

Sección Especial



LOS MAMÍFEROS COMO HOSPEDADORES DE PARÁSITOS

Editores de Sección: Cavia, R., Gómez Villafaña, I. E. y Sánchez, J. P.

Artículo

CONTEO LEUCOCITARIO DEL ELEFANTE MARINO DEL SUR *Mirounga leonina* EN CALETA POTTER, PENÍNSULA ANTÁRTICA. ¿INFLUYE LA PRESENCIA DE PARÁSITOS?

Melina Ricca¹, Florencia A. Soto², Javier Negrete³, & M. Soledad Leonardi²

¹Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. ²Instituto de Biología de Organismos Marinos (IBIOMAR-CONICET). [Correspondencia: Florencia A. Soto <fsoto@cenpat-conicet.gob.ar>]. ³Departamento de Predadores Tope, Instituto Antártico Argentino.

RESUMEN. La biota antártica está expuesta a factores estresantes que pueden afectar a la salud y el estado físico de los individuos. El análisis del sistema inmunitario permite evaluar la respuesta de los organismos ante factores del ambiente, como la presencia de patógenos, contaminantes, cambios en las condiciones ambientales y el efecto de la actividad antropogénica. El objetivo del presente estudio fue analizar el perfil leucocitario de los elefantes marinos del sur *Mirounga leonina* en Caleta Potter, Antártida, en dos momentos del ciclo anual, primavera y verano, y en relación con la carga parasitaria. Los muestreos se realizaron durante las campañas antárticas de 2017/2018 y se analizaron individuos juveniles, de los cuales se obtuvo sangre, se recolectaron piojos y se realizaron lavados estomacales. A partir de estas muestras se describió el perfil leucocitario, i.e. recuento total (RTL) y diferencial de leucocitos, y se determinó la presencia y ausencia del piojo *Lepidophthirus macrorhini* (Anoplura: Echinophthiriidae), además de la abundancia de nematodos gastrointestinales (Ascaridida: Anasakiidae). Según los resultados, ni los ectoparásitos ni los endoparásitos afectaron significativamente los valores observados de RTL. Sin embargo, este varió en función del momento del año, y fue mayor en primavera que en verano. La descripción del perfil leucocitario representa uno de los primeros aportes referidos de la colonia de elefantes marinos de Caleta Potter. Dado que los fócidos antárticos son predadores tope y centinelas del ecosistema, este estudio resulta un aporte al conocimiento del estado sanitario del elefante marino del sur en un contexto de cambios ambientales, climáticos y antropogénicos de la Antártida.

ABSTRACT. LEUKOCYTE COUNTS IN SOUTHERN ELEPHANT SEALS *Mirounga leonina* AT POTTER COVE, ANTARCTIC PENINSULA: DOES THE PRESENCE OF PARASITES HAVE AN EFFECT? The Antarctic biota is exposed to stressful factors that can affect the health and physical condition of individuals. Analysis of the immune system allows evaluation of the response of organisms to environmental factors such as the presence of pathogens, contaminants, changes in environmental conditions, and the effects of anthropogenic activities. The aim of this study was to analyze the leukocyte profile of southern elephant seals, *Mirounga leonina*, in Potter Cove, Antarctica, at different times of the year, i.e., spring and summer, and its relationship with parasite burden. Juveniles were analyzed during the 2017/2018 field season. Blood samples were taken, lice were collected, and stomach washes were performed. These samples were used to describe the

leukocyte profile (total and differential leukocyte counts) and to determine the presence or absence of the louse *Lepidophthirus macrorhini* (Anoplura: Echinophthiriidae) and the abundance of gastrointestinal nematodes (Ascaridida: Anasakiidae). The results showed that both ecto- and endoparasites did not significantly affect the observed leukocyte levels. However, these values varied according to the season, with higher values in spring than summer. The description of the leukocyte profile is one of the first contributions to the elephant seal breeding colony at Potter Cove. Because Antarctic seals are top predators and sentinels of the ecosystem; this study may be useful for research on the health status of southern elephant seals in the current context of environmental, climatic, and anthropogenic changes in Antarctica.

Palabras clave: Antártida, elefante marino, nematodos, perfil leucocitario, piojos, sistema inmune.

Key words: Antarctica, elephant seals, immune system, leukocytes, lice, nematodes.

Citar como: Ricca M., F. A. Soto, J. Negrete, & M. S. Leonardi. 2024. Conteo leucocitario del elefante marino del sur *Mirounga leonina* en Caleta Potter, Península Antártica. ¿Influye la presencia de parásitos? Mastozoología Neotropical, 31(1):e0995. <https://doi.org/10.31687/saremMN.24.31.01.11.e0995>

INTRODUCCIÓN

Los pinnípedos, como predadores topes y especies dependientes del mar, están particularmente afectados por el cambio climático (Siniff et al. 2008; Gray et al. 2009; Mellish et al. 2011; DeRango et al. 2019), por lo que deben afrontar variaciones tanto en la disponibilidad de hábitats como en los recursos alimenticios (Costa 1993; Forcada et al. 2008). El elefante marino del sur es uno de los pinnípedos antárticos que presenta mayor distribución circumpolar, y se extiende ampliamente en los océanos australes (Laws 1960; Ling & Bryden 1992). Los individuos pertenecientes a las poblaciones ubicadas en islas subantárticas o antárticas suelen realizar desplazamientos a grandes distancias desde estas colonias hacia áreas de alimentación, como las aguas frías de la Antártida, y a lo largo del Frente Polar Antártico (Slip et al. 1994), y se alimentan preferentemente de cefalópodos (calamares y pulpos) y peces (Green & Burton 1993; Slip 1995; Daneri et al. 2015). Además, es uno de los mamíferos buceadores más eficientes y una especie clave en la red trófica antártica (McConnell et al. 1992). Los cambios en su fisiología, comportamiento y dinámica poblacional, en respuesta a cambios en el ambiente, permiten considerarlos indicadores del estado del ecosistema marino (McMahon & Burton 2005; Siniff et al. 2008; Costa et al. 2010; Bossart 2011; Marcus et al. 2015; Hindell et al. 2017). Entre los cambios a los que el ecosistema antártico está expuesto se destaca la reducción del hielo marino y el aumento de las temperaturas superficiales del mar (Turner et al. 2013), que han sido relacionados con un aumento en la frecuencia de brotes de enfermedades en mamíferos

marinos del Ártico (Van Wormer et al. 2019). En este sentido, la probabilidad de que esto ocurra en el continente antártico debe ser considerada. Si bien los registros más recientes de mortalidades masivas a causa de enfermedades en pinnípedos antárticos se remontan al siglo pasado (Laws & Taylor 1957), cabe mencionar que la presencia de diversos patógenos fue informada para varias especies de focas antárticas (McFarlane et al. 2009; Brito Devoto et al. 2022), y se destaca, en ocasiones, la presencia de parásitos como uno de los riesgos a los cuales están expuestas estas poblaciones a lo largo de su vida.

En el caso de los elefantes marinos del sur, diversos estudios han informado una alta prevalencia de ectoparásitos, como el piojo *Lepidophthirus macrorhini*, Enderlein, 1904 (Leonardi et al. 2018), y de endoparásitos, como el nematodo *Pseudoterranova diciptiens*, Krabbe, 1878 (Panisse et al. 2011; Capasso et al. 2012; Rengifo-Herrera et al. 2014). Estos organismos no solo pueden causar enfermedades y generar un impacto en las poblaciones de hospedadores (Harwood & Hall 1990), sino que también pueden considerarse indicadores biológicos porque proveen información sobre la ecología, biogeografía y filogenia del hospedador (Gardner & Campbell 1992; Brooks & McLennan 1993; Hoberg 1996; Raga et al. 1997).

En lo que respecta a la ecofisiología animal, en los últimos años, el estudio de la función inmune ha adquirido relevancia para comprender las historias de vida de los organismos (Norris & Evans 2000; Roitt et al. 2001), dado que constituye la principal defensa contra patógenos (Zuk & Stoehr 2002), y como respuesta a factores inductores de estrés (Davis et al. 2008; DeRango et al. 2019). Los métodos de

análisis del sistema inmunitario (parámetros hematológicos, niveles de hormonas e inmunoglobulinas, etc.) permiten evaluar la respuesta de los organismos ante factores estresantes del ambiente, como la presencia de patógenos, contaminantes, cambios en las condiciones ambientales y el efecto de la actividad antropogénica (Beldomenico et al. 2008; Davis et al. 2008; Brock et al. 2013; Marcus et al. 2015; DeRango et al. 2019).

Uno de los análisis del sistema inmunitario que brinda información sobre las respuestas fisiológicas ante factores inductores de estrés es el perfil leucocitario (Davis et al. 2008). Este consiste en el recuento total (RTL) y diferencial de leucocitos, que indica las proporciones relativas de cada tipo de leucocito, y el cociente entre el número de neutrófilos y linfocitos, conocido como relación N/L. Los glóbulos blancos sanguíneos, conocidos como leucocitos, forman parte del complejo sistema inmunitario de vertebrados y tienen como principal función proteger al organismo de agentes extraños (Guyton & Hall 1997; Roitt et al. 2001). Los análisis leucocitarios son útiles en el campo de la ecofisiología, dado que permiten evaluar el estado de salud en animales de vida libre y estimar el impacto de factores inductores del estrés, como la presencia de parásitos. Es por ello por lo que en el presente estudio se evalúa, a partir del perfil leucocitario, la respuesta del sistema inmunitario de elefantes marinos del sur en Caleta Potter, Antártida, en relación con la carga parasitaria estimada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron muestras obtenidas en la Zona Antártica Especialmente Protegida N°132, Caleta Potter (Fig. 1), Isla 25 de Mayo, que forma parte del archipiélago de las Islas Shetland del Sur.

Las muestras fueron recolectadas a fines de 2017 y principios de 2018. Se muestrearon un total de 16 elefantes marinos juveniles, nueve individuos durante la primavera austral (que coincide con la etapa reproductiva de los ejemplares adultos de la especie) y siete individuos durante los meses de verano que corresponde, en parte, con la etapa de muda. Los permisos para el manejo e inmovilización de los elefantes marinos fueron aprobados y otorgados por la Dirección Nacional del Antártico (DNA) Argentina, en conformidad con el Código de Conducta para Experimentación con Animales del Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR por sus siglas en inglés) y los términos del Anexo II del Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección Ambiental. Los ejemplares fueron anestesiados siguiendo los protocolos de rutina para la especie (Carlini et al. 2009). Una vez que el animal estuvo inmovilizado, se recolectaron las muestras (sangre, piojos y endoparásitos), se determinó sexo y clase de edad y se realizaron lavajes estomacales. El estado de los animales (frecuencia cardíaca, tasa respiratoria, reflejos palpebrales, temperatura corporal, etc.) estuvo monitorizado durante

todo el procedimiento y hasta que el animal recobró la capacidad de desplazamiento. Todos los animales fueron controlados en días sucesivos a los procedimientos de inmovilización, y no se registró ningún evento de mortalidad. Las muestras de sangre se obtuvieron de la vena intravertebral extradural, siguiendo a Geraci & Smith (1975). Posteriormente se realizó el frotis sanguíneo, el cual se fijó con etanol al 96 %.

El recuento total de leucocitos (RTL) se basó en la técnica de conteo de leucocitos en 10 campos microscópicos propuesta por Menéndez-Blázquez et al. (2021). Los frotis sanguíneos fueron observados por la misma persona mediante microscopio óptico (objetivo 40x), y se seleccionaron campos donde las células se distribuían en monocapa y con una densidad de eritrocitos similar (200 aproximadamente). Se contabilizó la cantidad de leucocitos observados en 10 campos a 400x en cada frotis sanguíneo. La relación N/L fue calculada a partir del recuento de neutrófilos y linfocitos observados en cada frotis sanguíneo.

Los piojos se recolectaron de las aletas traseras de los elefantes marinos, dado que es el área preferencial de distribución sobre el hospedador (Leonardi et al. 2018). Para recolectarlos se utilizó un peine plástico de dientes finos, que fue conservado en una bolsa Ziploc® con etanol al 96 % (Leonardi 2014). Esta técnica permite que los piojos puedan ser recolectados por completo y en buenas condiciones (Leonardi 2014) para su posterior clasificación y estudio bajo lupa. Los endoparásitos se obtuvieron a partir de muestras de lavados estomacales y se colocaron en un recipiente estéril con etanol al 96 %, para ser fijados hasta su posterior análisis en laboratorio.

Para la identificación de los piojos se utilizó la clave de especies de piojos antárticos de la familia Echinophthiriidae (Leonardi et al. 2016). La determinación de los nematodos solo fue posible a nivel de género mediante el uso de las descripciones morfológicas de las claves de Yamaguti (1961) y Davey (1971). Los parámetros de infestación (Bush et al. 1997) se calcularon tanto para los ectoparásitos como para los endoparásitos, y consisten en: prevalencia calculada como el número de hospedadores infestados (con uno o más individuos de una especie particular de parásitos) sobre el número total de hospedadores examinados; abundancia media calculada como el número total de parásitos sobre número total de hospedadores examinados (parasitados y no parasitados), e intensidad media calculada como el número total de parásitos sobre número total de hospedadores parasitados.

Para determinar la proporción relativa de los distintos tipos de leucocitos (neutrófilos, linfocitos, eosinófilos, monocitos y basófilos), se realizó el cálculo de repetibilidad con el fin de corroborar la eficacia de los recuentos. Se consideraron valores repetibles aquellos que oscilaron entre 74 y 98 %, según Lessells & Boag (1987).

Con el fin de evaluar el efecto de las variables explicatorias sobre el RTL de la especie en estudio, se utilizaron modelos lineales generalizados (Burnham & Anderson 2002). Los factores incluidos en el modelo fueron el momento del año, primavera o verano que coincide con las temporadas reproductivas y de muda, respectivamente, el sexo, la presencia/ausencia de ectoparásitos y, como covariable, la abundancia de endoparásitos, que es la variable respuesta el RTL. En análisis previos se observó que la abundancia de ectoparásitos presentaba valores atípicos (*outliers*), lo cual podría generar un sesgo y dificultar la interpretación

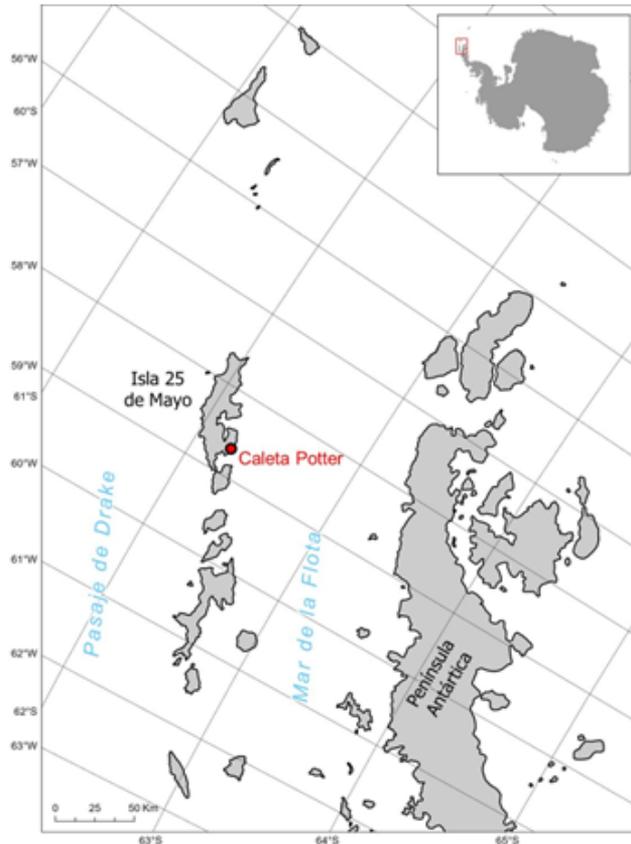


Fig. 1. Área de estudio. Península Antártica e Isla 25 de Mayo, Caleta Potter.

de los datos. Debido a esto, se optó por utilizar la variable ectoparásitos como categórica (presencia/ausencia).

Dado el bajo número de muestras, se utilizaron solo modelos con efectos aditivos y se obtuvo un total de 15 modelos representados por la siguiente estructura:

$\text{glm}(\text{RTL} \sim \text{factores y/o covariable}, \text{familia}=\text{Binomial negativa}, \text{datos}=\text{dat})$

Se recurrió a la inferencia multimodelo y se obtuvo analíticamente un conjunto de 15 modelos, en los cuales la inferencia se ve condicionada al conjunto completo de modelos utilizados (Burnham & Anderson 2002) y no a un único modelo (mejor modelo). Esto resulta recomendable, dado que permite mejorar la capacidad predictiva mediante la combinación de predicciones del conjunto de modelos (Burnham & Anderson 2002; Banner & Higgs 2017).

Mediante la función $\text{model.avg}(\text{model average})$ y el conjunto de modelos de confianza del 95 % es decir, solo aquellos cuyos pesos sumen 0,95 se obtuvo un modelo promedio. Esto se basa en la combinación de los parámetros de cada modelo con cada peso de Akaike, lo cual permite obtener un parámetro promedio mediante un promedio pesado. De este modo, se obtuvieron estimaciones y desvíos estándares de los coeficientes promediados por el modelo

que representan cada variable explicatoria, y se analizaron los niveles de significancia mediante sus intervalos de confianza del 95 %. Esto permitió evaluar el efecto promedio de factores o covariable según el conjunto de modelos promediados.

Todos los análisis se llevaron a cabo mediante el software de análisis de datos gratuito R versión 3.6.1 (R Core Team 2019). Los coeficientes promediados por modelo se obtuvieron mediante la librería "MuMIn", mientras que los gráficos fueron construidos usando la librería "plotrix".

RESULTADOS

Se muestreó un total de 16 individuos, nueve en primavera (cinco hembras y cuatro machos) y siete en verano (seis hembras y un macho). Se identificaron los diferentes tipos de leucocitos, los cuales pueden ser diferenciados mediante microscopía óptica por su estructura y morfología. Por un lado, los granulocitos y polimorfonucleados (neutrófilos, eosinófilos y basófilos) y, por el otro, los agranulocitos y mononucleados (monocitos y linfocitos). El recuento de cada tipo de leucocito se corroboró con los valores

de repetibilidad obtenidos, que fueron: $r = 0,83$ para neutrófilos; $r = 0,81$ para linfocitos, $r = 0,86$ para monocitos y $r = 0,99$ para eosinófilos; los cuales superaron el valor umbral de 0,70 propuesto (Lessells & Boag 1987). Los basófilos no fueron considerados en este cálculo ni en análisis estadísticos posteriores debido a su baja frecuencia en los extendidos sanguíneos analizados. En la **Table 1** se presenta el perfil leucocitario según el momento del año y el sexo de la especie en estudio. El RTL y la relación N/L fueron gráficamente analizados según la etapa del ciclo anual, y parecieron ser más elevados en la etapa reproductiva (**Fig. 2**).

Se colectaron 29 piojos (prevalencia 62,5 %, **Table 2**) y se identificaron como *Lepidophthirus macrorhini* según sus características morfológicas. Se encontró un total de 449 endoparásitos en el 94 % de los contenidos estomacales analizados de 15 elefantes marinos (**Table 2**). Según las características morfológicas externas, serían especies pertenecientes a los géneros *Contracecum* o *Pseudoterranova*. Para la determinación de estos dos géneros, se aclararon con lactofenol los extremos cefálicos y caudales de los parásitos para observar la presencia de espículas y papilas, y se observó detalladamente la morfología del esófago. El género *Pseudoterranova* se caracteriza por tener el ventrículo y ciego intestinal dirigidos hacia el extremo anterior del cuerpo, mientras que los del género *Contracecum* se diferencian por la presencia de un apéndice ventricular dirigido hacia el extremo posterior del cuerpo y un ciego intestinal anterior (Cordero Del Campillo et al. 1999).

La prevalencia e intensidad media de los piojos fue mayor en la etapa de muda respecto de la reproductiva. Las hembras presentaron mayor prevalencia que los machos, pero en estos últimos la intensidad media fue mayor. La prevalencia e intensidad media de los endoparásitos fueron mayores en la etapa reproductiva, y en hembras que machos. Estos resultados concuerdan con los modelos realizados, en los cuales la etapa coincidente con el ciclo reproductivo de los adultos de la especie resultó un factor significativo en relación con el RTL ($p \leq 0,05$, **Table 3**). A partir de los valores estimados mediante el modelo promedio, el factor que afectaría al RTL sería el momento del año en que se tomaron las muestras, que fue mayor en primavera y coincide con la etapa reproductiva del ciclo del elefante marino del sur.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluó el sistema inmunitario celular en una colonia de elefantes marinos localizada en Caleta Potter, Península Antártica, a

partir del análisis de leucocitos. De acuerdo con los resultados obtenidos, el recuento total de leucocitos (RTL) varió en función del momento de la toma de muestras, y presentó valores mayores durante la primavera, período que coincide con la etapa reproductiva de los individuos adultos.

En lo que refiere al análisis descriptivo del perfil leucocitario, en el recuento diferencial de leucocitos se observó un predominio de los neutrófilos seguido de los linfocitos. La circulación periférica de esas células inmunológicas puede verse afectada por la presencia de glucocorticoides, las cuales incrementan los niveles de neutrófilos y reducen los niveles circulantes de linfocitos como respuesta ante factores estresantes del ambiente (Bishop et al. 1968; Sapolsky et al. 2000). Los valores medios obtenidos de neutrófilos fueron relativamente más elevados en comparación con otros focos antárticos, como la foca cangrejera, la foca de Weddell y la foca leopardo (Leonardi et al. 2019).

Los conteos de monocitos y eosinófilos fueron inferiores a los valores medios obtenidos (monocitos = 10 y eosinófilos = 6). Datos similares se obtuvieron en un estudio realizado con tres especies de pinnípedos, el lobo marino de California (*Zalophus californianus*), el elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) y la foca común del Pacífico (*Phoca vitulina richardsi*), en el cual los individuos infectados por parásitos presentaron niveles más bajos de eosinófilos en comparación con individuos sanos (Roletto 1993). En lo que refiere al RTL y la relación con los endoparásitos, cuando mayor fue la prevalencia de parásitos, mayor fue el RTL tanto en los elefantes marinos del norte (Roletto 1993) como en este estudio con los elefantes marinos del sur.

Los valores mayores de RTL y N/L obtenidos durante la primavera podrían estar relacionados con la época del año, ya que coincide con la etapa reproductiva de los adultos de la especie y, si bien los juveniles estudiados no participan de esta etapa, existe un solapamiento espacio-temporal de juveniles con individuos adultos durante el cual es frecuente observar a los machos adultos reproductivos que rodean a los harenes intentar copular con juveniles de ambos sexos, e incluso con cachorros recientemente destetados. Estas interacciones por lo general incluyen persecuciones, mordidas y otro tipo de contactos físicos que bien pueden generar lesiones en los juveniles (Negrete, observación personal). Diversos estudios de comportamiento animal (Alcock 1984; Trivers 1985) confirman que los machos, a menudo, tienen una motivación sexual muy alta durante los períodos reproductivos, por lo que dirigirán su

Tabla 1

Valores medios \pm desvío estándar del perfil leucocitario del elefante marino del sur *Mirounga leonina* (n = 16) de Caleta Potter, Península Antártica, según el momento del año y sexo. RTL: recuento total de leucocitos en 10 campos; N/L: relación neutrófilos/linfocitos.

Momento del año	Primavera (n = 9)	Verano (n = 7)
RTL	58 \pm 22	34 \pm 13
Neutrófilos %	65 \pm 14	59 \pm 13
Linfocitos %	23 \pm 12	29 \pm 12
Monocitos %	10 \pm 5	6 \pm 4
Eosinófilos %	2 \pm 1	6 \pm 11
N/L	4,0 \pm 2,6	2,6 \pm 1,4
Sexo	Hembras (n = 11)	Machos (n = 5)
RTL	45 \pm 23	52 \pm 21
Neutrófilos %	61 \pm 13	67 \pm 17
Linfocitos %	28 \pm 12	20 \pm 14
Monocitos %	9 \pm 5	7 \pm 5
Eosinófilos %	4 \pm 2	3 \pm 13

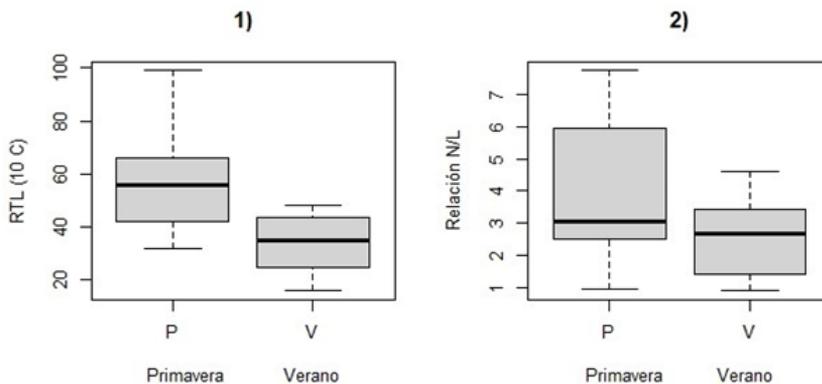


Fig. 2. Recuento total de leucocitos (1) y relación entre neutrófilos/linfocitos (2) según el momento del ciclo anual: primavera, que coincide con la etapa de reproducción, y verano, que coincide con la muda del elefante marino *Mirounga leonina* en Caleta Potter, Península Antártica.

comportamiento sexual indiscriminadamente hacia juveniles conespecíficos, hembras sin estro y machos, individuos de otras especies, e incluso objetos inanimados. En este contexto, el estrés que genera el “acoso” durante la temporada reproductiva de los machos adultos hacia los juveniles de la colonia bien podría explicar las diferencias observadas en los valores de RTL y N/L. Estos comportamientos bajo el contexto de reproducción pueden generar condiciones estresantes, lo cual incrementaría los niveles de glucocorticoides y, a su vez, aumentarían los neutrófilos en circulación sanguínea. Estos valores altos de neutrófilos parecen ser los que producen los altos

valores de RTL. En lo referido al sexo, los machos presentaron valores más elevados de RTL y N/L; sin embargo, dado el bajo número de individuos, i.e. 11 hembras y cinco machos, no resultó conveniente la comparación entre sexos.

Análiticamente, los coeficientes promedios referidos a los ecto- y endoparásitos no afectaron significativamente a los valores observados de RTL. Los parámetros de infestación obtenidos arrojaron valores diferentes según el momento del año, y fueron mayores en la primavera. Por otra parte, durante el verano se obtuvo una mayor abundancia de piojos, que puede deberse a las conductas ter-

Tabla 2

Valores medios ± desvío estándar del perfil leucocitario del elefante marino del sur *Mirounga leonina* (n = 16) de Caleta Potter, Península Antártica, según el momento del año y sexo. RTL: recuento total de leucocitos en 10 campos; N/L: relación neutrófilos/linfocitos.

Ectoparásitos	Momento del año		Sexo	
	Primavera (n = 9)	Verano (n = 7)	H (n = 11)	M (n = 5)
N	13	16	16	13
Prev.	33 %	100 %	73 %	40 %
Ab.M	1,4	2,3	1,5	2,6
[min-máx]	[0-1,2]	[0,1-1,1]	[0-0,7]	[0-2,2]
In.M	4,3	2,3	2,0	6,5
[min-máx]	[0-3,7]	[0,1-1,1]	[0-1]	[0-5,5]
Endoparásitos	Primavera (n = 9)	Verano (n = 7)	H (n = 11)	M (n = 5)
N	374	75	320	129
Prev.	100 %	86 %	91 %	100 %
Ab.M	41,6	10,7	29,1	25,8
[min-máx]	[0,3-16,3]	[0-3,7]	[0,3-13,4]	[2,2-9,8]
In.M	41,6	12,5	32,0	25,8
[min-máx]	[0,3-16,3]	[0-4,3]	[0,3-14,7]	[2,2-9,8]

Tabla 3

Resultado de los coeficientes del modelo promedio y niveles de significancia: *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$. La etapa que coincide con el ciclo reproductivo de los adultos de *Mirounga leonina* de Caleta Potter, Península Antártica, resultó ser un factor significativo en relación con el recuento total de leucocitos.

	Coeficientes		Desvío estándar		Z valor	p-valor
	Primavera (n = 9)	Verano (n = 7)	H (n = 11)	M (n = 5)		
Intercepto	3,571288	0,229000	0,229	<2e-16***		
Momento	0,546272	0,197261	0,197	0,0116*		
Endop	-0,001682	0,002797	0,550	0,5820		
P.A.Ectop	-0,110837	0,304671	0,341	0,7330		
Sexo	0,031577	0,218491	0,132	0,8952		

morreguladoras, como selección de microhábitats y agrupamiento social (Bozinovic & Yánez 1989). En el proceso de muda, con el fin de atenuar la diferencia térmica entre cuerpo-ambiente, los elefantes pasan más tiempo descansando en grupos, lo que propicia la transmisión horizontal de piojos.

Diversos estudios de ecofisiología del estrés sugieren analizar en conjunto las células inmunitarias, el índice N/L, proteínas y hormonas asociadas con el eje HPA (eje suprarrenal hipotálamo-pituitario), ya que proporcionan una evaluación de la condición de salud del animal con mayor detalle que los niveles hormonales y el recuento de células inmunes por sí solas (Johnstone et al. 2012). Por lo tanto, a futuro, podrían incorporarse a los monitoreos para obtener una valoración más completa de la condición de salud general de los elefantes marinos, y sumar el

análisis de otras muestras biológicas, como suero y plasma sanguíneo, heces, pelo, e incluso muestras histológicas en caso de observarse algún tipo de lesión.

Dada las dificultades que implica el acceso y la toma de muestras en ambientes antárticos, sobre todo la manipulación de individuos de gran tamaño como la especie en estudio, los resultados obtenidos son particularmente valiosos y representativos de la colonia de elefantes de Caleta Potter. Sin embargo, existen limitaciones relacionadas con el análisis estadístico de los datos obtenidos que, quizá, podrían mostrar tendencias más marcadas en la relación entre el RTL y la presencia de parásitos, lo que incrementaría el número de individuos muestreados durante la primavera y el verano.

Por su condición de predadores tope y centinelas del ecosistema (Siniff et al. 2008; Bossart 2011; Tryland et al. 2012), se espera que este estudio pueda ser útil en líneas de investigaciones futuras relacionadas con el estado sanitario del elefante marino del sur, frente al impacto de los cambios ambientales, climáticos y antropogénicos en la Antártida.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue realizado con el apoyo financiero y logístico del Instituto Antártico Argentino y la Dirección Nacional del Antártico. Los permisos para muestrear fueron otorgados por la Oficina de Medio Ambiente de la Dirección Nacional del Antártico. Esta investigación fue financiada por la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (PICT 2015-0082 y PICT 2018-0537) y el Fondo Lerner-Grey para la Investigación Marina.

LITERATURA CITADA

ALCOCK, J. 1984. Animal behavior. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.

BANNER, K. M., & M. D. HIGGS. 2017. Considerations for assessing model averaging of regression coefficients. *Ecological Applications* 27:78-93. <http://dx.doi.org/10.1002/eap.1419>

BELDOMENICO, P. M., S. TELFER, S. GEBERT, L. LUKOMSKI, M. BENNETT, & M. BEGON. 2008. The dynamics of health in wild field vole populations: a hematological perspective. *Journal of Animal Ecology* 77:984-997. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01413.x>

BISHOP, C. R., J. W. ATHENS, D. R. BOGGS, H. R. WARNER, G. E. CARTWRIGHT, & M. M. WINTROBE. 1968. Leukokinetic studies: XIII. A non-steady-state kinetic evaluation of the mechanism of cortisone-induced granulocytosis. *The Journal of Clinical Investigation* 47:249-260. <http://dx.doi.org/10.1172/jci105721>

BOSSART, G. D. 2011. Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Veterinary Pathology* 48:676-690. <http://dx.doi.org/10.1177/0300985810388525>

BOZINOVIC, F., & J. YÁNEZ. 1989. Biofísica ecológica de *Mirounga leonina* (Linn.): Gasto de energía y selección de microambientes. *Ser. Cient. INACH*, 39, 167-174.

BRITO DEVOTO, T. ET AL. 2022. Exploring fungal diversity in Antarctic wildlife: isolation and molecular identification of culturable fungi from penguins and pinnipeds. *New Zealand Veterinary Journal* 70:263-272. <http://dx.doi.org/10.1080/00480169.2022.2087784>

BROCK, P. M., A. J. HALL, S. J. GOODMAN, M. CRUZ, & K. ACEVEDO-WHITEHOUSE. 2013. Immune activity, body condition and human-associated environmental impacts in a wild marine mammal. *Plos One* 8:67132. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0067132>

BROOKS, D. R., & D. A. MCLENNAN. 1993. *Parascript*. Parasites and the language of evolution. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., USA. <http://dx.doi.org/10.1126/science.261.5123.927>

BURNHAM, K. P., & D. R. ANDERSON. 2002. A practical information-theoretic approach. *Model selection and multimodel inference* 2:70-71.

BUSH, A. O., K. D. LAFFERTY, J. M. LOTZ, & A. W. SHOSTAK. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* 83:575-583. <http://dx.doi.org/10.2307/3284227>

CAPASSO, S. ET AL. 2012. Nuevos hallazgos de nematodos anisakidae en pinnípedos antárticos. VI Congreso Argentino de

Parasitología. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. Del 16 al 19 de Octubre de 2012. <http://dx.doi.org/10.19137/huellas-2021-2504>

CARLINI, A. R. ET AL. 2009. Immobilization of adult male southern elephant seals (*Mirounga leonina*) during the breeding and molting periods using a tiletamine/zolazepam mixture and ketamine. *Polar Biology* 32:915-921. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-009-0592-7>

CORDERO DEL CAMPILLO, M., F. A. ROJO VÁZQUEZ, I. NAVARRETE, & L. NIETO. 1999. *Parasitología Veterinaria*. Editorial McGraw-Hill, España.

COSTA, D. P. 1993. The relationship between reproductive and foraging energetics and the evolution of Pinnipedia. *Marine Mammals: Advances in Behavioural and Population Biology* 66:293-314. <http://dx.doi.org/10.1093/oso/9780198540694.003.0016>

COSTA, D. P., L. A. HUCKSTADT, D. E. CROCKER, B. I. MCDONALD, M. E. GOEBEL, & M. A. FEDAK. 2010. Approaches to studying climatic change and its role on the habitat selection of Antarctic pinnipeds. *Integrative and Comparative Biology* 50:1018-1030. <http://dx.doi.org/10.1093/icb/icc054>

DANERI, G. A. ET AL. 2015. The feeding habits of the Southern elephant seal, *Mirounga leonina*, at Isla 25 de Mayo/King George Island, South Shetland Islands. *Polar Biology* 38:665-676. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-014-1629-0>

DAVEY, J. T. 1971. A revision of the genus *Anisakis* Dujardin, 1845 (Nematoda: Ascaridata). *Journal of Helminthology* 45:51-72. <http://dx.doi.org/10.1017/s0022149x0006921>

DAVIS, A. K., D. L. MANEY, & J. C. MAERZ. 2008. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional Ecology* 22:760-777. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>

DERANGO, E. J., K. C. PRAGER, D. J. GREIG, A. W. HOOPER, & D. E. CROCKER. 2019. Climate variability and life history impact stress, thyroid, and immune markers in California sea lions (*Zalophus californianus*) during El Niño conditions. *Conservation Physiology* 7. <http://dx.doi.org/10.1093/conphys/coz010>

FIELD, I. C., C. J. BRADSHAW, H. R. BURTON, & M. A. HINDELL. 2005. Juvenile southern elephant seals exhibit seasonal differences in energetic requirements and use of lipids and protein stores. *Physiological and Biochemical Zoology* 78:491-504. <http://dx.doi.org/10.1086/430227>

FORCADA, J., P. N. TRATHAN, & E. J. MURPHY. 2008. Life history buffering in Antarctic mammals and birds against changing patterns of climate and environmental variation. *Global Change Biology* 14:2473-2488. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01678.x>

GALIMBERTI, F., S. SANVITO, C. BRASCHI, & L. BOITANI. 2007. The cost of success: reproductive effort in male southern elephant seals (*Mirounga leonina*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 62:159-171. <http://dx.doi.org/10.1007/s00265-007-0450-y>

GARDNER, S. L., & M. L. CAMPBELL. 1992. Parasites as probes for biodiversity. *The Journal of Parasitology* 596-600.

GERACI, J. R., & T. G. SMITH. 1975. Functional hematology of ringed seals (*Phoca hispida*) in the Canadian Arctic. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 32:2559-2564. <http://dx.doi.org/10.1139/f75-302>

GRAY, R. B., T. L. ROGERS, & P. J. CANFIELD. 2009. Health assessment of the Leopard Seal, *Hydrurga leptonyx*, in Prydz Bay, Eastern Antarctica and NSW, Australia. *Health of Antarctic Wildlife* (R. K. Kerry, & M. Riddle, eds.). Springer, Berlin, Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/b75715_9

GREEN, K., & H. R. BURTON. 1993. Comparison of the stomach contents of southern elephant seals, *Mirounga leonina*, at Macquarie and Heard Islands. *Marine Mammal Science* 9:10-22. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1993.tb00422.x>

GUYTON, A., & J. HALL. 1997. *Tratado de Fisiología Médica*. (M. Moreno trad.) 177-198.

HARWOOD, J., & A. HALL. 1990. Mass mortality in marine mammals: its implications for population dynamics and genetics. *Trends in*

- Ecology & Evolution 5:254-257. [http://dx.doi.org/10.1016/0169-5347\(90\)90066-m](http://dx.doi.org/10.1016/0169-5347(90)90066-m)
- HINDELL, M. A. ET AL. 2017. Decadal changes in habitat characteristics influence population trajectories of southern elephant seals. *Global Change Biology* 23:5136-5150. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.13776>
- HOBERG, E. P. 1996. Faunal diversity among avian parasite assemblages: the interaction of history, ecology, and biogeography in marine systems. *Bulletin of the Scandinavian Society of Parasitology* 6:65-89.
- JOHNSTONE, C. P., R. D. REINA, & A. LILL. 2012. Interpreting indices of physiological stress in free-living vertebrates. *Journal of Comparative Physiology B* 182:861-879. <http://dx.doi.org/10.1007/s00360-012-0656-9>
- LAWS, R. M., & R. J. F. TAYLOR. 1957. A mass dying of crabeater seals: *Lobodon carcinophagus* (Gray). *Proceedings of the Zoological Society of London* 129:315-24. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1096-3642.1957.tb00296.x>
- LAWS, R. M. 1960. The southern elephant seal (*Mirounga leonina*) at South Georgia. *Norsk Hvalfangst-Tidende* 10:466-476.
- LEONARDI, M. S. 2014. Faster the better: a reliable technique to sample anopluran lice in large hosts. *Parasitology Research* 113:2015-2018. <http://dx.doi.org/10.1007/s00436-014-3890-0>
- LEONARDI, M. S., M. BOBINAC, & J. NEGRETE. 2016. Redescription of *Antarctophthirus lobodontis* (Anoplura: Echinophthiriidae) from the crabeater seal and identification key for Antarctic lice. *Polar Biology* 39:671-676. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-015-1822-9>
- LEONARDI, M. S., F. A. SOTO, & J. NEGRETE. 2018. Lousy big guys: *Lepidophthirus macrorhini* infesting seals from Antarctica. *Polar Biology* 41:481. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-017-2207-z>
- LEONARDI, M. S., V. L. D'AMICO, M. E. MÁRQUEZ, T. L. ROGERS, & J. NEGRETE. 2019. Leukocyte counts in three sympatric pack-ice seal species from the western Antarctic Peninsula. *Polar Biology* 42:1801-1809. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-019-02551-y>
- LESSELLS, C. M., & P. T. BOAG. 1987. Unrepeatable repeatibilities: a common mistake. *The Auk* 104:116-121. <http://dx.doi.org/10.2307/4087240>
- LING, J. K., & M. M. BRYDEN. 1992. *Mirounga leonina*. *Mammal Species* 391:1-8. <http://dx.doi.org/10.2307/3504169>
- MARCUS, A. D., D. P. HIGGINS, & R. GRAY. 2015. Health assessment of free-ranging endangered Australian sea lion (*Neophoca cinerea*) pups: effect of haematophagous parasites on haematological parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 184:132-143. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2015.02.017>
- MCCONNELL, B., C. CHAMBERS, & M. FEDAK. 1992. Foraging ecology of southern elephant seals in relation to the bathymetry and productivity of the Southern Ocean. *Antarctic Science* 4: 393-398. <http://dx.doi.org/10.1017/s0954102092000580>
- McFARLANE, R. A., R. J. NORMAN, & H. I. JONES. 2009. Diseases and parasites of Antarctic and Sub-Antarctic seals. *Health of Antarctic wildlife: a challenge for science and policy* (K. R. Kerry, & M. J. Riddle, eds). Springer, Berlin, Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/b75715_3
- McMAHON, C. R., & H. R. BURTON. 2005. Climate change and seal survival: evidence for environmentally mediated changes in elephant seal, *Mirounga leonina*, pup survival. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272:923-928. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2004.3038>
- MELLISH, J. A. E., A. G. HINDLE, & M. HORNING. 2011. Health and condition in the adult Weddell seal of McMurdo Sound, Antarctica. *Zoology* 114:177-183. <http://dx.doi.org/10.1016/j.zool.2010.11.007>
- MENÉNDEZ-BLÁZQUEZ, J. ET AL. 2021. Leukocyte counts in blood smears of Antarctic seals and penguins: a new less time-consuming method. *Polar Biology* 44:2195-2198. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-021-02950-0>
- NORRIS, K., & M. R. EVANS. 2000. Ecological immunology: life history trade-offs and immune defense in birds. *Behavior Ecology* 11:19-26. <http://dx.doi.org/10.1093/beheco/11.1.19>
- PANISSE, G. ET AL. 2011. Nuevos reportes de nematodos anisákidos en mamíferos marinos antárticos y patagónicos. XXIV Jornadas Argentinas de Mastozoología. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Del 7 al 10 de Noviembre de 2011. <http://dx.doi.org/10.17227/01234870.41folios87.102>
- RAGA, J. A., J. A. BALBUENA, J. AZNAR, & M. FERNANDEZ. 1997. The impact of parasites on marine mammals: a review. *Parassitologia* 39:293-296.
- RENGIFO-HERRERA, M. D. C. ET AL. 2014. Helminth parasites found in faecal samples of phocids from the Antarctic Peninsula. *Polar Biology* 37:685-695. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-014-1469-y>
- ROITT, I., J. BROSTOF, & D. MALE. 2001. *Immunology*. Mosby, London, UK.
- ROLETTO, J. 1993. Hematology and serum chemistry values for clinically healthy and sick pinnipeds. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 145-157.
- SAPOLSKY, R. M., L. M. ROMERO, & A. U. MUNCK. 2000. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocrine Reviews* 21:55-89. <http://dx.doi.org/10.1210/edrv.21.1.0389>
- SINIFF, D. B., R. A. GARROTT, J. J. ROTELLA, W. R. FRASER, & D. G. AINLEY. 2008. Projecting the effects of environmental change on Antarctic seals. *Antarctic Science* 20:425-435. <http://dx.doi.org/10.1017/s0954102008001351>
- SLIP, D. J., M. A. HINDELL, & H. R. BURTON. 1994. Diving behavior of southern elephant seals from Macquarie Island: an overview. *Elephant seals: population ecology, behavior, and physiology*. University of California Press, Berkeley, USA. <http://dx.doi.org/10.2307/fj.8441712.18>
- SLIP, D. J. 1995. The diet of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) from Heard Island. *Canadian Journal of Zoology* 73:1519-1528. <http://dx.doi.org/10.1139/z95-180>
- TRIVERS, R. 1985. *Social evolution*. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California, USA.
- TRYLAND, M. ET AL. 2012. Serum chemistry and antibodies against pathogens in Antarctic fur seals, Weddell seals, crabeater seals, and Ross seals. *Journal Wildlife Diseases* 48:632-45. <http://dx.doi.org/10.7589/0090-3558-48.3.632>
- TURNER, J., N. E. BARRAND, T. J. BRACEGIRDLE, P. CONVEY, D. A. HODGSON, & M. JARVIS. 2013. Antarctic climate change and the environment: an update. *Polar Research* 50:237-259. <http://dx.doi.org/10.1017/s0032247413000296>
- VAN WORMER, E., J. A. K. MAZET, A. HALL, V. A. GILL, P. L. BOVENG, & J. M. LONDON. 2019. Viral emergence in marine mammals in the North Pacific may be linked to Arctic sea ice reduction. *Scientific Reports* 9:15569. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-51699-4>
- YAMAGUTI, S. 1961. *Systema Helminthium: The nematodes of vertebrates*. Interscience Publishers, New York, USA.
- ZUK, M., & A. M. STOEHR. 2002. Immune defense and host life history. *American Naturalist* 160:9-22. <http://dx.doi.org/10.1086/342131>