Pacific sector of the Southern Ocean. Pp. 703–740, *en: Adaptations within Antarctic ecosystems* (G. Llano, ed.). Smithsonian Institution. Washington, DC.
- Green, K. y H. R. Burton. 1987. Seasonal and geographical variation in the food of Weddell seals, *Leptonychotes weddellii*, in Antarctica. *Australian Wildlife Research* 14: 475–489.
- Greenwood, P. J. y P. H. Harvey. 1982. The natal and breeding dispersal of birds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 1–21.
- Guerra, M. L. y H. Moreano. 2008. *Plan de manejo ambiental. Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Ecuador*. Universidad San Francisco de Quito e Instituto Antártico Ecuatoriano. Quito y Guayaquil.
- Hadley, G. L., J. J. Rotella, R. A. Garrott y J. D. Nichols. 2006. Variation in probability of first reproduction of Weddell seals. *Journal of Animal Ecology* 75: 1058–1070.
- Hall, A. J., J. Watkins y L. A. Hiby. 1996. The impact of the 1993 Braer oil spill on grey seals in Shetland. *Science of the Total Environment* 186: 119–125.
- Harkonen, T. y K. C. Harding. 2001. Spatial structure of Harbour Seal populations and the implications thereof. *Canadian Journal of Zoology* 79: 2115–2127.
- Hastings, K. K., R. J. Small y L. A. Hiby. 2001. Use of computer assisted matching of photographs to examine population parameters of Alaskan harbor seals. Pp. 146–160, *en: Harbour seals in Alaska Annual Report*. Division of Wildlife Conservation, Alaska Department of Fish and Game. Anchorage, AK.

- Hastings, K. K., L. A. Hiby y R. J. Small. 2008. Evaluation of a computer-assisted Photograph-matching System to Monitor Naturally Marked Harbor seals at Tugidak Island, Alaska. *Journal of Mammalogy* 89(5): 1201–1211.
- Hiby, L. A. 1994. Abundance estimates for grey seals in summer based on photo-identification data. Pp. 5–22, en: *Grey seal in the North Sea and their interactions with fisheries* (P. S. Hammond y M. A. Fedak, eds.). Sea Mammal Research Unit. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Cambridge, RU.
- Hiby, L. A. y P. Lovell. 1990. Computer aided matching of natural markings: a prototype system for grey seals. *Report of the International Whaling Commission (Special Issue)* 12: 57–61.
- Hiby, L. A., T. Lundberg, O. Karlsson, J. Watkins, M. Jüssi, I. Jüssi y B. Helander. 2007. Estimates of the size of the Baltic Grey Seal population based on photo-identification data. *North Atlantic Marine Mammal Commission (NAMMCO) Scientific Publications* 6: 163–175.
- Hoffman, J. R., A. Fonseca y C. Drews (eds.). 2009. *Cetaceans and other marine biodiversity of the Eastern Tropical Pacific: options for adapting to climate change. Report from a workshop held February 9–11, 2009*. MINAET, WWF, EcoAdapt, CI, IFAW, TNC, WDCS, IAI y PROMAR. San José, Costa Rica.
- Hoover-Miller, A., K. R. Parker y J. J. Burns. 2001. A reassessment of the impact of the Alaska Exxon Valdez oil spill on harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) in Prince William Sound. *Marine Mammal Science* 17: 111–135.
- IAATO. 2010. *IAATO overview of Antarctic tourism: 2009–10 season and preliminary estimates for 2010–11 and beyond*. XXXIII Antarctic Treaty Consultive Meeting. International Association of Antarctica Tour Operators. Punta del Este, Uruguay.

- INACH. 2015. *Instituto Antártico Chileno*. Página oficial en Internet. En línea: <www.inach.cl/inach> [consulta: 2015-01-31].
- INAE. 2015. *Instituto Antártico Ecuatoriano*. Página oficial en Internet. En línea: <www.inae.gob.ec> [consulta: 2015-01-31].
- Jabłoński, B. 1980. Distribution and numbers of birds and pinnipedes on Penguin Island (South Shetland Islands) in January 1979. *Polish Polar Research* 1(1): 109–116.
- Jefferson, T. A., S. Leatherwood y M. A. Webber. 1993. *Marine mammals of the World*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y United Nations Environment Programme (UNEP). FAO Species Identification Guide. Roma.
- Karlsson O., L. A. Hiby, T. Lundberg, M. Jüssi, I. Jüssi y B. Helander. 2005. Photo-identification, site fidelity, and movement of female gray seals (*Halichoerus grypus*) between haul-outs in the Baltic Sea. *Ambio* 34(8): 628–634.
- Kelly, B. P. 2001. Climate change and ice breeding pinnipeds. Pp. 43–56, *en*: “*Fingerprints*” of Climate Change. *Adapted behavior and shifting species ranges* (G. R. Walther, C. A. Burga y P. J. Edwards, eds.). Klumber Academic y Plenum Publishers. Nueva York.
- Kendall, K. A., H. A. Ruhl y R. C. Wilson. 2003. Distribution and abundance of marine bird and pinniped populations within Port Foster, Deception Island, Antarctica. *Deep-Sea Research II* 50: 1873–1888.
- Kooyman, G. L. 1981. Weddell Seal *Leptonychotes weddelli* Lesson, 1826. Pp. 275–296, *en*: *Handbook of marine mammals* (S. H. Ridgway y R. Harrison, eds.). Academic Press. Londres.
- Kooyman, G. L. 1989. *Diverse divers*. Springer-Verlag. Berlín.
- Labrada-Martagón, V., D. Auriolles-Gamboa y S. F. Martínez-Díaz. 2005. Natural and human disturbance in a rookery of the California Sea Lion (*Zalophus californianus*

- californianus*) in the Gulf of California, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 4(2): 175–185.
- Laws, R. M. 1953. The seals of the Falkland Islands and dependencies. *Oryx* 2: 87–97.
- Laws, R. M. 2009a. Identification of species. Pp. 1–28, *en: Antarctic seals, research methods and techniques* (R. M. Laws, ed.). Cambridge University Press. Cambridge, RU.
- Laws, R. M. 2009b. Development of technology and research needs. Pp. 316–335, *en: Antarctic seals, research methods and techniques* (R. M. Laws, ed.). Cambridge University Press. Cambridge, RU.
- Laws, R. M. (ed.). 2009c. *Antarctic seals, research methods and techniques*. Cambridge University Press. Cambridge, RU.
- Learmonth, J. A., C. D. Macleod, M. B. Santos, G. J. Pierce, H. Q. P. Crick y R. A. Robinson. 2006. Potential effects of climates change on marine mammals. *Oceanography and Marine Biology: an annual review* 44: 431–464.
- LeBoeuf, B. J. 1972. Sexual behavior in the Northern Elephant Seal, *Mirounga angustirostris*. *Behaviour* 41: 1–26.
- Leopold, L. B., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw y J. E. Balsley. 1971. *A procedure for evaluating environmental impact*. U.S. Geological Survey Circular 645. Washington, DC.
- Lesiński, G. 1993. Monitoring of birds and pinnipedians on King George Island (South Shetland Islands) in 1989/1990. *Polish Polar Research* 14(1): 75–89.
- Limberger, D. 1985. El Niño on Fernandina. Pp. 211–225, *en: El Niño en las islas Galápagos, el evento de 1982–1983/El Niño in the Galapagos Islands, the 1982–1983 event* (G. Robinson y E. del Pino, eds.). Fundación Charles Darwin. Quito.

- Limberger, D. 1990. El Niño's effect on South American pinniped species. Pp. 417–432, *en: Global ecological consequences of the 1982–83 El Niño-Southern Oscillation* (P. W. Glynn, ed.). Elsevier Oceanography Series 52. Amsterdam.
- Linder, T. A. 2011. *Estimating population size of Pacific harbor seals (Phoca vitulina richardsi) at Children's Pool Beach in La Jolla, California, using photo-identification*. Tesis de maestría. University of California. San Diego, CA.
- Lindsey, A. A. 1937. The Weddell Seal in the Bay of Whales, Antarctica. *Journal of Mammalogy* 18(1): 127–144.
- Lunn, N. J. e I. L. Boyd. 1991. Pupping-site fidelity of Antarctic fur seals at Bird Island, South Georgia. *Journal of Mammalogy* 72(1): 202–206.
- Mackey, B. L., J. W. Durban, S. J. Middlemas y P. M. Thompson. 2008. A Bayesian estimate of Harbour Seal survival using sparse photo-identification data. *Journal of Zoology* 274: 18–27.
- Mansfield, A. W. 1958. The breeding behavior and reproductive cycle of the Weddell Seal (*Leptonychotes weddelli*, Lesson). *Falkland Islands Dependencies Survey (F.I.D.S.) Scientific Reports* 18: 1–41.
- Martella, M. B., E. Trumper, L. M. Bellis, D. Renison, P. F. Giordano, G. Bazzano y R. M. Gleiser. 2012. Manual de Ecología. Poblaciones: introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca (Biología), Serie Ecología* 5(1): 1–31.
- McConkey, S. D. 1999. Photographic identification of the New Zealand sea lion: a new technique. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 33: 63–66.
- McConkey, S. D., S. Heinrich, C. Lalas, H. McConnell y N. McNally. 2002. Pattern of immigration of New Zealand sea lions *Phocarctos hookeri* to Otago, New Zealand: implications for management. *Australian Mammalogy* 24(1): 107–116.

- Merlen, G. 1985. The 1982–83 El Niño: some of its consequences for Galapagos wildlife. *Noticias de Galápagos* 41: 8–15.
- Merlen, G. y S. Salazar P. 2007. Estado y efectos antropogénicos en los mamíferos marinos de Galápagos. Pp. 70–76, en: *Plan de acción para la protección del medio marino y áreas costeras del Pacífico sudeste* (F. Félix, ed.). Memorias del Taller de trabajo sobre el impacto de las actividades antropogénicas en mamíferos marinos en el Pacífico sudeste. Comisión Permanente del Pacífico Sur y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Guayaquil.
- Moore, K. T. y S. G. Barco. 2013. *Handbook for recognizing, evaluating, and documenting human interaction in stranded cetaceans and pinnipeds*. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum, NOAA-TM-NMFSSWFSC-510.
- Moreano, H. 1989. Rumbo a la Antártica. *Acta Antártica Ecuatoriana* 1(1): 121–130.
- Myrcha, A. y K. Teliga. 1980. Observations of pinnipedian mammals in the vicinity of Arctowski Station (King George Island) in 1978. *Polish Polar Research* 1(1): 117–126.
- Pedraza Díaz, S. 2011. Impacto de las actividades humanas en el estado sanitario de fócidos y otarios en la península Antártica. *Ecosistemas* 20(1): 87–93.
- Pertierra, L., P. Tejedó, J. Benayas y M. Boada. 2011. Evolución del turismo en la Antártida: impactos y tendencias futuras. *Quercus* 300: 52–60.
- Plotz, J., W. Ekau y P. J. H. Reijnders. 1991. Diet of Weddell seals *Leptonychotes weddellii* at Vestkapp, eastern Weddell Sea (Antarctica), in relation to local food supply. *Marine Mammal Science* 7: 136–144.
- Pomeroy, P. P., S. D. Twiss y P. Redman. 2000. Philopatry, site fidelity and local kin associations within grey seal breeding colonies. *Ethology* 106: 899–919.

- Presler, P. 1980. Phenological and physiographical observations carried out during the first wintering at the “Arctowski” Station in 1977. *Polish Archive of Hydrobiology* 27: 245–252.
- Rabinowitz, A. 2003. *Manual de capacitación para la investigación de campo y la conservación de la vida silvestre*. 1a edición en español. Wildlife Conservation Society y Editorial FAN. Nueva York y Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Rakusa-Suszczewski, S. y K. Sierakowski. 1993. Pinnipeds in Admiralty Bay, King George Island, South Shetlands (1988–1992). *Polish Polar Research* 14(4): 441–454.
- Reck, G., D. Cajiao, J. Benayas, P. Tejedo, B. Albertos, D. G. Tirira y S. F. Burneo. 2013. *Propuesta de manejo turístico para la isla Barrientos y alrededores, Antártida*. Informe técnico. Laboratorio de Ecología Aplicada de la Universidad San Francisco de Quito, Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador e Instituto Antártico Ecuatoriano. Quito y Guayaquil.
- Reijnders, P. J. H., J. Plotz, J. Zegers y M. Grafe. 1990. Breeding biology of Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*) at Drescher Inlet, Riiser Larsen Ice Shelf, Antarctica. *Polar Biology* 10: 301–306.
- Reijnders, P., S. Brasseur, J. van der Toorn, P. van der Wolf, I. Boyd, J. Harwood, D. Lavigne y L. Lowry. 1993. *Seals, fur seals, sea lions, and walrus. Status survey and Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Seal Specialist Group. Gland, Suiza.
- Retamal, P., O. Blank, P. Abalos y D. Torres. 2000. Detection of anti-*Brucella* antibodies in pinnipeds from the Antarctic Territory. *Veterinary Record* 146: 166–167.
- Riedman, M. 1990. *The Pinnipeds. Seals, Sea Lions, and Walruses*. University of California Press. Berkeley, CA.

- Rotella, J. J., W. A. Link, J. D. Nichols, G. L. Hadley, R. A. Garrott y K. M. Proffitt. 2009. An evaluation of density-dependent and density-independent influences on population growth rates in Weddell seals. *Ecology* 90: 975–984.
- Rotella, J. J., W. A. Link, T. Chambert, G. E. Stauffer y R. A. Garrott. 2012. Evaluating the demographic buffering hypothesis with vital rates estimated for Weddell seals from 30 years of mark-recapture data. *Journal of Animal Ecology* 81: 162–173.
- Salazar P., S. 1999. *Dieta, tamaño poblacional e interacción con desechos costeros con el lobo marino de Galápagos Zalophus californianus wollebaeki en las islas Galápagos*. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Salazar P., S. 2003. Impacts of the Jessica oil spill on sea lion (*Zalophus wollebaeki*) populations. *Marine Pollution Bulletin* 47: 313–318.
- Salazar P., S. y R. Bustamante. 2003. Effects of the 1997–98 El Niño on population size and diet of the Galapagos Sea Lion (*Zalophus wollebaeki*). *Noticias de Galápagos* 62: 40–45.
- Salazar P., S. y G. Edgar. 2001. Sea lion massacre. *Marine Pollution Bulletin* 43: 705.
- Salwicka, K. y S. Rakusa-Suszczewski. 2002. Long-term monitoring of Antarctic pinnipeds in Admiralty Bay (South Shetlands, Antarctica). *Acta Theriologica* 47(4): 443–457.
- Salwicka, K. y K. Sierakowski. 1998. Seasonal numbers of five species of seals in Admiralty Bay (South Shetland Islands, Antarctica). *Polish Polar Research* 19(3–4): 235–247.
- SAMBITO e INAE. 2012. *Estudio de impacto ambiental de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado*. Informe técnico. Soluciones Ambientales Totales S. A. e Instituto Antártico Ecuatoriano. Guayaquil.

- SCAR. 2008. *Environmental code of conduct for terrestrial scientific field research in Antarctica*. XXX SCAR Meeting. Scientific Committee on Antarctic Research. Moscú. En línea: <[www.scar.org/srp/ant-era](http://www.scar.org/srp/ant-era)> [consulta: 2015-02-02].
- Seber, G. A. F. 1982. *The estimation of animal abundance*. Hafner Publishing Company Inc. Nueva York.
- Serrano C., E. 2003. Paisaje natural y pisos geocológicos en las áreas libres de hielo de la Antártida marítima: islas Shetland del Sur. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 35: 5–32.
- Sielfeld, W., C. Venegas y A. Atalah. 1977. Consideraciones acerca del estado de los mamíferos marinos en Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*, Punta Arenas (Chile) 8: 297–312.
- Sierakowski, K. 1991. Birds and mammals in the region of SSSI No. 8 in the season 1988/89 (South Shetlands, King George Island, Admiralty Bay). *Polish Polar Research* 12(1): 25–54.
- Siniff, D. B. 1981. Seal population dynamics and ecology. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 11: 317–327.
- Siniff, D. B., D. M. DeMaster, R. J. Hofman y L. L. Eberhardt. 1977. An analysis of the dynamics of a Weddell Seal population. *Ecological Monographs* 47: 319–335.
- Siniff, D. B., R. A. Garrott, J. Rotella, W. Fraser y D. Ainley. 2008. Projecting the effects of environmental change on Antarctic seals. *Antarctic Science* 20(5): 425–435.
- Smith, M. S. R. 1965. Seasonal movements of the Weddell Seal in McMurdo Sound, Antarctica. *Journal of Wildlife Management* 29: 464–470.
- Sokolova, I. M. y G. Lannig. 2008. Interactive effects of metal pollution and temperature on metabolism in aquatic ectotherms: implications of global climate change. *Climate Research* 37: 181–201.

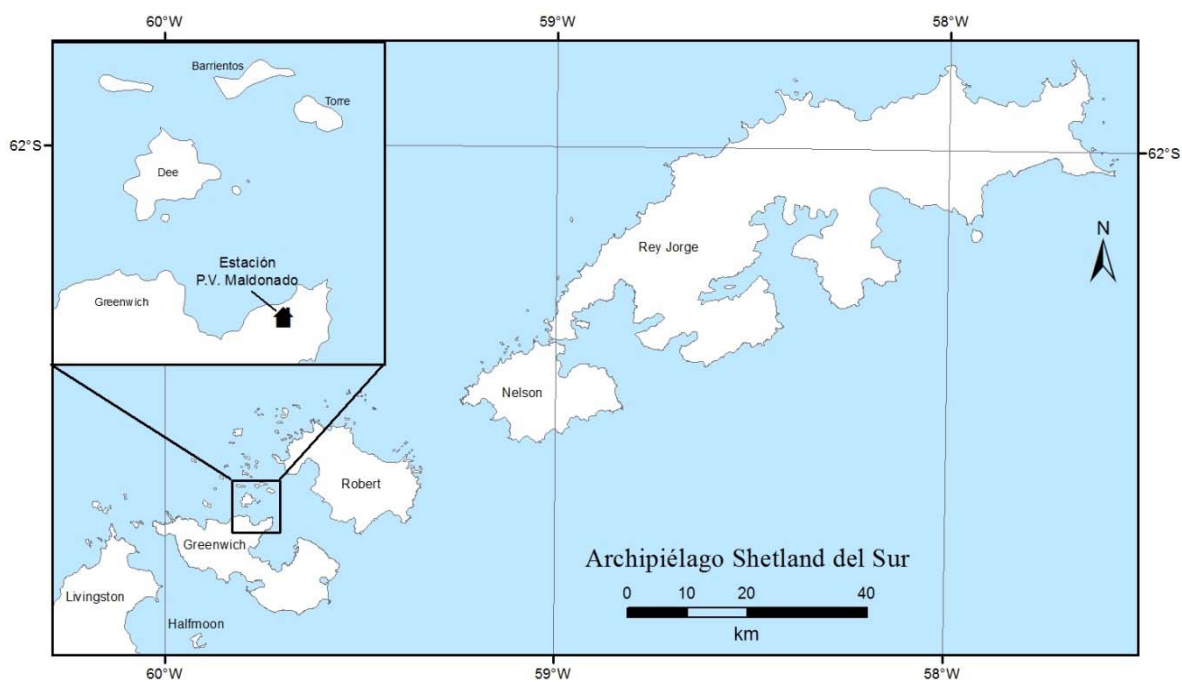
- Southwell, C., J. Bengtson, M. Bester, A. S. Blix, H. Bornemann, P. Boveng, M. Cameron, J. Forcada, J. Laake, E. Nordøy, J. Plötz, T. Rogers, D. Southwell, D. Steinhage, B. S. Stewart y P. Trathan. 2012. A review of data on abundance, trends in abundance, habitat use and diet of ice-breeding seals in the Southern Ocean. *Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, CCAMLR Science* 19: 49–74.
- SPSS Inc. 2010. *Statistical Package for Social Sciences 13.0 for Windows*. SPSS Inc. Chicago.
- Stewart, B. S. 2014. Family Phocidae. Pp. 120–183, *en: Handbook of the mammals of the World: 4. Sea Mammals* (D. E. Wilson y R. A. Mittermeier, eds.). Lynx Editions. Barcelona.
- Stewart, B. S., P. K. Yochem, T. S. Gelatt y D. B. Siniff. 2000. First-year movements of Weddell seal pups in the western Ross Sea. Pp. 71–76, *en: Antarctic ecosystems: models for a wider ecological understanding* (W. Davison, C. Howard-Williams y P. Broady, eds.). New Zealand Natural Sciences, Canterbury University. Christchurch, Nueva Zelanda.
- Stewart, B. S., P. K. Yochem, T. S. Gelatt y D. B. Siniff. 2003. The pack ice niche of Weddell seals in the Ross Sea. Pp. 224–228, *en: Antarctic biology in a global context* (A. H. L. Huiskes, W. W. C. Gieskes, J. Rozema, R. M. L. Schorno, S. M. van der Vies y W. J. Wolff, eds.). Backhuys Publishers. Leiden, Países Bajos.
- Stirling, I. 1969a. Distribution and abundance of the Weddell Seal in the western Ross Sea, Antarctica. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 3: 191–200.
- Stirling, I. 1969b. Ecology of the Weddell Seal in McMurdo Sound, Antarctica. *Ecology* 50: 573–586.
- Stirling, I. 1971a. *Leptonychotes weddelli*. *Mammalian Species* 6: 1–5.

- Stirling, I. 1971b. Population dynamics of the Weddell Seal (*Leptonychotes weddelli*) in McMurdo Sound, Antarctica, 1966–1968. Pp. 141–161, *en: Antarctic Pinnipedia* (W. H. Burt, ed.). American Geophysical Union. Antarctic Research Series 18.
- Testa, J. W. 1987. Long-term reproductive patterns and sighting bias in Weddell seals (*Leptonychotes weddelli*). *Canadian Journal of Zoology* 65: 1091–1099.
- Testa, J. W. 1994. Over-winter movements and diving behavior of female Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*) in the southwestern Ross Sea, Antarctica. *Canadian Journal of Zoology* 72: 1700–1710.
- Testa, J. W. y D. B. Siniff. 1987. Population dynamics of Weddell seals (*Leptonychotes weddelli*) in McMurdo Sound, Antarctica. *Ecological Monographs* 57: 149–165.
- Testa, J. W., D. B. Siniff, M. J. Ross y J. D. Winter. 1985. Weddell Seal-Antarctic cod interactions in McMurdo Sound, Antarctica. Pp. 561–565, *en: Antarctic nutrients cycles and food webs* (W. R. Siegfried, P. R. Condy y R. M. Laws, eds.). Springer-Verlag. Berlín.
- Testa, J. W., D. B. Siniff, J. P. Croxall y H. R. Burton. 1990. A comparison of reproductive parameters among three populations of Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*). *Journal of Animal Ecology* 59: 1165–1175.
- Testa, J. W., G. Oehlert, D. G. Ainley, J. L. Bengtson, D. B. Siniff, R. M. Laws y D. Rousenvell. 1991. Temporal variability in Antarctic marine ecosystems, periodic fluctuations in the phocid seals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 48: 631–639.
- Thomas, J. L. 2002. Weddell Seal *Leptonychotes weddellii*. Pp. 1300–1302, *en: Encyclopedia of marine mammals* (W. F. Perrin, B. Wursig y J. G. M. Thiewissen, eds.). Academic Press. Londres.

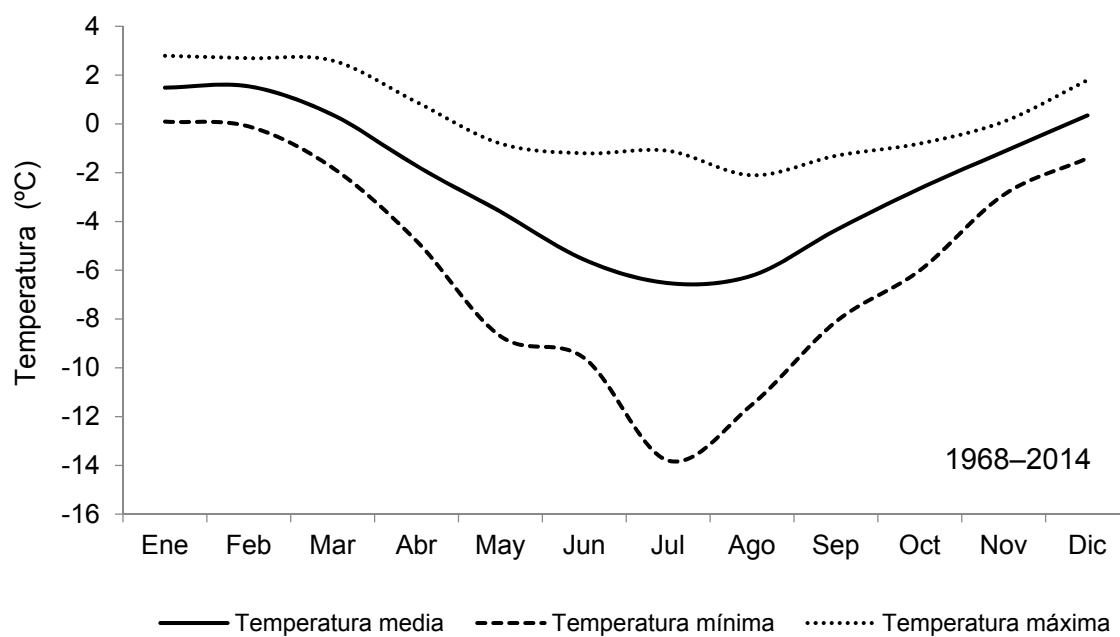
- Tirira, D. G. 2010. Observación de mamíferos marinos durante la XIV Expedición Científica Antártica Ecuatoriana. *Boletín Técnico 9, Serie Zoológica 6*: 134–146.
- Tratado Antártico. 1959. *El Tratado Antártico, acta de constitución*. Washington, DC.
- Tratado Antártico. 2014. *Guía para sitios que reciben visitantes: Barrientos-Aitcho Island*. Secretaría del Tratado Antártico. Buenos Aires. En línea: [www.ats.aq/s/ats\\_other\\_siteguidelines.htm](http://www.ats.aq/s/ats_other_siteguidelines.htm) [consulta: 2014-12-12].
- Tratado Antártico. 2015. *Tratado Antártico sobre protección del Medio Ambiente*. Secretaría del Tratado Antártico. Buenos Aires. En línea: [www.ats.aq/s/ats.htm](http://www.ats.aq/s/ats.htm).
- Trillmich, F. y T. Dellinger. 1991. The effects of El Niño on Galápagos pinnipeds. Pp. 66–74, en: *Pinnipeds and El Niño: Responses to environmental stress* (F. Trillmich y K. A. Ono, eds.). Springer-Verlag. Berlín.
- Trillmich, F. y D. Limberger. 1985. Drastic effects of El Niño on Galapagos pinnipeds. *Oecologia 67*(1): 19–22.
- Turner, J., R. Bindschadler, P. Convey, G. di Prisco, E. Fahrbach, J. Gutt, D. Hodgson, P. Mayewski y C. Summerhayes (eds.). 2009. *Antarctic Climate Change and the Environment*. Scientific Committee on Antarctic Research y Scott Polar Research Institute. Cambridge, RU.
- UICN. 2001. *Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN*. Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Gland, Suiza.
- Unión Europea. 2014. *Reglamento (UE) No. 1320/2014 de la Comisión de 1 de diciembre de 2014, relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres*. En línea: [eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32014R1320](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32014R1320).
- Valencia, M. 1998. Estudio de impacto ambiental en punta Fort William, verano austral: 1995–1996, 1997–1998. *Acta Antártica Ecuatoriana 4*(1): 123–131.

- Vincent, C., L. Meynier y V. Ridoux. 2001. Photo-identification in grey seals: legibility and stability of natural markings. *Mammalia* 65(3): 363–372.
- Walker, T. R., I. L. Boyd, D. J. McCafferty, N. Huin, R. I. Taylor y K. Reid. 1998. Seasonal occurrence and diet of leopard seals (*Hydrurga leptonyx*) at Bird Island, South Georgia. *Antarctic Science* 10: 75–81.
- White, G. C. y K. P. Burnham. 1999. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46 (Supplement): 120–138.
- Woyciechowski, M. 1980. Numbers and activity of Weddell Seal (*Leptonychotes weddelli* Lesson) in the Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands) in summer 1978/1979. *Polish Polar Research* 1(2–3): 207–216.
- Yochem, P. K., B. S. Stewart, M. Mina, A. Zorin, V. Sadovov y A. Yablokov. 1990. Non-metrical analyses of pelage patterns in demographic studies of harbor seals. *Report to the International Whaling Commission (Special Issue)* 12: 87–90.

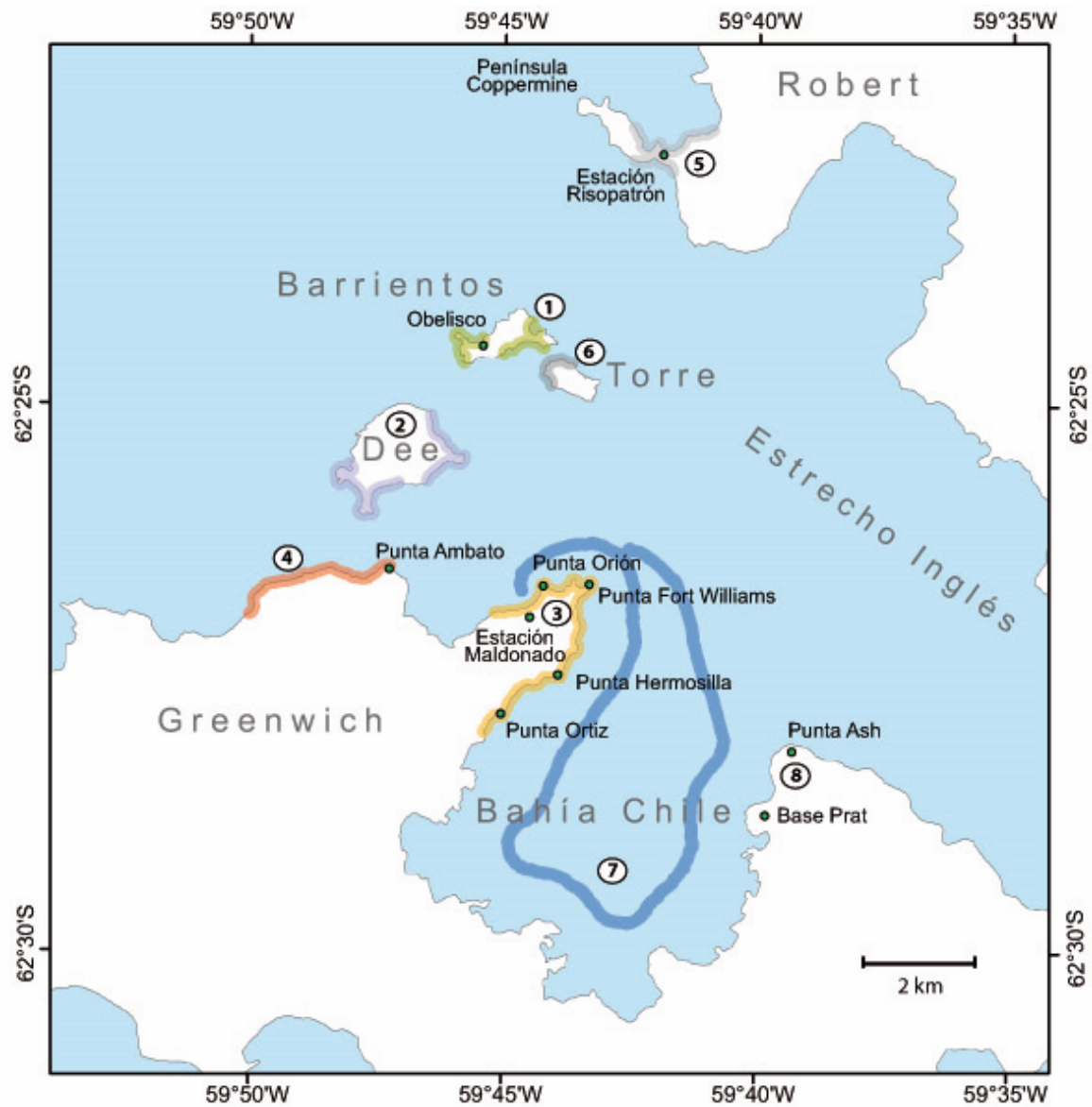
## 9. FIGURAS



**Figura 1.** Archipiélago de las islas Shetland Sur. Se muestran las islas mayores (parte de Livingston, Greenwich, Robert, Nelson y Rey Jorge) y menores (Dee, Barrientos y Torre, en el recuadro), además de la ubicación de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado.



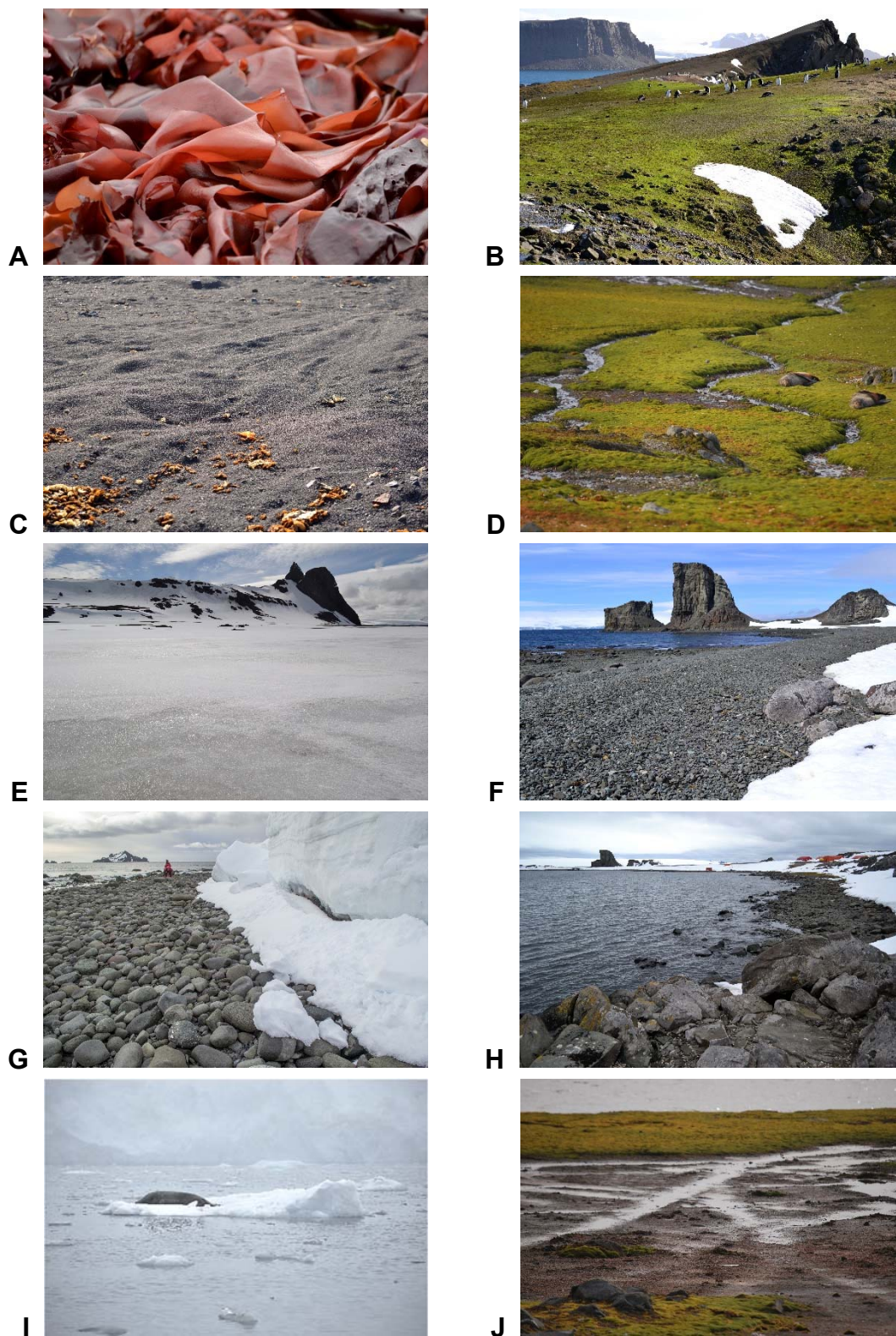
**Figura 2.** Temperatura promedio mensual del aire registrada en la Estación Científica Bellingshausen (Rusia), isla Rey Jorge, Antártida (período 1968–2014), ubicada a 45 kilómetros de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.



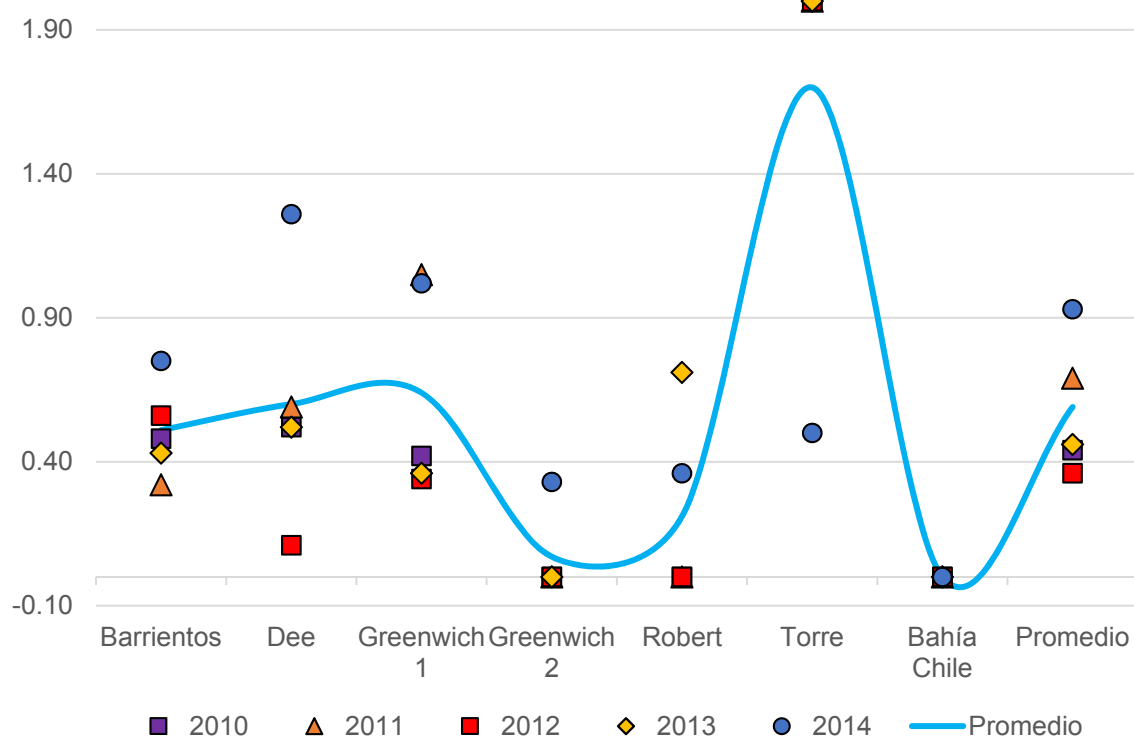
**Figura 3.** Área de estudio y ubicación de los transectos y sitios de estudio: 1. isla Barrientos, 2. isla Dee, 3. isla Greenwich 1 (punta Fort Williams), 4. isla Greenwich 2 (punta Ambato), 5. isla Robert, 6. isla Torre, 7. bahía Chile, 8. isla Greenwich 3 (punta Ash).



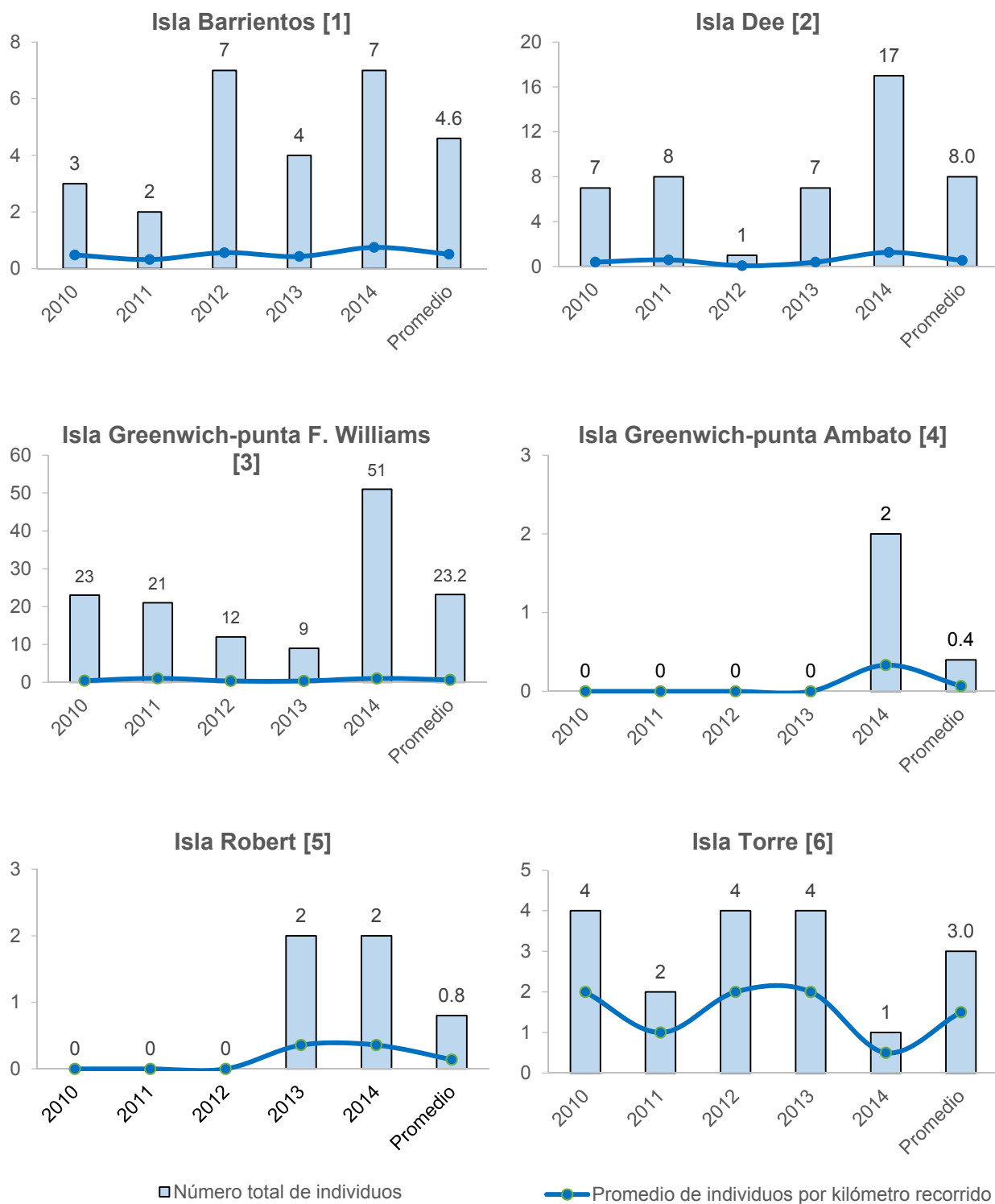
**Figura 4.** Ángulos utilizados para el análisis de foto-identificación. Desde arriba hacia abajo y de izquierda a derecha: lado izquierdo de la cabeza, lado derecho de la cabeza, región gular, rostro, flanco izquierdo del cuerpo, región ventral y flanco derecho. Fotos de D. Tirira.



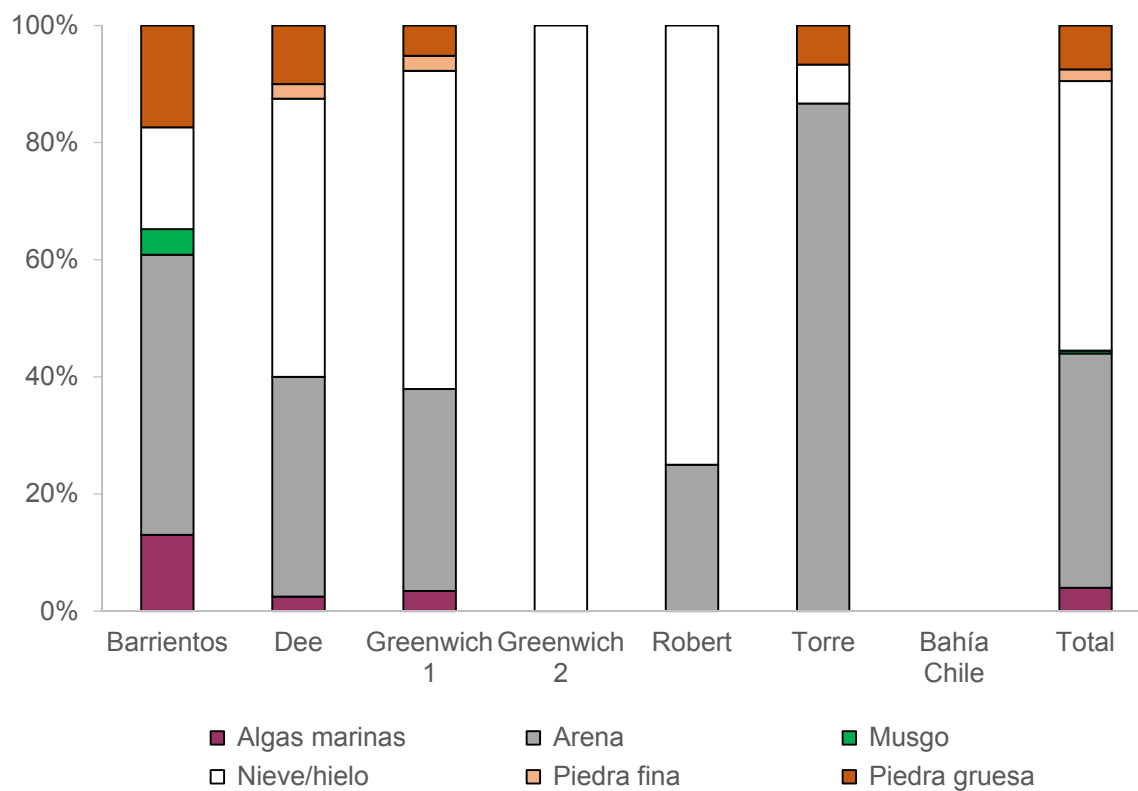
**Figura 5.** Tipos de sustratos identificados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida. **A.** algas marinas; **B.** algas verdes; **C.** arena; **D.** musgo; **E.** nieve/hielo; **F.** piedra fina; **G.** piedra gruesa; **H.** roca; **I.** témpano; **J.** tierra. Fotos de D. Tirira.



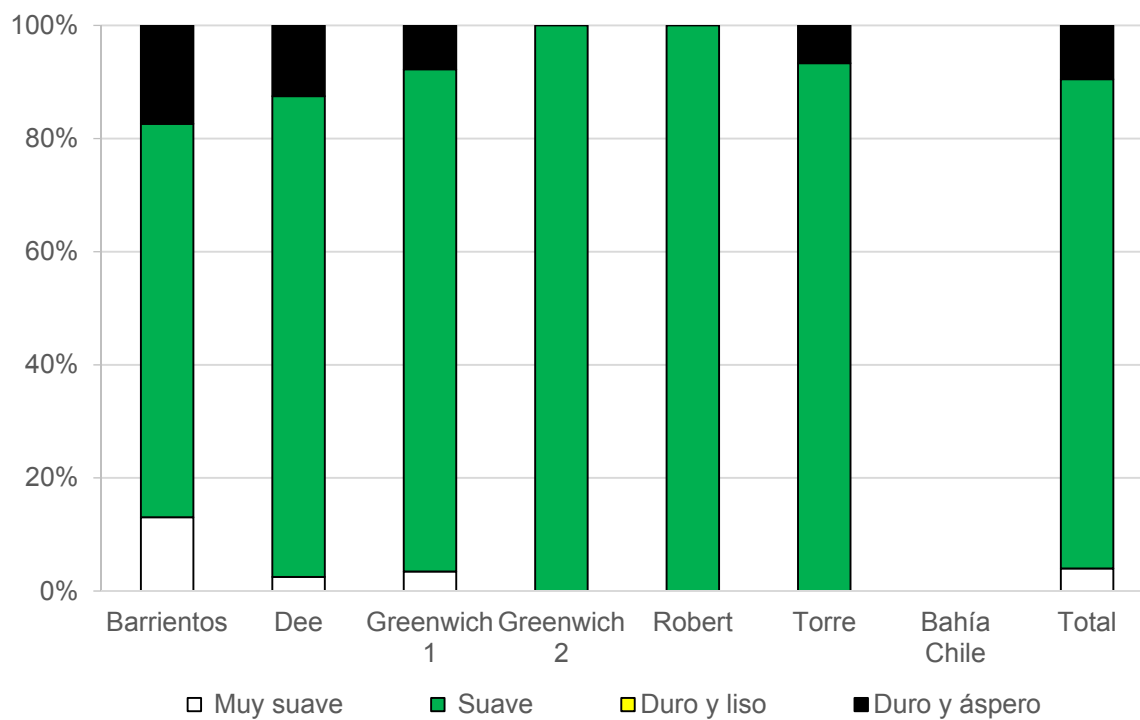
**Figura 6.** Variación anual en el número promedio de individuos de la foca de Weddell registrados por kilómetro según los transectos y años de estudio (período 2010–2014) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida. El promedio no incluye el transecto de bahía Chile.



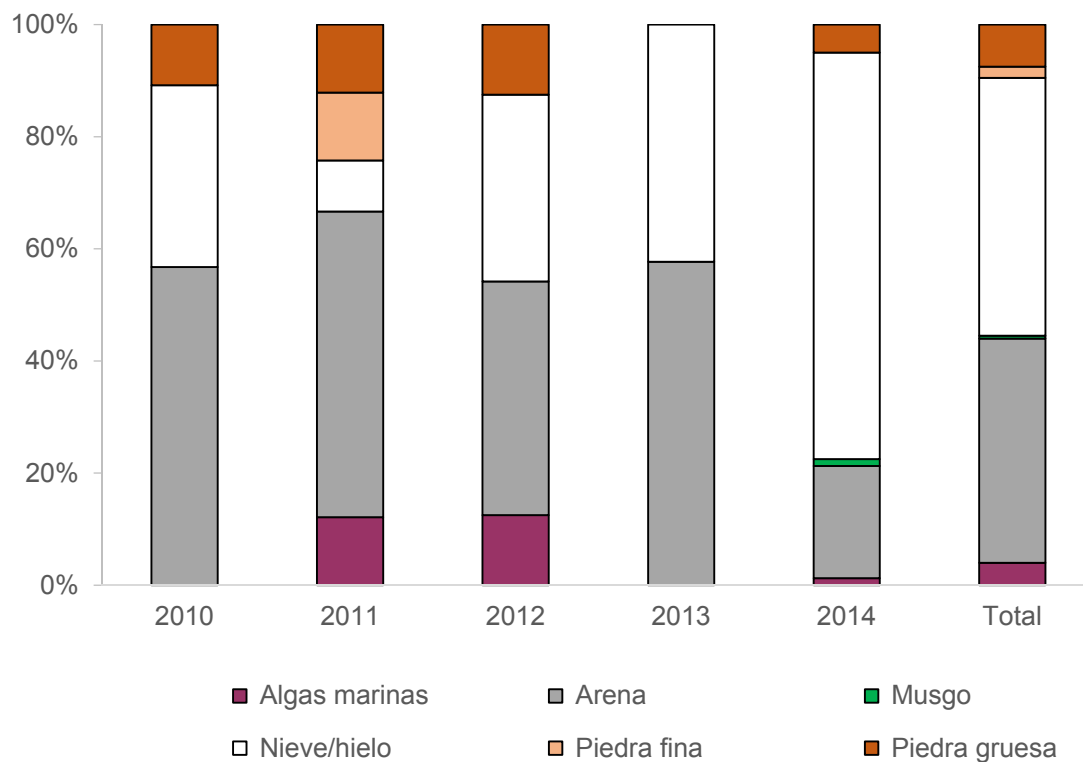
**Figura 7.** Registros de la foca de Weddell (totales y promedios por kilómetro) en seis transectos estudiados durante el período 2010–2014 en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.



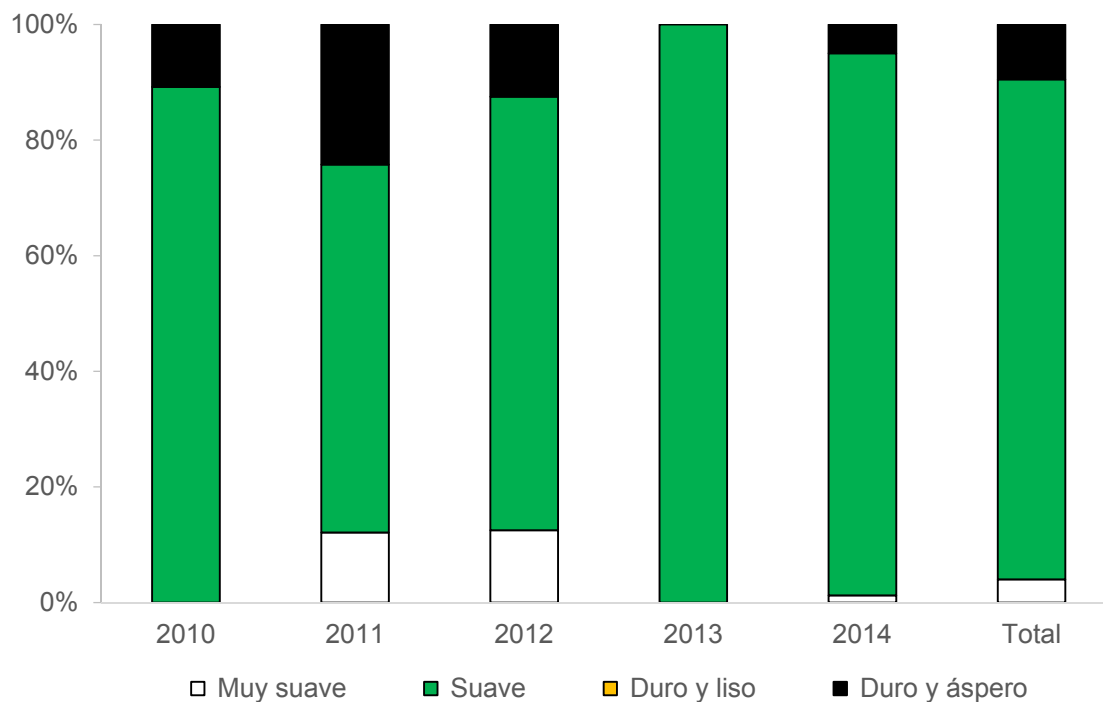
**Figura 8.** Distribución porcentual de los distintos sustratos utilizados por la foca de Weddell (período 2010–2014, época de verano) en siete transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.



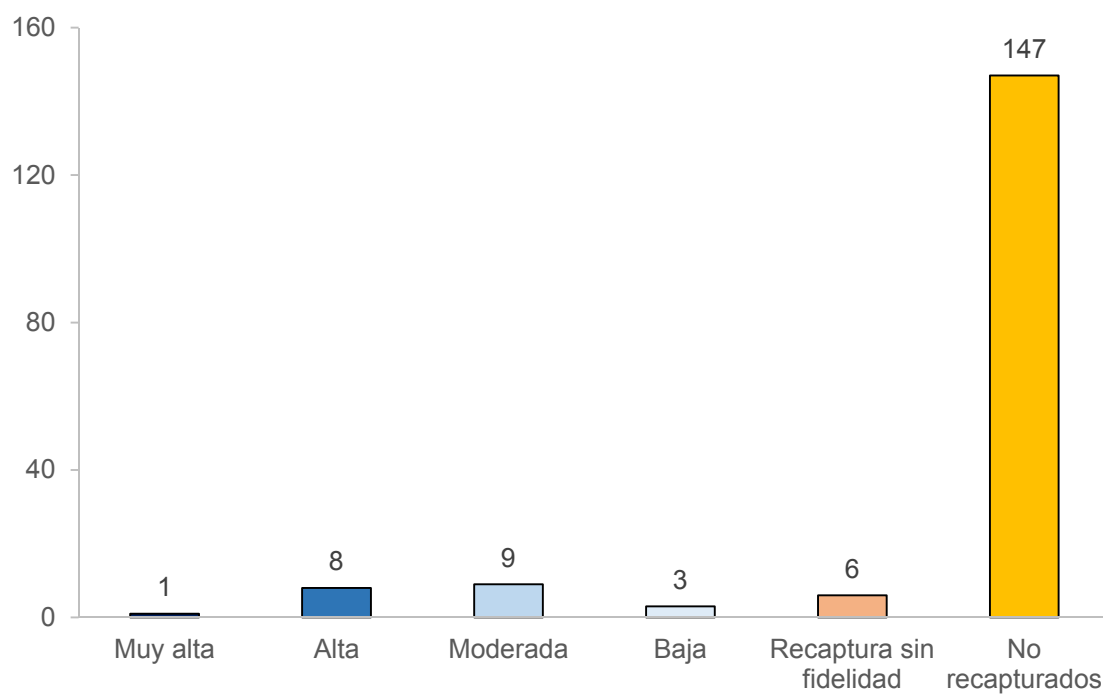
**Figura 9.** Distribución porcentual de los distintos niveles de dureza de los sustratos utilizados por la foca de Weddell (período 2010–2014, época de verano), según los transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.



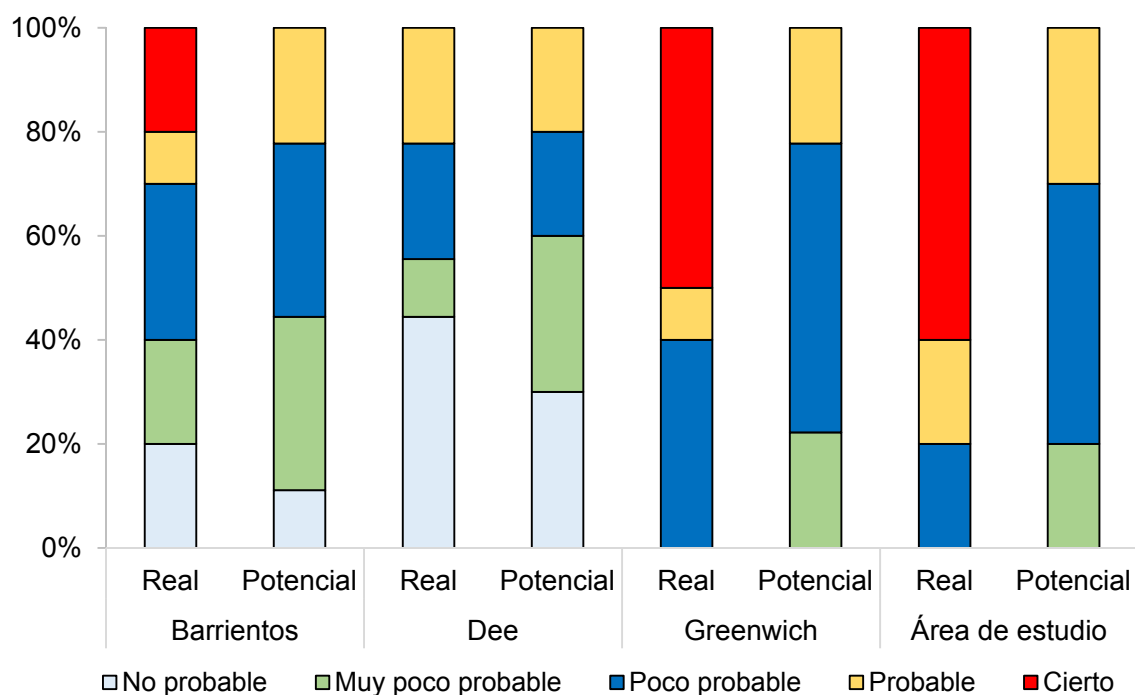
**Figura 10.** Distribución porcentual de los distintos sustratos utilizados por la foca de Weddell (período 2010–2014, época de verano), según los años de estudio, en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.



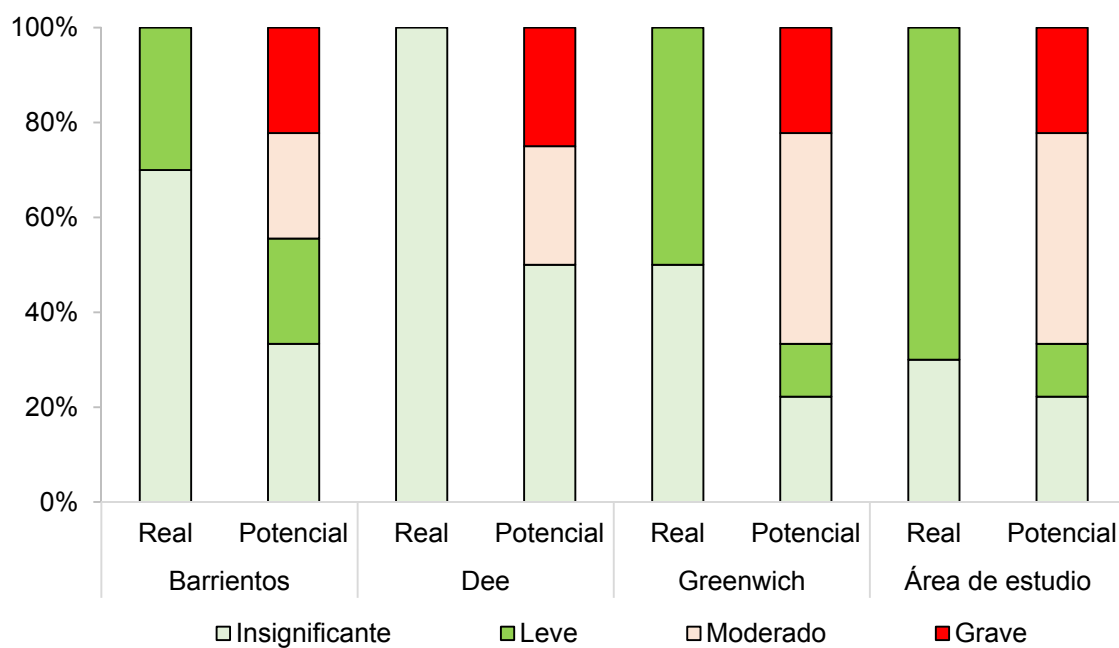
**Figura 11.** Distribución porcentual de los distintos niveles de dureza de los sustratos utilizados por la foca de Weddell (período 2010–2014, época de verano), según los años de estudio, en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.



**Figura 12.** Número de registros según las categorías de fidelidad individual reportadas para la foca de Weddell (período 2002–2014) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.



**Figura 13.** Certeza de la ocurrencia de los impactos reales y potenciales en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.



**Figura 14.** Representación porcentual de la importancia relativa de los impactos reales y potenciales para la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

## 10. TABLAS

**Tabla 1.** Nombre, extensiones aproximadas y coordenadas de referencia de los transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

<b>Transecto</b>	<b>Segmentos</b>	<b>Extensión (metros)</b>	<b>Coordenadas de referencia</b>
1. Isla Barrientos	1. Playa de desembarco (costa sur)	1 000	62°24'24"S, 59°44'20"W
	2. Playa norte	500	62°24'23"S, 59°44'40"W
	3. Península del obelisco (costa noroeste) y playa sin nombre (costa oeste)	1 600	62°24'23"S, 59°45'43"W
2. Isla Dee	1. Costa este	3 000	62°25'10"S, 59°46'23"W
	2. Costas sur y suroeste	1 500	62°25'39"S, 59°48'02"W
3. Isla Greenwich 1	Punta Fort Williams (costa noreste), incluye playa de desembarco, puntas Orión, Hermosilla y Ortiz y base del glaciar Traub	5 000	62°26'42"S, 59°43'26"W
4. Isla Greenwich 2	Punta Ambato (costa norte) y costa noroeste	3 000	62°26'27"S, 59°47'16"W
5. Isla Robert	1. Caleta Coppermine, al norte del refugio Risopatrón, península Coppermine	2 000	62°22'46"S, 59°42'07"W
	2. Playa de desembarco (costa sur)	800	62°22'44"S, 59°42'03"W

<b>Transecto</b>	<b>Segmentos</b>	<b>Extensión (metros)</b>	<b>Coordenadas de referencia</b>
6. Isla Torre	Costa norte	1 000	62°24'39"S, 59°44'10"W
7. Bahía Chile	Transecto de circunvalación	15 000	62°29'01"S, 59°46'10"W
8. Isla Greenwich 3 <sup>1</sup>	Punta Ash (alrededores de la base militar Arturo Prat)	No aplica	62°28'54"S, 59°37'49"W
<b>Total</b>		<b>34 400</b>	

<sup>1</sup>. Transecto no estudiado, pero se disponen de registros casuales que han sido incluidos en el análisis de fidelidad de sitio.

**Tabla 2.** Períodos de estudio de pinnípedos entre 2010 y 2014 en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

<b>Mes</b>	<b>Año</b>					<b>Número total de días</b>
	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	
Enero	22	–	–	24	26	<b>72</b>
Febrero	14	4	10	–	–	<b>28</b>
Marzo	–	23	14	–	–	<b>37</b>
<b>Número total días</b>	<b>36</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>137</b>

**Tabla 3.** Personas que aportaron con fotografías de la foca de Weddell registradas en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida, durante el período 2002–2014, para el análisis de foto-identificación.

<b>Fotografías captadas por</b>	<b>Años de captura</b>	<b>Número de fotografías</b>
Anónimo (Archivo INAE)	2006, 2009, 2013, 2014	14
Anónimo (base Arturo Prat)	2002, 2011, 2012	10
Daniela Cajiao	2013	7
David Galarza	2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007	37
Greg Lasley (iNaturalist)	2003	3
Hernán Moreano	2007	7
Nadia Ordóñez y otros	2008, 2009, 2010	26
Gunter Reck y Rossana Proaño	2007	79
Carlos Rodríguez	2012	2
Carlos Vázquez	2012	14
<b>Total</b>		<b>199</b>

**Tabla 4.** Resumen de las opciones consideradas para el análisis de fidelidad de sitio de la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

<b>Categorización en el espacio</b>	<b>Categorización en el tiempo</b>			
	<b>Alta</b>	<b>Moderada</b>	<b>Baja</b>	<b>Ninguna</b>
<b>Alta</b>	Muy Alta	Alta	Moderada	Sin fidelidad
<b>Moderada</b>	Alta	Moderada	Baja	Sin fidelidad
<b>Baja</b>	Moderada	Baja	Sin fidelidad	Sin fidelidad
<b>Ninguna</b>	Sin fidelidad	Sin fidelidad	Sin fidelidad	Sin fidelidad

**Tabla 5.** Número total de individuos y promedios registrados para la foca de Weddell (período 2010–2014) en siete transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida. Entre paréntesis se indican los valores mínimos y máximos registrados por año.

Número de transecto	Número total de individuos	Promedio de individuos por			Número de recorridos
		Año	Kilómetro	Desviación estándar	
1	23 (2–7)	4.6	0.51 (0.32–0.75)	0.16	2.8 (2–4)
2	40 (1–17)	8.0	0.60 (0.11–1.26)	0.41	2.8 (2–3)
3	116 (9–51)	23.2	0.64 (0.34–1.05)	0.36	7.4 (4–11)
4	2 (0–2)	0.4	0.07 (0.00–0.33)	0.15	2.0 (2–2)
5	4 (0–2)	0.8	0.21 (0.00–0.71)	0.32	1.6 (1–2)
6	15 (1–4)	3.0	1.70 (0.50–2.00)	0.67	1.8 (1–2)
7	0	0	0	0	1.6 (1–2)
<b>Total†</b>	<b>200</b> <b>(24–80)</b>	<b>40.0</b>	<b>0.59</b> <b>(0.36–0.93)</b>	<b>0.23</b>	<b>92</b> <b>(13–22)</b>

**Transecto:** 1. Isla Barrientos. 2. Isla Dee. 3. Isla Greenwich 1 (punta Fort Williams). 4. Isla Greenwich 2 (punta Ambato). 5. Isla Robert. 6. Isla Torre. 7. Bahía Chile. † Excluye bahía Chile.

**Tabla 6.** Número de individuos por kilómetro registrados para la foca de Weddell (período 2010–2014) en siete transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Año [y mes de estudio]	Transecto							Promedio por año <sup>†</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	
2010 [I]	0.48	0.52	0.42	0.00	0.00	2.00	0	0.44
2011 [II, III]	0.32	0.59	1.05	0.00	0.00	2.00	0	0.69
2012 [II, III]	0.56	0.11	0.34	0.00	0.00	2.00	0	0.36
2013 [I]	0.43	0.52	0.36	0.00	0.71	2.00	0	0.46
2014 [I]	0.75	1.26	1.02	0.33	0.36	0.50	0	0.93
Promedio	0.51	0.60	0.64	0.07	0.21	1.70	0	0.59

**Mes de estudio:** I. enero, II. febrero, III. marzo. **Transecto:** 1. Isla Barrientos, 2. Isla Dee, 3. Isla

Greenwich 1 (punta Fort Williams), 4. Isla Greenwich 2 (punta Ambato), 5. Isla Robert, 6. Isla Torre.

<sup>†</sup> Promedio por año excluye el transecto de bahía Chile.

**Tabla 7.** Número de registros totales y foto-identificables y número de recapturas de la foca de Weddell (período 2002–2014) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Año	Número de registros		Número de recapturas	Porcentaje de recapturas	
	Totales	Foto-identificables		En el año	En el estudio
2002	4	3	0	0.0	0.0
2003	3	3	1	33.3	2.4
2004	2	1	0	0.0	0.0
2005	1	1	0	0.0	0.0
2006	7	5	0	0.0	0.0
2007	17	16	2	11.8	4.8
2008	3	3	0	0.0	0.0
2009	18	15	1	5.6	2.4
2010	37	25	2	5.4	4.8
2011	39	29	8	20.5	19.0
2012	21	17	1	4.8	2.4
2013	29	27	6	20.7	14.3
2014	81	71	21	25.9	50.0
Total	262	216	42	16.0	100.0

**Tabla 8.** Número de recapturas registradas (período 2002–2014) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

<b>Transecto</b>	<b>Registros totales</b>	<b>Número de recapturas</b>	<b>Porcentaje</b>
Isla Barrientos	26	3	7.1
Isla Dee	41	4	9.5
Isla Greenwich 1 (punta Fort Williams)	161	28	66.7
Isla Greenwich 2 (punta Ambato)	4	1	2.4
Isla Robert	4	0	0.0
Isla Torre	15	2	4.8
Bahía Chile	0	0	0.0
Isla Greenwich 3 (punta Ash)	11	4	9.5
Total	262	42	100.0

## 11. ANEXOS

**Anexo 1.** Localidades mencionadas en el texto que tienen diferentes nombres dentro del área de las islas Shetland del Sur, Antártida.

<b>Accidente geográfico</b>	<b>Nombre usado en el texto<sup>1</sup></b>	<b>Nombre de origen chileno</b>	<b>Nombre de origen inglés</b>	<b>Otros nombres</b>
Bahía (bay)	Almirantazgo	Almirantazgo	Admiralty	Lasserre <sup>2</sup>
Bahía (bay)	Chile	Chile	Discovery	Soberanía <sup>3</sup>
Estrecho/Canal (strait)	Inglés	Inglés	English	–
Isla (island)	Barrientos	Barrientos	Aitcho	–
Isla (island)	Rey Jorge	Rey Jorge	King George	25 de Mayo <sup>2</sup>
Isla (island)	Torre	Torre	Cecilia	Tower <sup>4</sup>
Punta (point)	Ambato	Aguedo	–	–
Punta (point)	Ash	Teniente Bascope	Ash	–
Punta (point)	Fort Williams	Fort Williams	Spark	Fort William <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nombre de uso generalizado por investigadores ecuatorianos.

<sup>2</sup> Nombre oficial empleado por Argentina.

<sup>3</sup> Nombre en desuso empleado por Chile; ahora se restringe al sitio de anclaje dentro de la bahía, denominado como puerto Soberanía.

<sup>4</sup> Traducción literal del nombre en español. No usado de forma oficial por ningún país.

**Anexo 2.** Amenazas propuestas para pinnípedos por el Plan de acción de la UICN

(Reijnders *et al.*, 1993) y adaptadas para el análisis del estado de conservación de la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

<b>Tipo de amenaza</b>	<b>Incidencia</b>
<b>Amenazas inmediatas</b>	
1. Captura dirigida para comercio internacional	No aplica <sup>1</sup>
2. Captura incidental por pesquerías comerciales	No aplica
3. Muerte directa por pescadores	No aplica
4. Cacería dirigida de individuos	Potencial <sup>1,2</sup>
<b>Amenazas mediatas</b>	
5. Mortalidad masiva de individuos derivada de:	
a. Epidemias o infecciones virales	Potencial
b. Fenómenos de El Niño y otras catástrofes climáticas	Potencial
6. Degradación de hábitat:	
a. Contaminantes medioambientales:	
i. Contaminación por metales pesados y organoclorados	Potencial
ii. Contaminación del agua por hidrocarburos	Potencial
iii. Contaminación del suelo por hidrocarburos	Potencial
b. Efecto de la pesca comercial sobre la disponibilidad de alimento	No aplica
c. Perturbación originada por las actividades y la presencia humana:	
i. Contaminación del aire	Real
ii. Contaminación sonora (ruido)	Real
iii. Eliminación de desechos líquidos (no hidrocarburos)	Real
iv. Presencia de basura inorgánica en el agua	Real
v. Presencia de basura inorgánica en el suelo	Real

<b>Tipo de amenaza</b>	<b>Incidencia</b>
vi. Actividades turísticas	Real
vii. Presencia humana (investigadores y otro personal)	Real
viii. Presencia de embarcaciones (barcos y botes inflables)	Real
ix. Presencia de vehículos (montacargas, cuadrones y otros)	Real
d. Cambios en el ambiente físico (paisaje)	
i. Cambios a pequeña escala	Real
ii. Cambios a gran escala	Potencial
e. Ignorancia (falta de conocimiento para evaluar su vulnerabilidad) a:	
i. Introducción de especies	Potencial
<b>Amenazas a largo plazo</b>	
7. Cambio climático	Potencial
8. Pérdida de la diversidad genética	No aplica <sup>3</sup>

<sup>1</sup> El tiempo considerado para la aplicación de una amenaza potencial o de aquellas consideradas como no aplicables fue de tres generaciones en el futuro (36 años para la foca de Weddell).

<sup>2</sup> La especie fue cazada hasta mediados del siglo XX como alimento de perros de trineo y eventualmente para humanos (Gelatt y Southwell, 2008). En la actualidad la amenaza no existe.

<sup>3</sup> Debido a que se trata de una especie de Preocupación Menor (de acuerdo con la Lista Roja de la UICN), con un tamaño poblacional en su distribución global estimado entre 500 mil a más de un millón de individuos (Gelatt y Southwell, 2008), se considera que la pérdida de diversidad genética no es una amenaza para la especie.

**Anexo 3.** Número de individuos registrados por recorrido y año de estudio y promedios para la foca de Weddell (período 2010–2014) en siete transectos estudiados en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Año	Número de individuos			Kilómetros recorridos	Número de recorridos
	Total	Por recorrido	Por kilómetro		
Isla Barrientos					
2010	3	1.5	0.48	6.2	2
2011	2	1.0	0.32	6.2	2
2012	7	1.8	0.56	12.4	4
2013	4	1.3	0.43	9.3	3
2014	7	2.3	0.75	9.3	3
Promedio	4.6	1.5	0.51	8.7	2.8
Isla Dee					
2010	7	2.3	0.52	13.5	3
2011	8	2.7	0.59	13.5	3
2012	1	0.5	0.11	9.0	2
2013	7	2.3	0.52	13.5	3
2014	17	5.7	1.26	13.5	3
Promedio	8.0	2.7	0.60	12.6	2.8
Isla Greenwich 1 (punta Fort Williams)					
2010	23	2.1	0.42	55.0	11
2011	21	5.3	1.05	20.0	4
2012	12	1.7	0.34	35.0	7
2013	9	1.8	0.36	25.0	5
2014	51	5.1	1.02	50.0	10
Promedio	23.2	3.2	0.64	37.0	7.4

Año	Número de individuos			Kilómetros recorridos	Número de recorridos
	Total	Por recorrido	Por kilómetro		
Isla Greenwich 2 (punta Ambato)					
2010	0	0.0	0.00	4.0	2
2011	0	0.0	0.00	4.0	2
2012	0	0.0	0.00	4.0	2
2013	0	0.0	0.00	4.0	2
2014	2	1.0	0.33	6.0	2
Promedio	0.4	0.2	0.07	4.4	2.0
Isla Robert					
2010	0	0.0	0.00	3.6	2
2011	0	0.0	0.00	2.8	1
2012	0	0.0	0.00	4.6	2
2013	2	2.0	0.71	2.8	1
2014	2	1.0	0.36	5.6	2
Promedio	0.8	0.6	0.21	3.9	1.6
Isla Torre					
2010	4	2.0	2.00	2.0	2
2011	2	1.0	2.00	1.0	1
2012	4	2.0	2.00	2.0	2
2013	4	2.0	2.00	2.0	2
2014	1	0.5	0.50	2.0	2
Promedio	3.0	1.7	1.70	1.8	1.8
Bahía Chile					
2010	0	0.0	0.00	30.0	2
2011	0	0.0	0.00	15.0	1
2012	0	0.0	0.00	30.0	2

Año	Número de individuos			Kilómetros recorridos	Número de recorridos
	Total	Por recorrido	Por kilómetro		
2013	0	0.0	0.00	15.0	1
2014	0	0.0	0.00	30.0	2
Promedio	0.00	0.00	0.00	27.0	1.8
Total para el área de estudio <sup>1</sup>					
2010	37	1.7	0.44	84.3	22
2011	33	2.5	0.69	47.5	13
2012	24	1.3	0.36	67.0	19
2013	26	1.6	0.46	56.6	16
2014	80	3.6	0.93	86.4	22
Promedio	40.0	2.1	0.59	68.4	18.4
Total	200	–	–	341.8	92

<sup>1</sup> Resultados excluyen del análisis al transecto bahía Chile.

**Anexo 4.** Uso del sustrato por la foca de Weddell según los transectos de estudio (período 2010–2014, solo datos de verano) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Transecto / sexo	Sustrato										
	Algas marinas	Algas verdes	Arena	Musgo	Nieve/hielo	Piedra fina	Piedra gruesa	Roca	Témpano	Tierra	Total
1. Isla Barrientos											
Machos	0	0	6	0	2	0	1	0	0	0	9
Hembras	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	5
Desconocido	1	0	3	0	2	0	3	0	0	0	9
Total	3	0	11	1	4	0	4	0	0	0	23
Porcentaje	13.0	0.0	47.8	4.3	17.4	0.0	17.4	0.	0.	0.	100.0
2. Isla Dee											
Machos	0	0	5	0	12	0	1	0	0	0	18
Hembras	0	0	4	0	2	0	2	0	0	0	8
Desconocido	1	0	6	0	5	1	1	0	0	0	14
Total	1	0	15	0	19	1	4	0	0	0	40
Porcentaje	2.5	0.0	37.5	0.0	47.5	2.5	10.0	0.0	0.0	0.0	100.0

Transecto / sexo	Sustrato										Total
	Algas marinas	Algas verdes	Arena	Musgo	Nieve/hielo	Piedra fina	Piedra gruesa	Roca	Témpano	Tierra	
3. Isla Greenwich 1											
Machos	2	0	16	0	23	2	4	0	0	0	47
Hembras	2	0	12	0	21	0	1	0	0	0	36
Desconocido	0	0	12	0	19	1	1	0	0	0	33
Total	4	0	40	0	63	3	6	0	0	0	116
Porcentaje	3.4	0.0	34.5	0.0	54.3	2.6	5.2	0.0	0.0	0.0	100.0
4. Isla Greenwich 2											
Machos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Hembras	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Total	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Porcentaje	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
5. Isla Robert											
Machos	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	3
Hembras	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Total	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	4

Transecto / sexo	Sustrato										Total
	Algas marinas	Algas verdes	Arena	Musgo	Nieve/hielo	Piedra fina	Piedra gruesa	Roca	Témpano	Tierra	
Porcentaje	0.0	0.0	25.0	0.0	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
6. Isla Torre											
Machos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Hembras	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	5
Desconocido	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9
Total	0	0	13	0	1	0	1	0	0	0	15
Porcentaje	0.0	0.0	86.7	0.0	6.7	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	100.0
7. Bahía Chile											
Total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total											
Machos	2	0	28	0	41	2	6	0	0	0	79
Hembras	4	0	22	1	25	0	4	0	0	0	56
Desconocido	2	0	30	0	26	2	5	0	0	0	65
Total	8	0	80	1	92	4	15	0	0	0	200
Porcentaje	4.0	0.0	40.0	0.5	46.0	2.0	7.5	0.0	0.0	0.0	100.0

**Anexo 5.** Dureza y aspereza del sustrato utilizado por la foca de Weddell según los transectos de estudio (período 2010–2014, solo datos de verano) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Transecto / sexo	Dureza del sustrato				Total
	Muy suave	Suave	Duro y liso	Duro y áspero	
<b>1. Isla Barrientos</b>					
Machos	0	8	0	1	9
Hembras	2	3	0	0	5
Desconocido	1	5	0	3	9
Total	3	16	0	4	23
Porcentaje	13.0	69.6	0.0	17.4	100.0
<b>2. Isla Dee</b>					
Machos	0	17	0	1	18
Hembras	0	6	0	2	8
Desconocido	1	11	0	2	14
Total	1	34	0	5	40
Porcentaje	2.5	85.0	0.0	12.5	100.0
<b>3. Isla Greenwich 1</b>					
Machos	2	39	0	6	47
Hembras	2	33	0	1	36
Desconocido	0	31	0	2	33
Total	4	103	0	9	116
Porcentaje	3.4	88.8	0.0	7.8	100.0
<b>4. Isla Greenwich 2</b>					
Machos	0	1	0	0	1
Hembras	0	1	0	0	1
Total	0	2	0	0	2

Transecto / sexo	Dureza del sustrato				Total
	Muy suave	Suave	Duro y liso	Duro y áspero	
Porcentaje	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0
5. Isla Robert					
Machos	0	3	0	0	3
Hembras	0	1	0	0	1
Total	0	4	0	0	4
Porcentaje	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
6. Isla Torre					
Machos	0	1	0	0	1
Hembras	0	4	0	1	5
Desconocido	0	9	0	0	9
Total	0	14	0	1	15
Porcentaje	0.0	93.3	0.0	6.7	100.0
7. Bahía Chile					
Total	0	0	0	0	0
Total					
Machos	2	69	0	8	79
Hembras	4	48	0	4	56
Desconocido	2	56	0	7	65
Total	8	173	0	19	200
Porcentaje	4.0	86.5	0.0	9.5	100.0

**Anexo 6.** Uso del sustrato por la foca de Weddell según los años de registro (período 2010–2014, solo datos de verano) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Año / sexo	Sustrato										
	Algas marinas	Algas verdes	Arena	Musgo	Nieve/hielo	Piedra fina	Piedra gruesa	Roca	Témpano	Tierra	Total
2010											
Machos	0	0	8	0	2	0	2	0	0	0	12
Hembras	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	5
Desconocido	0	0	11	0	7	0	2	0	0	0	20
Total	0	0	21	0	12	0	4	0	0	0	37
Porcentaje	0.0	0.0	56.7	0.0	32.4	0.0	10.8	0.0	0.0	0.0	100.0
2011											
Machos	1	0	4	0	0	2	1	0	0	0	8
Hembras	1	0	7	0	3	0	3	0	0	0	14
Desconocido	2	0	7	0	0	2	0	0	0	0	11
Total	4	0	18	0	3	4	4	0	0	0	33
Porcentaje	12.1	0.0	54.5	0.0	9.1	12.1	12.1	0.0	0.0	0.0	100.0

Año / sexo	Sustrato										
	Algas marinas	Algas verdes	Arena	Musgo	Nieve/hielo	Piedra fina	Piedra gruesa	Roca	Témpano	Tierra	Total
2012											
Machos	1	0	5	0	2	0	1	0	0	0	9
Hembras	2	0	3	0	1	0	0	0	0	0	6
Desconocido	0	0	2	0	5	0	2	0	0	0	9
Total	3	0	10	0	8	0	3	0	0	0	24
Porcentaje	12.5	0.0	41.7	0.0	33.3	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2013											
Machos	0	0	4	0	5	0	0	0	0	0	9
Hembras	0	0	5	0	4	0	0	0	0	0	9
Desconocido	0	0	6	0	2	0	0	0	0	0	8
Total	0	0	15	0	11	0	0	0	0	0	26
Porcentaje	0.0	0.0	57.7	0.0	42.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2014											
Machos	0	0	7	0	32	0	2	0	0	0	41

Año / sexo	Sustrato										
	Algas marinas	Algas verdes	Arena	Musgo	Nieve/hielo	Piedra fina	Piedra gruesa	Roca	Témpano	Tierra	Total
Hembras	1	0	5	1	14	0	1	0	0	0	22
Desconocido	0	0	4	0	12	0	1	0	0	0	17
Total	1	0	16	1	58	0	4	0	0	0	80
Porcentaje	1.3	0.0	20.0	1.3	72.5	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Total											
Machos	2	0	28	0	41	2	6	0	0	0	79
Hembras	4	0	22	1	25	0	4	0	0	0	56
Desconocido	2	0	30	0	26	2	5	0	0	0	65
Total	8	0	80	1	92	4	15	0	0	0	200
Porcentaje	4.0	0.0	40.0	0.5	46.0	2.0	7.5	0.0	0.0	0.0	100.0

**Anexo 7.** Dureza y aspereza del sustrato utilizado por la foca de Weddell según los años de registro (período 2010–2014, solo datos de verano) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Año / sexo	Dureza del sustrato				Total
	Muy suave	Suave	Duro y liso	Duro y áspero	
2010					
Machos	0	10	0	2	12
Hembras	0	5	0	0	5
Desconocido	0	18	0	2	20
Total	0	33	0	4	37
Porcentaje	0.0	89.2	0.0	10.8	100.0
2011					
Machos	1	4	0	3	8
Hembras	1	10	0	3	14
Desconocido	2	7	0	2	11
Total	4	21	0	8	33
Porcentaje	12.1	63.6	0.0	24.2	100.0
2012					
Machos	1	7	0	1	9
Hembras	2	4	0	0	6
Desconocido	0	7	0	2	9
Total	3	18	0	3	24
Porcentaje	12.5	75.0	0.0	12.5	100.0
2013					
Machos	0	9	0	0	9
Hembras	0	9	0	0	9

Año / sexo	Dureza del sustrato				Total
	Muy suave	Suave	Duro y liso	Duro y áspero	
Desconocido	0	8	0	0	8
Total	0	26	0	0	26
Porcentaje	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
2014					
Machos	0	39	0	2	41
Hembras	1	20	0	1	22
Desconocido	0	16	0	1	17
Total	1	75	0	4	80
Porcentaje	1.3	93.8	0.0	5.0	100.0
Total					
Machos	2	69	0	8	79
Hembras	4	48	0	4	56
Desconocido	2	56	0	7	65
Total	8	173	0	19	200
Porcentaje	4.0	86.5	0.0	9.5	100.0

**Anexo 8.** Recapturas para la foca de Weddell (período 2002–2014) y evaluación de fidelidad de sitio en los alrededores de la Estación Científica

Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Código del individuo	Sexo	Año del primer registro	Año de recaptura(s)	Tiempo entre capturas	Distancia entre capturas	Factores de análisis		Fidelidad individual
						En el tiempo	En el espacio	
LW-003	Hembra	2007	2014 [1]	7 años	< 500 m	Moderada	Alta	Alta
			2014 [2]	7 años	> 2000 m			
		2014 [1]	2014 [2]	2 días	> 2000 m			
LW-004	Macho	2007	2007	1 día	< 2000 m	Ninguna	Moderada	Sin fidelidad
LW-011	Desconocido	2009	2009	7 días	< 500 m	Baja	Alta	Moderada
LW-012	Macho	2009	2014	5 años	< 2000 m	Moderada	Moderada	Moderada
LW-013	Hembra	2009	2013	4 años	> 2000 m	Moderada	Baja	Baja
LW-022	Hembra	2009	2010	1 año	< 2000 m	Moderada	Moderada	Moderada
LW-034	Macho	2010	2011	1 año	< 500 m	Moderada	Alta	Alta
LW-036	Macho	2010	2010 [1]	7 días	< 500 m	Moderada	Alta	Alta
			2011 [2]	1 año	< 2000 m			
		2010 [1]	2011 [2]	1 año	< 2000 m			

Código del individuo	Sexo	Año del primer registro	Año de recaptura(s)	Tiempo entre capturas	Distancia entre capturas	Factores de análisis		Fidelidad individual
						En el tiempo	En el espacio	
LW-037	Hembra	2010	2012 [1]	2 años	> 2000 m	Alta	Alta	Muy alta
			2013 [2]	3 años	> 2000 m			
			2013 [3]	3 años	< 2000 m			
			2014 [4]	4 años	> 2000 m			
		2012 [1]	2013 [2]	1 año	< 500 m			
			2013 [3]	1 año	> 2000 m			
			2014 [4]	2 años	> 2000 m			
		2013 [2]	2013 [3]	4 días	> 2000 m			
			2014 [4]	1 año	> 2000 m			
		2013 [3]	2014 [4]	1 año	> 2000 m			
LW-050	Hembra	2011	2011 [1]	2 días	< 500 m	Baja	Alta	Moderada
			2011 [2]	8 días	< 500 m			
		2011 [1]	2011 [2]	7 días	< 500 m			

Código del individuo	Sexo	Año del primer registro	Año de recaptura(s)	Tiempo entre capturas	Distancia entre capturas	Factores de análisis		Fidelidad individual
						En el tiempo	En el espacio	
LW-051	Desconocido	2011	2011 [1]	2 días	< 500 m	Baja	Alta	Moderada
			2011 [2]	8 días	< 500 m			
		2011 [1]	2011 [2]	7 días	< 500 m			
LW-061	Hembra	2011	2011 [1]	7 días	< 500 m	Moderada	Alta	Alta
			2014 [2]	3 años	< 500 m			
		2011 [1]	2014 [2]	3 años	< 500 m			
LW-074	Macho	2007	2011 [1]	4 años	> 2000 m	Alta	Moderada	Alta
			2014 [2]	7 años	> 2000 m			
		2011 [1]	2014 [2]	3 años	< 2000 m			
LW-081	Macho	2012	2014	2 años	< 500 m	Moderada	Alta	Alta
LW-088	Macho	2012	2014	2 años	< 500 m	Moderada	Alta	Alta
LW-090	Hembra	2012	2013	1 año	> 2000 m	Moderada	Baja	Baja
LW-098	Macho	2013	2013	11 días	< 500 m	Baja	Alta	Moderada

Código del individuo	Sexo	Año del primer registro	Año de recaptura(s)	Tiempo entre capturas	Distancia entre capturas	Factores de análisis		Fidelidad individual
						En el tiempo	En el espacio	
LW-101	Macho	2013	2013 [1]	15 días	< 2000 m	Moderada	Alta	Alta
			2014 [2]	1 año	< 500 m			
			2014 [3]	1 año	< 500 m			
			2014 [4]	1 año	< 500 m			
		2013 [1]	2014 [2]	1 año	< 500 m			
			2014 [3]	1 año	< 500 m			
			2014 [4]	1 año	< 500 m			
		2014 [2]	2014 [3]	8 días	< 500 m			
			2014 [4]	12 días	< 500 m			
		2014 [3]	2014 [4]	5 días	< 500 m			
LW-120	Macho	2014	2014	14 días	> 2000 m	Baja	Baja	Sin fidelidad
LW-122	Desconocido	2014	2014	2 días	< 500 m	Ninguna	Alta	Sin fidelidad
LW-136	Macho	2014	2014	4 días	> 2000 m	Ninguna	Baja	Sin fidelidad

Código del individuo	Sexo	Año del primer registro	Año de recaptura(s)	Tiempo entre capturas	Distancia entre capturas	Factores de análisis		Fidelidad individual
						En el tiempo	En el espacio	
LW-139	Macho	2014	2014 [1]	5 días	< 500 m	Baja	Alta	Moderada
			2014 [2]	10 días	< 500 m			
		2014 [1]	2014 [2]	5 días	< 500 m			
LW-141	Macho	2014	2014 [1]	14 días	< 2000 m	Baja	Moderada	Baja
			2014 [2]	20 días	< 2000 m			
		2014 [1]	2014 [2]	6 días	> 2000 m			
LW-152	Hembra	2014	2014 [1]	8 días	> 2000 m	Baja	Alta	Moderada
			2014 [2]	9 días	> 2000 m			
		2014 [1]	2014 [2]	2 días	< 500 m			
LW-163	Desconocido	2014	2014	10 días	> 2000 m	Baja	Baja	Sin fidelidad
LW-169	Hembra	2002	2003	30 días	< 500 m	Baja	Alta	Moderada
LW-170	Macho	2007	2007	2 días	> 2000 m	Ninguna	Baja	Sin fidelidad

**Anexo 9.1.** Evaluación de amenazas para la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Matriz 1 (magnitud de los impactos) y matriz 2 (importancia de los impactos para la especie).

Tipo de amenaza	Matriz 1: magnitud de los impactos						Matriz 2: importancia para la especie	
	Naturaleza	Duración	Reversibilidad	Intensidad	Extensión	Calificación	Ponderación	Valoración
<b>Amenazas inmediatas</b>								
Cacería dirigida de individuos	-1	1	1	1	1	-4.0	-5	20.0
<b>Amenazas mediatas</b>								
Mortalidad masiva de individuos derivada de:								
• Epidemias o infecciones virales	-1	1	2	2	2	-7.0	-10	70.0
• Fenómenos de El Niño y otras catástrofes climáticas	-1	1	2	2	2	-7.0	-10	70.0
Degradación de hábitat por contaminantes medioambientales:								
• Contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados	-1	2	2	2	2	-8.0	-10	80.0
• Contaminación del agua por hidrocarburos	-1	1	2	2–4	0.5–2	-5.5 a -9	-10	55.0–90.0

Tipo de amenaza	Matriz 1: magnitud de los impactos						Matriz 2: importancia para la especie	
	Naturaleza	Duración	Reversibilidad	Intensidad	Extensión	Calificación	Ponderación	Valoración
• Contaminación del suelo por hidrocarburos	-1	1-2	1-2	1	0.5	-3.5 a -5.5	-1	3.5-5.5
Perturbación originada por las actividades y la presencia humana:								
• Contaminación del aire	-1	1	1	1	0.5	-3.5	-1	3.5
• Contaminación sonora (ruido)	-1	1	1	1	0.5	-3.5	-1	3.5
• Eliminación de desechos líquidos (no hidrocarburos)	-1	1	1	1	0.5	-3.5	-5	17.5
• Presencia de basura en el agua	-1	1	1	1	0.5	-3.5	-1	3.5
• Presencia de basura en el suelo	-1	2	2	1	0.5	-5.5	-1	5.5
• Actividades turísticas	-1	1	1	2	0.5	-4.5	-1	4.5
• Presencia humana	-1	1	1	1	0.5	-3.5	-1	3.5
• Presencia de embarcaciones	-1	1	1	1	1	-4.0	-1	4.0
• Presencia de vehículos	-1	1	1	1	0.5	-3.5	-1	3.5
Cambios en el ambiente físico (paisaje):								
• Cambios a pequeña escala	-1	1-2	2	1-2	0.5	-4.5	-1	4.5

Tipo de amenaza	Matriz 1: magnitud de los impactos						Matriz 2: importancia para la especie	
	Naturaleza	Duración	Reversibilidad	Intensidad	Extensión	Calificación	Ponderación	Valoración
• Cambios a gran escala	-1	1-2	2	1-2	0.5	-6.5	-1	6.5
Ignorancia (falta de conocimiento que impide evaluar su vulnerabilidad):								
• Introducción de especies	-1	2	2	2	1	-7.0	-5	35.0
<b>Amenazas a largo plazo</b>								
Cambio climático	-1	2	2	1	2	-7.0	-10	70.0

**Forma de calificación:**

**Matriz 1: magnitud de los impactos:** **Naturaleza:** -1 = impacto negativo. **Duración:** 1 = temporal, 2 = permanente. **Reversibilidad:** 1 = a corto plazo, 2 = a largo plazo. **Intensidad:**

1 = baja, 2 = media, 4 = alta. **Extensión:** 0.5 = puntual, 1 = local, 2 = regional. **Calificación:** naturaleza x (duración + reversibilidad + intensidad + extensión).

**Matriz 2: importancia para la especie:** **Ponderación:** -10 = alta relevancia para la especie, -5 = moderada relevancia, -1 = poca relevancia. **Valoración** = resultado de la calificación de la matriz 1 x valor de ponderación de la matriz 2.

**Anexo 9.2.** Evaluación de amenazas para la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida.

Matriz 3 (certeza de la ocurrencia del impacto) y puntuación final acumulada. Localidades: islas Barrientos, Dee y Greenwich, segmento punta Fort Williams.

Tipo de amenaza	Matriz 3: certeza de ocurrencia de los impactos				Puntuación final: importancia de los impactos			
	Barrientos	Dee	Greenwich	Área de estudio	Barrientos	Dee	Greenwich	Área de estudio
<b>Amenazas inmediatas</b>								
Cacería dirigida de individuos	0.1	0.1	0.1	0.1	2.0	2.0	2.0	2.0
<b>Amenazas mediatas</b>								
Mortalidad masiva de individuos derivad de:								
• Epidemias o infecciones virales	1	1	1	1	70.0	70.0	70.0	70.0
• Fenómenos de El Niño y otras catástrofes climáticas	5	5	5	5	350.0	350.0	350.0	350.0
Degradación de hábitat por contaminantes medioambientales:								
• Contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados	1	1	1	1	80.0	80.0	80.0	80.0
• Contaminación del agua por hidrocarburos	0.1	0.1	0.1–1	0.1–1	5.5–9.0	5.5–9.0	9.0–55.0	9.0–55.0
• Contaminación del suelo por hidrocarburos	0	0	1	1	0.0	0.0	3.5–5.5	3.5–5.5

Tipo de amenaza	Matriz 3: certeza de ocurrencia de los impactos				Puntuación final: importancia de los impactos			
	Barrientos	Dee	Greenwich	Área de estudio	Barrientos	Dee	Greenwich	Área de estudio
Perturbación originada por las actividades y la presencia humana:								
• Contaminación del aire	0.1	0.1	10	10	0.4	0.4	35.0	35.0
• Contaminación sonora (ruido)	0.1	0	5	5	0.4	0.0	17.5	17.5
• Eliminación de desechos líquidos (no hidrocarburos)	0	0	1	1	0.0	0.0	17.5	17.5
• Presencia de basura inorgánica en el agua	1	1	1	1	3.5	3.5	3.5	3.5
• Presencia de basura inorgánica en el suelo	1	1	1	5	5.5	5.5	5.5	27.5
• Actividades turísticas	10	0	1	10	45.0	0.0	4.5	45.0
• Presencia humana	10	5	10	10	35.0	17.5	35.0	35.0
• Presencia de embarcaciones	10	5	10	10	40.0	20.0	40.0	40.0
• Presencia de vehículos	0	0	10	10	0.0	0.0	35.0	35.0
Cambios en el ambiente físico (paisaje):								
• Cambios a pequeña escala	1	0	10	10	4.5	0.0	45.0	45.0
• Cambios a gran escala	0.1	0.1	10	10	0.65	0.65	65.0	65.0
Ignorancia (falta de conocimiento):								
Introducción de especies	1	0.1	1	1	35.0	3.5	35.0	35.0

Tipo de amenaza	Matriz 3: certeza de ocurrencia de los impactos				Puntuación final: importancia de los impactos			
	Barrientos	Dee	Greenwich	Área de estudio	Barrientos	Dee	Greenwich	Área de estudio
<b>Amenazas a largo plazo</b>								
Cambio climático	5	5	5	5	350.0	350.0	350.0	350.0

**Forma de calificación:**

**Matriz 3: certeza de los impactos:** 0 = impacto no probable. 0.1 = impacto muy poco probable. 1 = impacto poco probable. 5 = impacto probable. 10 = impacto cierto.

**Puntuación final: importancia de los impactos:** 20 puntos o menos = impacto insignificante. De 21 a 50 puntos = impacto leve. De 51 a 100 puntos = impacto moderado. Más de 100 puntos = impacto grave. **Forma de valoración:** = matriz 1 x matriz 2 x matriz 3.

**Anexo 10.** Resumen de las amenazas evaluadas para la foca de Weddell en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente

Maldonado, Antártida.

Tipo de amenaza	Matriz 1:	Matriz 2: importancia	Matriz 3: certeza	Importancia relativa de los impactos			
	magnitud de los impactos	de los impactos para la especie	de ocurrencia de los impactos	Barrientos	Dee	Greenwich	Área de estudio
<b>Amenazas inmediatas</b>							
Cacería dirigida de individuos [P]	Moderada	Poco importante	Muy poco probable	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
<b>Amenazas mediatas</b>							
Mortalidad masiva de individuos derivada de:							
• Epidemias o infecciones virales [P]	Alta	Muy importante	Poco probable	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
• Fenómenos de El Niño y otras catástrofes climáticas [P]	Alta	Muy importante	Probable	Grave	Grave	Grave	Grave
Degradación de hábitat por contaminantes medioambientales:							
• Contaminación del ambiente por compuestos organoclorados y metales pesados [P]	Alta	Muy importante	Poco probable	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada

Tipo de amenaza	Matriz 1: magnitud de los impactos	Matriz 2: importancia de los impactos para la especie	Matriz 3: certeza de ocurrencia de los impactos	Importancia relativa de los impactos			
				Barrientos	Dec	Greenwich	Área de estudio
• Contaminación del agua por hidrocarburos [P]	De moderada a muy alta	De importante a muy importante	De poco probable a muy poco probable	Insignificante	Insignificante	Moderada	Moderada
• Contaminación del suelo por hidrocarburos [P]	Baja a media	Sin importancia	Poco probable	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
Perturbación originada por las actividades y la presencia humana:							
• Contaminación del aire [R]	Baja	Sin importancia	Cierta	Insignificante	Insignificante	Leve	Leve
• Contaminación sonora (ruido) [R]	Baja	Sin importancia	Probable	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
• Eliminación de desechos líquidos [R]	Baja	Poco importante	Poco probable	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
• Presencia de basura en el agua [R]	Baja	Sin importancia	Poco probable	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
• Presencia de basura en el suelo [R]	Moderada	Sin importancia	Probable	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Leve
• Actividades turísticas [R]	Moderada	Sin importancia	Cierta	Leve	Insignificante	Insignificante	Leve
• Presencia humana [R]	Baja	Sin importancia	Cierta	Leve	Insignificante	Leve	Leve
• Presencia de embarcaciones [R]	Moderada	Sin importancia	Cierta	Leve	Insignificante	Leve	Leve
• Presencia de vehículos [R]	Baja	Sin importancia	Cierta	Insignificante	Insignificante	Leve	Leve

Tipo de amenaza	Matriz 1: magnitud de los impactos	Matriz 2: importancia de los impactos para la especie	Matriz 3: certeza de ocurrencia de los impactos	Importancia relativa de los impactos			
				Barrientos	Dee	Greenwich	Área de estudio
Cambios en el ambiente físico (paisaje)							
• Cambios a pequeña escala [R]	Moderada	Sin importancia	Cierta	Insignificante	Insignificante	Leve	Leve
• Cambios a gran escala [P]	Alta	Sin importancia	Probable	Leve	Insignificante	Moderada	Moderada
Ignorancia (falta de conocimiento):							
• Introducción de especies [P]	Alta	Medianamente importante	Poco probable	Leve	Insignificante	Leve	Leve
<b>Amenazas a largo plazo</b>							
Cambio climático [P]	Alta	Muy importante	Probable	Grave	Grave	Grave	Grave

**Rango de valoración (de mayor a menor relevancia):**

**Matriz 1: magnitud de los impactos:** muy alta, alta, moderada, baja y muy baja.

**Matriz 2: importancia de los impactos para la especie:** muy importante, importante, medianamente importante, poco importante y sin importancia.

**Matriz 3: certeza de ocurrencia de los impactos:** cierta, probable, poco probable, muy poco probable y no probable.

**Importancia relativa de los impactos:** grave, moderada, leve, insignificante.

**P** = amenaza potencial. **R** = amenaza real.

**Anexo 11.** Conteos de focas de Weddell efectuados dentro de las islas Shetland del Sur y la parte occidental de la península Antártica. Las localidades mencionadas aparecen de oeste a este, para las islas Shetland del Sur y de noreste a suroeste, para la península Antártica.

Localidad	Fecha (año-mes)	Longitud aproximada del transecto <sup>1</sup>	Número de individuos observados <sup>2</sup>	Número de individuos por kilómetro <sup>1</sup>	Técnica de estudio	Fuente
<b>Archipiélago de las Shetland del Sur</b>						
Isla Smith (63°00'S 62°28'W)	1966-01	83 km	11	0.13	A	1
Isla Low (63°19'S, 62°07'W)	1966-01	64 km	121–131	1.89–2.05	A	1
Isla Snow (62°47'S, 61°21'W)	1966-01	58 km	90–100	1.55–1.72	A	1
Isla Decepción (62°58'S, 60°39'W)	1966-01	51 km	19	0.37	A	1
	1966-01	38 km	6	0.16	A	1
Isla Decepción, bahía Port Foster (62°58'37"S, 60°39'00"W)	1999-03/11, 2000-02	38 km	0	0	M	2
	2000-11	38 km	64	0.59	M	2
Isla Livingston e islotes (62°37'S, 60°27'W)	1966-01	320 km	211–223	0.66–0.70	A	1
Isla Greenwich (62°30'S, 59°44'W)	1965-12	33 km (mitad noroeste)	2	0.06	A	1
		37 km (mitad sureste)	0	0	A	1

Localidad	Fecha (año-mes)	Longitud aproximada del transecto <sup>1</sup>	Número de individuos observados <sup>2</sup>	Número de individuos por kilómetro <sup>1</sup>	Técnica de estudio	Fuente
Isla Dee y vecinas (62°25'S, 59°46'W)	1966-01	20 km	29	1.45	A	1
		78 km (circunvalación)	165–170	2.12–2.18		
	1966-01	30 km (entre punta Prat e isla Hummock)	30	1.00		
Isla Robert (62°24'S, 59°30'W)		73 km (circunvalación)	228–248	3.12–3.40	A	1
	1966-02	30 km (entre punta Prat a isla Hummock)	8	0.27		
Isla Nelson (62°18'S, 59°00'W)	1966-01	70 km	985–1085	14.07–15.50	A	1
Isla Rey Jorge e islotes vecinos (62°03'S, 58°15'W)	1966-01	360 km	249–254	0.69–0.71	A	1
Isla Rey Jorge (bahía Almirantazgo, península Keller) (62°05'S, 58°26'W)	1979-01, 1979-02	4 km	1–49 [23.9]	0.25–12.25 [5.97]	T	3

Localidad	Fecha (año-mes)	Longitud aproximada del transecto <sup>1</sup>	Número de individuos observados <sup>2</sup>	Número de individuos por kilómetro <sup>1</sup>	Técnica de estudio	Fuente
Isla Rey Jorge (bahía Almirantazgo, estación Arctowski) (62°09'S, 58°28'W)	1978 (verano)	15 km	5.7	0.38	T	4
	1988 (verano)	15 km	24–30 [11.3]	0.75	T	5
	1988–1992	15 km	11 ± 0.60	0.73	T	6
	1994	15 km	9–14	0.69	T	7
	1994–2000	15 km	6 ± 0.50	0.40	T	6
Isla Pingüino (62°06'S, 57°52'W)	1979	3 km	2	0.66	T	8
Isla Bridgeman (62°03'S, 56°26'W)	1966-01	4 km	25	6.25	A	1
Isla Elefante y vecinas (61°07'S, 55°03'W)	1966-01	195 km	19	0.10	A	1
Isla Clarence (61°14'S, 53°57'W)	1966-02	46 km	20	0.43	A	1
<b>Parte occidental de la península Antártica (costa o islas asociadas)</b>						
Isla Astrolabio (63°19'S, 58°41'W)	1965-12	22 km	247–279	11.23–12.68	A	1

Localidad	Fecha (año-mes)	Longitud aproximada del transecto <sup>1</sup>	Número de individuos observados <sup>2</sup>	Número de individuos por kilómetro <sup>1</sup>	Técnica de estudio	Fuente
De cabo Marescot a cabo Ducorps (63°44'S, 58°20'W)	1965-12	20 km	229–242	11.45–12.10	A	1
Islotes Tupinier (63°35'S, 58°27'W)	1965-12	8 km	1	0.13	A	1
Cabo Legoupil y área base O'Higgins (63°19'S, 57°53'W)	1965-12	19 km	24	1.26	A	1
Isla Trinidad (63°47'S, 60°45'W)	1966-02	21 km	48	2.29	A	1
Isla Brabante (64°17'S, 62°20'W)	1966-02	60 km	22	0.37	A	1
Isla Anvers y vecinas (64°34'S, 63°30'W)	1966-01	87 km	18	0.21	A, T	1

<sup>1</sup> Las fuentes indicadas reportan únicamente el número absoluto de individuos. La longitud aproximada del transecto y el número de individuos por kilómetro fueron calculados por el autor en base a la información y mapas indicados en las respectivas publicaciones y a cartografías actualizada.

<sup>2</sup> Entre corchetes se indica el número promedio de individuos entre varios conteos.

**Técnica de estudio:** **A** = aéreo (desde helicóptero). **M** = marino (desde bote de goma). **T** = terrestre (a pie por la línea de costa).

**Fuentes:** **1.** Aguayo y Torres (1967). **2.** Kendall *et al.* (2003). **3.** Woyciechowski (1980). **4.** Myrcha y Teliga (1980). **5.** Sierakowski (1991). **6.** Salwicka y Rakusa-Suszczewski (2002). **7.** Ciaputa (1996). **8.** Jabłoński (1980).

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

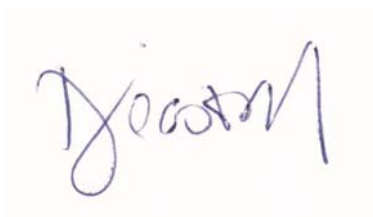
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Diego Germán Tirira Saá, C.I. 0602374589, autor del trabajo de graduación intitulado “**Notas sobre la historia natural y estado de conservación de *Leptonychotes weddellii* (Carnivora: Phocidae) en los alrededores de la Estación Científica Pedro Vicente Maldonado, Antártida**”, previa a la obtención del grado académico de MAGISTER EN BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Quito, 25 de noviembre de 2015



Diego G. Tirira

C.I. 0602374589