



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



Salud del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en Isla Guadalupe, B.C.,
México

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

PRISCILLA CASANDRA GUTIÉRREZ GÁLVEZ

LA PAZ, B.C.S., ENERO 2020



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 03 del mes de Diciembre del 2019 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"SALUD DEL LOBO FINO DE GUADALUPE (*Arctocephalus philippii townsendi*)
EN ISLA GUADALUPE, B.C., MÉXICO"

Presentada por el alumno:

GUTIÉRREZ
Apellido paterno

GÁLVEZ
materno

PRISCILLA CASANDRA
nombre(s)

Con registro:

A	1	6	1	0	1	8
---	---	---	---	---	---	---

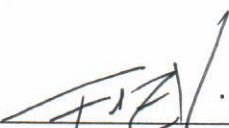
Aspirante de:

DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de Tesis



DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN
Director de Tesis



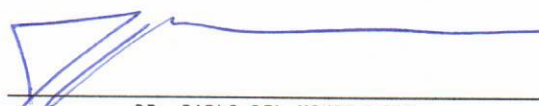
DRA. CARA LISA FIELD



DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA



DR. SERGIO FRANCISCO MARTÍNEZ DÍAZ



DR. PABLO DEL MONTE LUNA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO



I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 10 del mes de Diciembre del año 2019

El (la) que suscribe M en C. PRISCILLA CASANDRA GUTIÉRREZ GÁLVEZ Alumno (a) del Programa

DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

con número de registro A161018 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN

y cede los derechos del trabajo titulado:

"SALUD DEL LOBO FINO DE GUADALUPE (*Arctocephalus philippii townsendi*)

EN ISLA GUADALUPE, B.C.S., MÉXICO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: kasandragalvez@hotmail.com - felorriaga@ipn.mx -

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

M en C. PRISCILLA CASANDRA GUTIÉRREZ GÁLVEZ

Nombre y firma del alumno



My wish is to stay always like this, living quietly in a corner of nature.
-Claude Monet

Territorio reproductivo de lobo fino de Guadalupe (*A.p townsendi*).
Isla Guadalupe, B.C., Punta Sur. Julio del 2016.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) y al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por permitirme ser parte de una de las mejores comunidades académicas a nivel nacional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (BEIFI) por los apoyos económicos otorgados durante mi desarrollo académico.

A la Secretaría de Marina (SEMAR) de la Segunda Zona Naval de Ensenada, B.C., por su apoyo en el transporte y en la permanencia en Isla Guadalupe, B. C., México. Sin su apoyo no hubiera sido posible el desarrollo de este trabajo.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Especialmente a la dirección de la Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe (CONANP-IG) por permitirnos el acceso y el desarrollo del trabajo en campo. Sin su autorización este estudio no hubiera sido posible. Gracias.

De manera muy especial al Dr. Fernando Elorriaga Verplancken por seguir confiando en mí, y en este tipo de proyectos. Gracias.

A la Dra. Cara Field por su conocimientos, sugerencias y amistad. Por contribuir significativamente al valor académico de este estudio. La admiro.

Al Dr. Sergio Martínez por todos los cuestionamientos, sugerencias e ideas. Gracias

Al Dr. Pablo del Monte cuyas lecciones académicas las llevo conmigo.

Al grupo del evento de mortalidad inusual (UME) del lobo fino de Guadalupe perteneciente a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) que compartieron los datos colectados de individuos de lobo fino de Guadalupe. Definitivamente sin ese apoyo este trabajo no hubiera logrado los objetivos planteados.

A la Msc. Tenaya Norris, “T” gracias por confiar en mí y ser parte de este grupo de apoyo de trabajo del Dr. Elorriaga y el grupo del evento de mortalidad inusual (UME). También agradezco el apoyo económico otorgado. Gracias.

Al Marine Mammal Center (TMMC) por permitirme realizar mi estancia. Un sueño lograr estar con ustedes rodeada de gente apasionada por los mamíferos marinos. Gracias.

Al Dr. Rene Torres y Dra. Rosa Isabel Ochoa por permitirme la tinción, procesamiento y análisis de los frotis sanguíneos en el Laboratorio de Morfofisiología de CICIMAR-IPN.

Al laboratorio de análisis clínicos del Hospital General del ISSSTE localizado en La Paz Baja California Sur. Especialmente a la Msc. Fabiola Morales, gracias por tu ayuda, tiempo y sugerencias para el procesamiento de las bioquímicas sanguíneas.

A Tony Orr y Jeff Harris pertenecientes a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). Sin ustedes definitivamente no hubiera sido posible obtener estos resultados.

A los médicos veterinarios Lorraine Barbosa y Alisa Deming, gracias por ser mis maestras en campo y por su amistad. Que se repita.

A la Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina (SOMEMMA, A.C) por el apoyo económico otorgado a través de la convocatoria de apoyos a pequeños proyectos. Gracias.

A la Sociedad de Mamíferos Marinos (SMM) por apoyarme económicamente durante dos conferencias consecutivas para compartir parte de los resultados obtenidos del presente estudio. Gracias.

Al The Coll Perske Memorial Fund por el apoyo económico otorgado para poder asistir y presentar parte de este estudio en la reunión internacional de la Sociedad de Mamíferos Marinos (SMM). Gracias.

Definitivamente mi madre, la cual a través del tiempo ha crecido su amor hacia la ciencia, por apoyarme de todas las maneras posibles para lograr el término de este estudio. Te amo.

Amigos que están y que estuvieron, gracias por aguantarme estos 4 años.
Gracias

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS.....	x
GLOSARIO.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
III. HIPÓTESIS.....	3
IV. OBJETIVOS.....	3
a) objetivo general.....	3
b) objetivos particulares.....	3

CAPÍTULOS

Capítulo 1 Hematología

1.1 Introducción.....	6
1.2 Antecedentes.....	7
1.3 Material y Método	10
a. Área de estudio.....	10
b. Método	10
1.3.1 Captura, contención y colecta de muestras sanguíneas.....	11
1.3.1.2 Neonatos.....	11
1.3.1.3 Destetados, añeros, juveniles, subadulto y adultos.....	11
1.3.2 Procesamiento de muestras sanguíneas.....	13
1.3.2.1 Biometría hemática.....	13
1.3.2.2 Hematocrito (Hct%)	13
1.3.2.3 Conteo leucocitario y eritrocitario total.....	13
1.3.2.4 Conteo leucocitario diferencial (relativo y absoluto)	14
1.3.3 Análisis estadístico.....	15
1.4 Resultados	16

1.4.1 Biometría hemática.....	16
1.4.1.2 Hematocrito (Hct%).....	16
1.4.1.3 Conteo leucocitario y eritrocitario total.....	17
1.4.1.4 Conteo leucocitario diferencial.....	20
1.5 Discusión.....	23
1.6 Conclusiones.....	36
Anexo 1. Hematología.....	38
 Capítulo 2 Bioquímica sanguínea	49
2.1 Introducción.....	50
2.2 Antecedentes.....	50
2.3 Material y Método	53
2.3.1 Captura, contención y colecta de muestras sanguíneas	53
2.3.2. Bioquímica sanguínea.....	53
2.3.3. Análisis estadístico.....	54
2.4 Resultados.....	55
2.5 Discusión.....	58
2.6 Conclusiones.....	73
Anexo 2. Bioquímica sanguínea	76
 Capítulo 3 Morfología.....	86
3.1 Introducción.....	87
3.2 Antecedentes.....	88
3.3 Material y Método.....	90
a. Área de estudio	90
b. Método.....	90
3.3.1 Captura, contención y colecta de datos morfométricos.....	90
3.4 Resultados.....	90
3.5 Discusión.....	93
3.6 Conclusiones.....	96

V. DISCUSION GENERAL.....	97
VI. CONCLUSIÓN GENERAL.....	98
VII. RECOMENDACIONES	98
VIII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de Punta Sur, Isla Guadalupe B.C. Sitio donde se realizó la captura, contención y la colecta de datos morfométricos y muestras biológicas de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) durante la temporada reproductiva 2013- 2016 e invernal 2016 y 2017.

Figura 2. Venopunción (v. glútea) y colecta sanguínea de un individuo juvenil de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*). durante la temporada invernal 2017 en la zona de Punta Sur, Isla Guadalupe.

Figura 3. Hematocrito (%) (media, IC 95%) del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe, B.C.

Figura 4. Eritrocito total ($10^6/\mu\text{l}$) (media 0.95% intervalo de confianza) por clase de edad de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Figura 5. Leucocito total ($10^3/\mu\text{l}$) (mediana, 25-75%) por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Figura 6. Lector de bioquímica sanguíneas del sistema automatizado SIEMENS, EXL™ en laboratorio Clínico del Hospital general del ISSSTE, localizado en la Paz, B.C. Sur.

Figura 7. Distribución de peso (kg) observados entre las cohortes de destetados de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) durante la temporada invernal 2016 y 2017 en Isla Guadalupe.

Figura 8. Distribución de la longitud total (cm) observada entre las cohortes de destetados de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) durante la temporada invernal 2016 y 2017 en Isla Guadalupe.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Hematocrito (%), media, desviación estándar, y valores mínimos y máximos por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Tabla 2. Eritrocito total ($10^6/\mu\text{L}$), media, desviación estándar, y valores mínimos y máximos por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Tabla 3. Leucocito total ($10^3/\mu\text{L}$), mediana rangos, 25%-75% y valores mínimos y máximos por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Tabla 4. Valor relativo (%) (media, desviación estándar y valores mínimos y máximos) leucocitario por clases de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Tabla 5. Valor absoluto ($10^3/\mu\text{L}$) (media, desviación estándar y rangos) leucocitario por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Tabla 6. Elementos químicos (mediana, valores min. -máx.) entre clases edad del de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) de Isla Guadalupe.

Tabla 7. Correlación de Spearman ($p < 0.05$) entre peso (P) por clase de edad y elementos químicos sanguíneos del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) de Isla Guadalupe.

Tabla 8. Correlación de Spearman ($p < 0.05$) entre peso (P) y elementos químicos del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) de Isla Guadalupe.

Tabla 9. Media y desviación estándar del peso (kg) por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) de Isla Guadalupe.

GLOSARIO

Ácido domoico. Neurotoxina producida por diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* análogo del neurotransmisor glutamato asociado a convulsiones, ataxia y tremores musculares en mamíferos marinos.

Basófilo. Leucocito granular relacionado con reacciones de hipersensibilidad e inflamación.

Biometría hemática. Conteo celular total sanguíneo utilizado durante la evaluación del estado general de salud de los organismos como parte de los análisis clínicos rutinarios realizados durante la práctica médica.

Bioquímica sanguínea. Prueba de la química sanguínea que cuantifica y evalúa los componentes químicos disueltos en la sangre, tales como: hormonas, enzimas y electrolitos en sangre.

Eritrocito. Celula roja o hematíe encargado del transporte de oxígeno cuya disminucion se asocia a procesos de anemia y su incremento a deshidratación.

Eosinófilo. Leucocito granular relacionado con parasitosis y reacciones de hipersensibilidad.

Eosinofilia. Incremento anómalo de eosinófilos asociado con cuadros de alergia, parasitosis e intoxicación con ácido domoico en mamíferos marinos.

Hematocrito. Prueba rutinaria realizada durante la biometría hemática que se encarga de determinar el porcentaje de celulas rojas o eritrocitos respecto al volumen total sanguíneo.

Hematología. Especialidad de la medicina que identifica desequilibrios en los componentes sanguíneos, mediante su morfometría y concentración total.

Leucocitos. Grupo de celulas blancas del sistema inmune encargadas de combatir agentes infecciosos y sustancias extrañas.

Monocito. Leucocito agranular conocido dentro del sistema vascular como macrófago encargado del desarrollo de los procesos inflamatorios.

Neutrófilo. Leucocitos fagocíticos y polimorfonucleares que combaten infecciones bacterianas y fúngicas.

Plasma sanguíneo. Fracción acelular y líquida de la sangre compuesta por hormonas, proteínas, enzimas y electrolitos; fundamental para el mantenimiento del equilibrio osmótico.

Proteína sérica total. Prueba bioquímica que cuantifica el total de proteínas en sangre (albúminas y globulinas), cuyo incremento se vincula con deshidratación e infecciones y su disminución con enteropatías, hepatopatías y hemorragias.

RESUMEN

Los estudios de medicina en poblaciones silvestres, especialmente aquellas con distribución restringida y en condición vulnerable son relevantes en términos de conservación, ya que permiten establecer las potenciales amenazas para su supervivencia. El lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus phillippi townsendi*) es una especie con distribución restringida y en proceso de recuperación, donde se ha sugerido que las condiciones ambientales podrían ser actualmente una de sus principales amenazas. Con el objetivo de conocer el estado de salud lobo fino de Guadalupe durante 2016 y 2017 (marzo-abril) se obtuvieron muestras sanguíneas y datos morfométricos (peso y longitud total) desde la etapa neonatal hasta la adulta. A través de indicadores sanguíneos (hematológicos y bioquímicos) y morfométricos se estimaron diferencias entre clases de edad así como interanuales. En 2016, la cohorte de destetados exhibió tallas más pequeñas (16.8 ± 2.9 kg y 88.5 ± 5.1 cm), respecto a la cohorte de 2017 (18.7 ± 3.4 kg y 92.4 ± 5.7 cm). Los cambios y valores ontogénicos e interanuales de hematocrito, eritrocitos y leucocitos totales así como bioquímicos se observaron dentro de los rangos hematológicos establecidos en otras especies de otáridos considerados sanos. El incremento de leucocitos en adultos y destetados en 2016 se relacionó al incremento de eosinófilos y monocitos; donde en adultos se diagnosticó eosinofilia. La mayor concentración de linfocitos, proteína total y triglicéridos en destetados de Isla Guadalupe respecto a los varamientos de sus similares, podría asociarse a una mayor condición nutricional e inmune de los destetados en Isla Guadalupe. Durante condiciones cálidas se reportan menores tallas, un incremento en parasitosis, por lo tanto, de eosinofilia. Las condiciones cálidas a lo largo del Pacífico Noroeste ocasionaron varamientos de lobo fino de Guadalupe en pobre condición corporal. Aunque en destetados de Isla Guadalupe se estimó un menor peso y longitud total, no exhibieron una pobre condición corporal. En adultos la eosinofilia podría sugerir parasitosis coincidiendo la persistencia de condiciones cálidas. Considerando una mayor frecuencia, persistencia y severidad de eventos atmosféricos y oceanográficos, es importante ampliar espacial y temporalmente estudios de salud en la población de Isla Guadalupe.

ABSTRACT

Wildlife medicine research in vulnerable populations with restricted distribution is relevant in terms of conservation due to the establishment of potential threats for their health and survival. Guadalupe fur seal (*Arctocephalus phillippi townsendi*) exhibit a restricted distribution and is still in recovery after being near of extinction. It has been proposed that environmental conditions represent one of the main threats for their population recovery. The objective of this study was to assess Guadalupe fur seal health during 2016 and 2017 (march-April) through blood samples and morphometric data using blood biomarkers (hematology and biochemistry) and morphometric data (body weight and total length). Hematological and morphometric age classes and interannual differences were estimated. During 2016 weaners were lighter and shorter (16.8 ± 2.9 kg y 88.5 ± 5.1 cm) in contrast to 2017 (18.7 ± 3.4 kg and 92.4 ± 5.7 cm). Ontogeny and interannual differences in hematocrit, total red blood cells and white cells including biochemistry were within the normal otariid blood ranges. Higher total white blood cells on adults and weaners in 2016 were associated to the increase of eosinophils and monocytes, especially in adults which were diagnosed with eosinophilia. The higher lymphocytic, total protein and triglycerides on weaners of Guadalupe Island in contrast to their similar stranded along California coast, could be associated to a better nutritional status and indirectly immune system. During warming conditions pinniped's smaller sizes and increase of parasitic diseases including eosinophilia has been often reported. Recent warming conditions along northeast Pacific Ocean were related to Guadalupe fur seal unusual strandings in poor body weight. Despite the lower weight and total length observed on weaners at Guadalupe Island, specially in 2016 , they were not in poor body condition. Adult eosinophilia could suggest parasite disease coinciding whit warm ocean conditions. These results could reflect that despite warming conditions some portion of Guadalupe fur seal population's health was not affected severely as other one (e.g. strandings). However, considering more frequent and persistent warm conditions in Guadalupe fur seal habitat. It is important to point out the relevance of heath studies both spatially and temporarily on Guadalupe fur seal population.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Los análisis hematológicos, bioquímicos y morfométricos son indicadores de confiables para evaluar la salud (Aguirre et al. 2002) y aportan información científica relevante para la creación y aplicación de estrategias para la conservación de la biodiversidad (Deem et al. 2001; Aguirre et al. 2002; Martin et al. 2011). Hasta la fecha son escasas las investigaciones de salud en lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*). Sin embargo, se han determinado la exposición a agentes infecciosos zoonóticos (ej. *Leptospira spp.*) (Ziehl-Quirós et al. 2017) así como decesos de origen natural (ej. traumas, enfermedades) durante etapas tempranas de crecimiento (Gutiérrez-Gálvez, 2015).

Recientemente las condiciones cálidas y extremas a lo largo del Pacífico noroeste que persistieron hasta 2016 (Di Lorenzo & Mantua, 2016) generaron cambios biológicos y ecológicos importantes (Leisinig et al. 2015; Cavole et al. 2016), reflejándose en un decremento de la condición corporal e incremento en los varamientos de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) y lobo fino de Guadalupe (McKibbon, 2018; NOAA, 2019ab; Cavole et al. 2016), incluyendo avistamientos y varamientos inusuales en costas mexicanas (Elorriaga-Verplancken et al. 2016a; Villegas-Zurita et al. 2015). Periodos anómalos y de escasez alimentaria se reportan que disminuyen la tasa de crecimiento, supervivencia y afectan la salud de poblaciones de pinnípedos (Trillmich et al. 1991; Hanni et al. 1997; Moore et al. 2009). En el lobo fino de Guadalupe se ha sugerido que factores ambientales (ej. disponibilidad de presas) podrían ser actualmente una de las principales amenazas para su salud y recuperación poblacional (Webber et al. 2004).

El lobo fino de Guadalupe presenta una dieta especialista (ej. teutófaga) (Gallo-Reynoso & Esperón-Rodríguez, 2013), distribución restringida (ej. Isla Guadalupe e Archipiélago de San Benito, Baja California) (Gallo-Reynoso, 1994; Elorriaga-Verplancken et al. 2016) así como baja densidad poblacional (2013: 34,000-44,000) (García-Aguilar et al. 2018) en contraste con años anteriores (100 y 200 mil individuos) (Hubbs, 1979), y exhibe una tasa de crecimiento poblacional de 13.7% (1955 y 1993)

(Gallo-Reynoso, 1994). Por lo tanto, Isla Guadalupe es considerado el único sitio de reproducción establecido por la subespecie (Gallo-Reynoso, 1994; García-Aguilar et al. 2018).

El presente trabajo pretende establecer y evaluar la salud del lobo fino de Guadalupe a partir de parámetros hematológicos, bioquímicos y morfométricos, que contribuyan al establecimiento de una línea base de salud para la conservación de la subespecie en su único sitio de reproducción localizado en Isla Guadalupe.

II. Planteamiento del problema

A pesar del crecimiento poblacional del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*), su baja variabilidad genética (Weber et al., 2004), distribución restringida (Fleischer, 1987; Gallo-Reynoso, 1994), exposición a patógenos en su hábitat terrestre (Ziehl-Quirós et al. 2017), y cambios en la calidad de su ambiente marino (Cavole et al. 2016) podrían representar actualmente un riesgo para la salud del lobo fino, tanto espacial como temporalmente.

III. Hipótesis

Los indicadores hematológicos, bioquímicos y morfométricos del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) reflejarán una disminución en su crecimiento, deficiencias nutricionales y elevada prevalencia de procesos infecciosos coincidiendo con las recientes condiciones cálidas generadas a lo largo del Pacífico noroeste.

IV. Objetivos

a) objetivo general

Conocer el estado de salud del lobo fino de Guadalupe *Arctocephalus philippii townsendi* en Isla Guadalupe, Baja California, a partir de indicadores hematológicos y morfométricos.

b) objetivos particulares

1.- Establecer los parámetros hematológicos del lobo fino de Guadalupe a partir de individuos en Isla Guadalupe durante la temporada invernal 2016 y 2017 para la identificación de procesos infecciosos y no infecciosos.

2.- Establecer los parámetros bioquímicos del lobo fino de Guadalupe a partir de individuos en Isla Guadalupe durante la temporada invernal 2016 y 2017 para la identificación de procesos infecciosos y no infecciosos.

3.- Determinar los cambios interanuales de peso y longitud total entre cohortes de destetados y adultos de lobo fino de Guadalupe durante la temporada invernal 2016 y 2017.

CAPÍTULO 1.
HEMATOLOGÍA

1.1 INTRODUCCIÓN

Algunos indicadores de salud, tales como la biometría y la química sanguínea son importantes biomarcadores (ej. células, enzimas, hormonas y electrolitos) e indispensables durante el diagnóstico clínico (Bossart et al. 2001; Stockham & Scott, 2013). En pinnípedos las variaciones en parámetros hematológicos se han asociado con la edad, sexo (Horning & Trillmich, 1997), talla (Fowler et al. 2007), estacionalidad y estado reproductivo (Villegas et al. 2012) así como distribución geográfica y condición corporal de los individuos (Castellini et al. 1993; Trumble & Castellini, 2002; Lander et al. 2013).

En pinnípedos son escasos los estudios donde se establezcan los rangos de referencia hematológica que permitan evaluar la salud de sus poblaciones (Roletto, 1993, Norberg et al. 2011; Páez-Rosas et al. 2016; Seguel et al. 2016). Esto ha ocasionado que se utilice los mismos rangos de referencia hematológica entre individuos en cautiverio y de vida libre (Engelhardt, 1979; Trumble et al. 2006). Sin embargo, diferencias entre organismos en cautiverio se han relacionado a su dieta (Mazzaro et al. 1995; 2005; Thompson & Mellish, 2007; Croft et al. 2013), tiempo de confinamiento y estrés (Wickham et al. 1990; Melish et al. 2006; Skinner et al. 2015). Por lo tanto, considerando que el ambiente es uno de los principales factores que influyen en la salud de los organismos (Burek et al. 2008), es de esperarse diferencias relacionadas con su estilo de vida incluyendo variaciones entre especies.

El análisis de estos parámetros en poblaciones silvestres, especialmente aquellas vulnerables, tales como el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus phillippii townsendi*) son indispensables para: (1) el monitoreo de su salud a partir de cambios asociados a las características de su ambiente (ej. disponibilidad de presas), y exposición a patógenos (ej. contacto con fauna exótica invasora), (2) para generar una herramienta complementaria en los estudios ecológicos y biológicos, que influyen en su estilo de vida, y por lo tanto también en su supervivencia, (3) para la creación de estrategias efectivas para la conservación del lobo fino de Guadalupe.

1.2 ANTECEDENTES

La sangre es un tejido dinámico y metabólicamente activo que desempeña un papel fundamental en la inmunidad de los individuos así como en el transporte de nutrientes, regulación de la temperatura, pH corporal y volumen intersticial (Cunningham & Klein, 2007).

Las diferencias en los valores sanguíneos (clase celular y química sanguínea) entre las familias de pinnípedos (fócidos, otáridos y odobénidos) se han relacionado con su estilo de vida. Por ejemplo, el mayor porcentaje de hematocrito en fócidos y odobénidos respecto al de otáridos se asocia con la temprana iniciación al buceo de los primeros (Bryden & Lim, 1969; Burns et al. 2005; Trillmich et al. 2008) así como a su mayor talla (Yochem et al. 2009; Melish et al. 2011), y elevada capacidad de desplazamiento (Richmond et al. 2006; Fowler et al. 2007).

Sin embargo, el impacto generado por condiciones de enfermedad (ej. infecciones) en los valores hematológicos son contrastantes, como lo observado en el lobo marino de California, elefante marino del Norte (*Mirounga angustirostris*), y la foca de puerto del Pacífico (*Phoca vitulina richardsi*) (Roletto, 1993), donde reticulocitosis, linfocitosis, eosinofilia, anemia y disminución del hematocrito se asociaron con la incidencia de parasitosis gastrointestinales y pulmonares (Marcus et al. 2015; Kelly et al. 2005), y leucocitopenias por contaminantes (PCBs) (Mos et al. 2006).

Así mismo, durante condiciones ambientales cálidas (ej. El Niño-Oscilación del Sur) cuadros de malnutrición (Trillmich & Limberger, 1985; Trillmich et al. 1991), procesos gastroentéricos por parasitosis (Gerber et al. 1993), malformaciones eritrocitarias, disminución de la competencia inmune (Banuet-Martínez et al. 2017), intoxicación por ácido domoico por florecimientos algales (Gulland et al. 2012) así como un incremento de interacciones con pesquerías (Hanni et al. 1997) son causas frecuentemente reportadas que afectan la salud y supervivencia de pinnípedos, asociadas con cambios en la disponibilidad de su alimento.

Actualmente se sugiere que el cambio climático representa una de las principales amenazas directa (ej. destrucción hábitat) (McCauley et al. 2015) e

indirecta (ej. exposición a patógenos) (Rausch et al. 2007) para la conservación de la biodiversidad debido a la incapacidad de algunas especies para adaptarse a las elevadas tasas de cambio de su entorno (Aguirre, 2009). Evidencia de estos cambios son alteraciones conductuales, reproductivas y alimenticias (Robinson et al. 2009); principales amenazas para la supervivencia de poblaciones silvestres (Marcogliese, 2008).

La reciente prevalencia de condiciones cálidas a lo largo del Pacífico noroeste (Lorenzo & Mantua, 2016) generaron un impacto oceanográfico y biológico significativo que modificaron la distribución y abundancia de algunas especies a lo largo de distintos niveles tróficos, tales como krill (ej. *Euphausia pacifica*), peces (ej. *Thunnus alalunga*), especies de calamares (ej. *Doryteutis opalescens*) (Cavole et al. 2016) reflejándose en una menor condición corporal y varamientos por malnutrición de algunos de sus depredadores topos, tales como el lobo fino de Guadalupe y lobo marino de California, declarándose para ambas especies eventos de mortalidad inusual (UME) (NOAA, 2019a,b).

En crías de lobo marino de California se sugirieron cambios en los hábitos de alimentación y probablemente un insuficiente aporte de micronutrientes (Flores-Moran et al. 2017) disminuyendo su competencia inmune en 2015 (Banuet-Martínez et al. 2017) así como un incremento en la concentración de hormonas asociadas a estrés (ej. cortisol) e inmunoglobulinas en organismos juveniles por un probable incremento en actividades de forrajeo durante 2015 respecto a 2016 (DeRango et al. 2019).

En otáridos se reportan cambios hematológicos y bioquímicos por colonias derivado de: (1) cambios en la dieta y deficiencias nutricionales que se relacionan con variaciones hematológicas y bioquímicas (Thompson et al. 1997); (2) diferencias en el tipo de patógenos a los que están expuestos por región, y por lo tanto, entre individuos (Greig et al. 2010); (3) disponibilidad de contaminantes (ej. PCBs) en el ambiente, y consecuentemente, de su exposición, lo cual altera la concentración total de leucocitos, hematocrito y eritrocitos totales (Neale et al. 2005), y (4) diferencias metabólicas entre individuos, y por lo tanto, entre sus parámetros bioquímicos (Trumble & Castellini, 2002).

La usencia de antecedentes de los valores hematológicos y bioquímicos en lobo fino de Guadalupe ha ocasionado que se utilice como de referencia los rangos establecidos en el lobo fino del Norte (*Callorhinus ursinus*) (Lander et al. 2000). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, podrían existir diferencias sanguíneas (Gregory, 2000) e inmunológicas asociadas a la condición nutricional y características metabólicas de cada especie (Lochmiller & Deerenberg, 2000).

Dado que el tejido sanguíneo es un biomarcador confiable e inmediato de cambios en la salud de los individuos (Dierauf & Gulland 2001; Castellini et al. 1993), el establecimiento de sus valores es relevante para conocer sus variaciones a través del tiempo y bajo distintas condiciones (ej. disponibilidad de alimento) así como características poblacionales (ej. estructura de edad) con el objetivo de predecir la capacidad de respuesta, y la probabilidad de supervivencia de una especie, especialmente bajo escenarios de calentamiento oceánico.

A continuación, se presentan los métodos y resultados obtenidos de las biometrías sanguíneas de lobo fino de Guadalupe en vida libre y algunos de sus similares varados en las costas de California durante el *Evento de Mortalidad Inusual* (UME) de la especie 2017 y 2018.

1.3 MATERIAL Y MÉTODOS

a) Área de estudio

La zona de Punta Sur se localiza al sur de Isla Guadalupe (28.882° N, 118.293° W) (Figura 1). Es una plataforma de origen volcánico de aproximadamente 20 km de longitud donde se reportan nacimientos anuales, cada verano (junio-agosto), así como una elevada densidad de individuos de lobo fino de Guadalupe (Gallo-Reynoso, 1994). Lo anterior facilitó su captura y la colecta del material biológico durante este estudio.

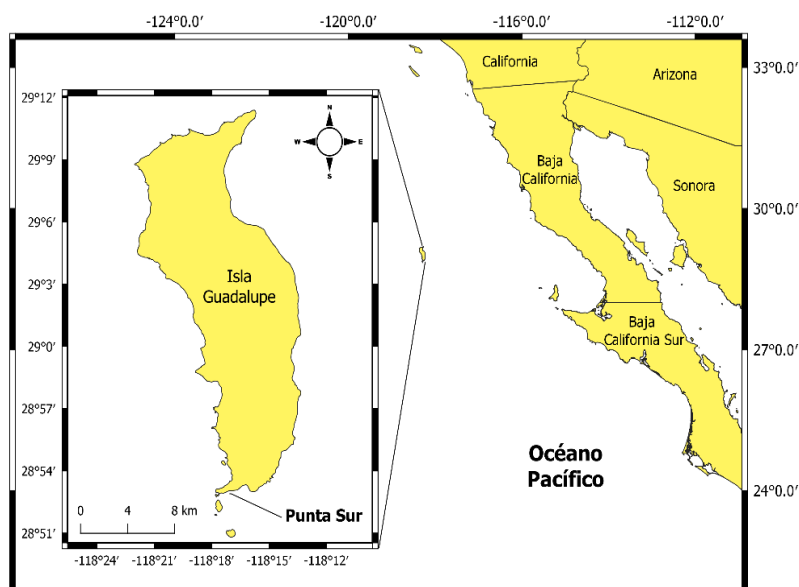


Figura 1. Zona de Punta Sur, Isla Guadalupe B.C. Sitio donde se realizó la captura, contención y la colecta de datos morfométricos y muestras biológicas de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) durante la temporada reproductiva 2013-2016 e invernal 2016 y 2017.

b) Método

El trabajo de campo se llevó a cabo durante la temporada reproductiva 2016 (junio-agosto) e invernal 2016 y 2017 (marzo-abril) en la zona de Punta Sur. En ambas temporadas se contó con el apoyo de la Secretaría de Marina de la segunda zona naval de Ensenada, B.C., cuyas instalaciones permanentes se localizan en esa área. La captura, contención, y manejo médico veterinario de individuos adultos, subadultos, juveniles y destetados de lobo fino de Guadalupe se realizó con ayuda de

investigadores y personal del Centro de Mamíferos Marinos (TMMC, EE.UU) y de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, EE.UU), de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la Reserva de la Biosfera Isla Guadalupe (CONANP-RIG) así como del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas perteneciente al Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) en La Paz, Baja California Sur, México.

1.3.1 Captura, contención y colecta de muestras sanguíneas

1.3.1.2 Neonatos

La captura y contención de los neonatos fue manual y no se utilizó ningún tipo de anestesia, siguiéndose protocolos estandarizados (Gentry & Holt, 1982). Posterior a su contención física se procedió a la desinfección de la zona glútea con iodopovidona, para la punción de la vena glútea mediante el sistema vacutainer con ayuda de agujas 22G x 1.4 "" (Dierauf & Gulland, 2001). La sangre se colectó en tubos con anticoagulante EDTA K2 (BD Vacutainer®) de 5ml, los cuales fueron correctamente identificados (# individuo, edad, sexo, fecha y zona de estudio), y colocados en una hielera hasta su procesamiento y análisis en las instalaciones de Punta Sur.

Al término de la colecta sanguínea se determinó el sexo, el peso (P) (kg), usando una báscula de 50 kg con precisión de 0.5 kg, y la longitud estándar (LE) (cm) mediante una cinta métrica convencional.

Posteriormente se realizó la exploración física (anamnesis) de cada individuo, la cual consistió en el monitoreo de las constantes fisiológicas (frecuencia cardíaca y respiratoria) cada 5 minutos, la observación y descripción del color de las mucosas, presencia de secreciones anormales (pus, sialorrea, sangre y fluidos gástricos), cuerpos extraños y lesiones.

1.3.1.3 Destetados, añeros juveniles y adultos

Para la captura y obtención de muestras sanguíneas durante la temporada invernal 2016 y 2017 de individuos de tallas y edades mayores se utilizaron redes específicas para la contención y traslado de otáridos de tallas mayores (Gulland & Dierauf, 2001).

Como paso siguiente se procedió a estimar el peso (P) (kg) con ayuda de una báscula digital. Posteriormente se estimó la dosis del gas anestésico de isoflurano en oxígeno con base en protocolos estandarizados (Heath et al. 1997; Yamaya et al. 2006). La analgesia total se alcanzó entre 5 y 8 min posterior a la inhalación del anestésico. Inmediatamente se procedió al retiro de red y la toma de medidas morfométricas, tales como: la longitud estándar (LE) (cm), mediante una cinta métrica convencional y la determinación del sexo.

Para la determinación de la clase de edad se consideraron las medidas morfométricas obtenidas y anteriormente descritas en lobo fino de Guadalupe, incluyendo la coloración (Gallo-Reynoso, 1994), y la presencia y nivel de desarrollo de los dientes caninos e incisivos (King et al. 2007). Se realizó la exploración física de cada individuo, la consistió en el monitoreo de las constantes fisiológicas (frecuencia cardíaca y respiratoria) cada 5 minutos. Por último, se procedió a la desinfección de la zona glútea con iodopovidona para la punción de la v. glútea mediante el sistema vacutainer con agujas 20G, 21G y 22G, x 1" a 1.5", y tubos (BD Vacutainer®) con anticoagulante (EDTA) (#1) y sin anticoagulante (#2) (Dierauf & Gulland, 2001) (Figura 2).

Finalmente, los tubos con algún aditivo y anticoagulante fueron agitados manualmente durante 5 minutos para evitar la coagulación de la muestra. Estos fueron correctamente identificados (# individuo, edad, sexo, fecha y zona de estudio), y conservados en refrigeración para su posterior procesamiento, análisis hematológico y bioquímico correspondiente.



Figura 2. Venopunción (v. glútea) y colecta sanguínea de un individuo juvenil de lobo fino de Gudalupe (*A. philippii townsendi*). durante la temporada invernal 2017 en la zona de Punta Sur, Isla Guadalupe.

1.3.2. Procesamiento de muestras sanguíneas

1.3.2.1 Biometría hemática

1.3.2.2 Hematocrito (Hct%)

Para la determinación de hematocrito se extrajeron 120µl de sangre venosa con anticoagulante (EDTA) mediante tubos de hematocrito con heparina Kimble® 40A502 Posterior al llenado capilar se sellaron en un extremo con masilla CRITOSEAL®, se centrifugaron en una centrifuga de microhematocrito, HemataSTAT® C-70 durante 1min a 6727rpm. Así mismo se efectuó su lectura manual para corroborar los resultados mediante una carta lectora de microhematocrito (Thrall et al. 2012). En cada caso se hizo un duplicado por individuo.

1.3.2.3 Conteo leucocitario y eritrocitario total

La determinación del total de eritrocitos (células rojas) y leucocitos (células blancas) se realizó mediante microscopia con contraste de fase con ayuda de un hematocitómetro (cámara de Neubauer). Esta técnica es ampliamente utilizada en los recuentos celulares en la clinica veterinaria, y es considerada sencilla, confiable y segura ya que permite establecer la concentración celular por 1 mm³ de sangre del individuo (Thrall et al. 2012) y al mismo tiempo se utiliza como apoyo en la identificación de procesos infecciosos y no infecciosos. Para conocer la concentración de eritrocitos totales (ET) por microlitro sanguíneo, se adicionaron 10µl de sangre en

1.99ml de cloruro de sodio al 0.85% (1:200) en crioviales de 2ml. Para el conteo de leucocitos totales (LT), se adicionaron 20µl de sangre en 1.98ml de solución de Turk (1:100) en crioviales de 2ml. Todos los crioviales se identificaron con la clave de cada individuo, agitándose suavemente y dejándose reposar por 10min.

Posteriormente con ayuda de una micropipeta, se obtuvieron 10µl de cada muestra, y se colocaron en la cámara de Neubauer, se dejó reposar por 5min para proceder al conteo celular mediante microscopio óptico a 10x mediante. Para la determinación total de células rojas y blancas por microlitro sanguíneo se utilizaron protocolos establecidos, los cuales estiman el número de células a una concentración establecida del diluyente (Turk y NaCl), y el volumen (superficie/profundidad) de la cámara de Neubauer (Thrall et al. 2012).

1.3.2.4 Conteo leucocitario diferencial

Durante el trabajo en campo, del volumen total de sangre venosa (EDTA) colectada por individuo (10-15 ml) de lobo fino de Guadalupe se extrajeron 5 µl mediante una pipeta estéril para realizar un frotis sanguíneo por duplicado (Thrall et al. 2012). Estos se secaron al aire libre para posteriormente ser fijados en metanol durante 1 min, y finalmente embalsarse para proceder a su tinción en el laboratorio de morfofisiología de CICIMAR-IPN.

En el laboratorio de Morfofisiología se los frotis fueron teñidos con Wright-Giemsa (WG) SIGMA-ALDRICH®. Las laminillas se colocaron en posición horizontal sobre una gradilla donde se les adicionó 1ml de WG, y se dejaron reposar por 1.5 min para posteriormente adicionar 1ml de agua desionizada por 3 min, y por último, ser aclaradas con agua desionizada con ayuda de una pipeta estéril (Locquin & Langeron, 1978; Brown et al. 1993). Al término de su deshidratación y de acuerdo con protocolos estandarizados se procedió al montaje de cada laminilla (Locquin & Langeron, 1978) con ayuda de Cytoseal 280 Richard Allan Scientific.

Para el conteo diferencial celular se siguieron protocolos estandarizados descritos por Carr & Rodak (2014). Donde con ayuda de un microscopio óptico Axioskop Zeiss a un objetivo 10x se evaluó la calidad de cada frotis y seleccionar el área donde se efectuaría el conteo diferencial. Finalmente, a un objetivo de 100x en forma de zig-zag se contabilizaron 100 leucocitos y se diferenció de acuerdo a la descripción de cada tipo celular (neutrófilo segmentado, linfocito, monocito, eosinófilo y basófilo) (Jain, 1993; Reagan et al. 1999) para obtener el valor relativo, y posteriormente estimar el valor absoluto por clase celular, es decir, su concentración por microlitro de sangre, se multiplicó el total de leucocitos (leucocito total) (LT) obtenido mediante la cámara de Neubauer por el tipo celular, y se dividió entre 100 (total conteo total diferencial de células) (Thrall et al. 2012).

1.3.3 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statistic version 8.0. Se determinó la normalidad de los datos por parámetro sanguíneo mediante la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Lilliefors, y de homocedasticidad (prueba de Levene). Los datos con distribución normal fueron analizados mediante el análisis de varianza de una vía (ANOVA), y la Prueba de Tukey HSD con el objetivo de establecer diferencias entre clase de edad, interanuales y entre sexos. A los datos no paramétricos, se les aplicó la prueba de Kruskal-Wallis estimar diferencias entre clases de edad y de Mann-Whitney para estimar diferencias interanuales y entre sexos.

Para establecer los valores (media, mediana 0.95%IC) y rangos (min-máx.) por indicador sanguíneo según la clase de edad y el sexo, no se consideraron los valores outliers/extremos (Prueba de Grubbs) por variable (indicador) sanguínea y clase de edad. Para estimar diferencias interanuales (2016-2017) se incluyeron los valores extremos/outliers. Se realizaron regresiones lineales entre algunos parámetros sanguíneos y el peso de los individuos.

1.4 RESULTADOS

1.4.1 Biometría hemática

1.4.1.2 Hematocrito (Hct%)

Se obtuvo el Hct% de algunos individuos (N= 159) durante la temporada invernal 2016 y 2017 (destetados, juveniles y adultos), y reproductiva 2016 (neonatos). De los cuales fueron: neonatos (N= 50, 2016); destetados (N= 59, 2016: $n= 30$, 2017: $n= 28$); añeros (N= 3, 2017); juveniles (N=25, 2017); subadultos (N=1, 2017), y adultos (N= 21: 2016: $n= 10$, 2017: $n= 11$) (Tabla 1).

Se estimaron diferencias entre clases de edad (Figura 3). Donde los neonatos exhibieron el menor valor ($p < 0.05$), respecto a subsecuentes clases de edad ($p > 0.05$). Se observó una relación significativa entre el Hct% y el peso de los individuos ($r^2 = 0.10$, $p < 0.01$) (Anexo 1). En estos análisis no se consideraron a los añeros (individuos de un año, $n= 3$) y al subadulto ($n= 1$) debido a los pocos datos disponibles.

No se encontraron diferencias asociadas al sexo por clase de edad (neonatos, destetados y juveniles) ($p > 0.05$). Finalmente, se encontraron diferencias interanuales entre las cohortes de adultos (2016: 53.1 ± 5.5 $n= 10$; 2017: 43.5 ± 2.2 , $n= 11$), y destetados (2016: 49.3 ± 3.4 , $n= 30$ y 2017: 41.3 ± 4.5 , $n= 28$) ($p < .05$); observándose en 2016 un mayor HCT respecto a 2017.

Tabla 1. Hematocrito (%) (media, desviación estándar, y valores mínimos y máximos) por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Clase de edad	Hematocrito (%)	Valores min-máx.
Neonato	40.9 ± 1.2 $n= 42$	29.9-50
Destetado	46.2 ± 1.6 $n= 49$	32.7-56
Añero	47.7 ± 1.9	47.6-47.9

Juvenil	45.5 ± 0.8 $n = 20$	36.2-50
Adulto	45.5 ± 2.7 $n = 16$	40-58



Figura 3. Hematocrito (%) (media, IC 95%) del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe. *(K.W, $p < 0.05$).

1.4.1.3 Conteo leucocitario y eritrocitario total

Se estimó la media y desviación estándar del total de eritrocitos (ET) ($10^6/\mu\text{l}$) y leucocitos (LT) ($10^3/\mu\text{l}$) por clases de edad ($N=109$) durante 2016 y 2017. De los cuales fueron: destetados ($N= 59$, 2016: $n= 28$, 2017: $n= 29$); añeros ($n= 3$, 2017); juveniles ($N= 25$, 2017); subadultos ($N= 1$, 2017) y adultos ($N= 21$: 2016: $n= 10$, 2017: $n= 11$) (Tabla 2 y Tabla 3).

La clase adulta presento la mayor concentración de ET, respecto a destetados y juveniles ($p < 0.05$) (Figura 4). Se detectó una relación débil pero significativa entre ET y el peso (kg) de los individuos. ($r^2=0.077$, $p < 0.02$), donde los más pesados (adultos) tuvieron una mayor concentración de ET.

Se identificaron diferencias interanuales ($p > 0.05$) en ET entre las cohortes de destetados (2016: 4.8 ± 0.5 , rangos: 3.1-5.6 $n = 30$ y 2017: 4.0 ± 0.4 , rango: 3.3-5.0 $n = 29$), y adultos (2016: 5.4 ± 0.6 , rango: 3.9-6.1 $n = 10$ y 2017: 4.3 ± 0.21 , rango: 4.0-4.7 $n = 10$), observándose una mayor concentración en 2016 respecto a 2017. No se identificaron diferencias asociadas al sexo en destetados y juveniles ($p > 0.05$).

Tabla 2. Eritrocito total ($10^6/\mu\text{l}$), media, desviación estándar, y valores mínimos y máximos por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Clase de edad	Eritrocito total ($10^6/\mu\text{l}$)	Valores min-máx.
Destetado	4.4 ± 0.15 $n = 41$	3.2-5.6
Añero		4.3-4.8
Juvenil	4.4 ± 0.22 $n = 22$	2.6-5.2
Adulto	4.5 ± 0.29 $n = 17$	3.9-6.1

En LT se observaron diferencias entre las medianas por clases de edad ($p < 0.05$) (Figura 5). Los juveniles presentaron la menor concentración ($p < 0.05$), respecto a destetados y adultos quienes exhibieron concentraciones similares ($p > 0.05$). Tampoco se observó una relación entre el P y LT ($p > 0.05$). No se identificaron diferencias asociadas al sexo en destetados y juveniles ($p > 0.05$). Se determinaron diferencias interanuales de LT entre las cohortes de destetados ($p < 0.05$), observándose en 2016 una mayor concentración respecto a 2017 (2016: 8.6 ± 3.2 , rango: 3.5-19.5 $n = 30$ y 2017: 6.2 ± 7.0 , rango: 2.5-27 $n = 29$). No se estimaron diferencias entre las cohortes de adultos (2016: 10.9 ± 9.6 , rango: 3.5-37.5 $n = 10$ y 2017: 6.4 ± 3.1 , rango: 2-13 $n = 10$) ($p > 0.05$).

Tabla 3. Leucocito total ($10^3/\mu\text{L}$) (mediana, y valores mínimos y máximos) por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Clase de edad	Leucocito total ($10^3/\mu\text{L}$)	Valores min-máx.
Destetado	7.2 (6.2-8.0) $n=45$	2.8-31.0
Añero		4.5-10
Juvenil	4.2 (3.2-6.2) $n=23$	2.5-31
Adulto	7.1 (5.2-8.3) $n=18$	3-13

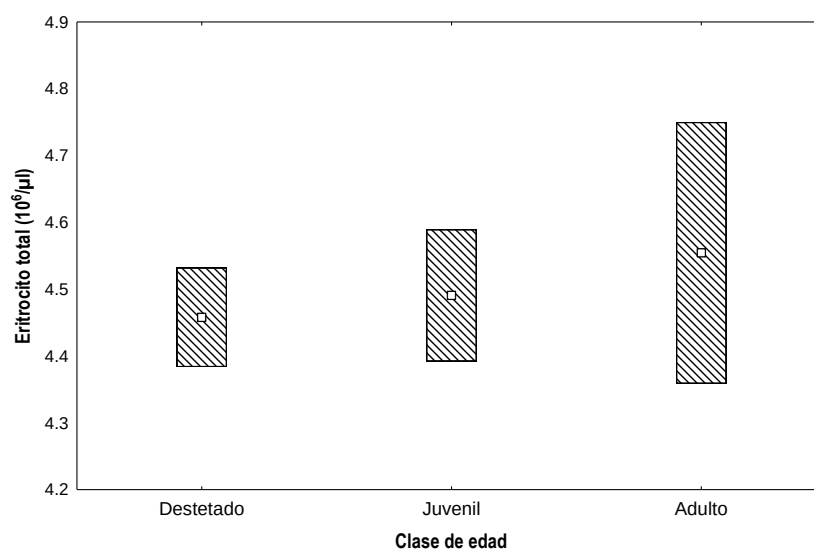


Figura 4. Eritrocito total ($10^6/\mu\text{L}$) (media 0.95% intervalo de confianza) por clase de edad de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

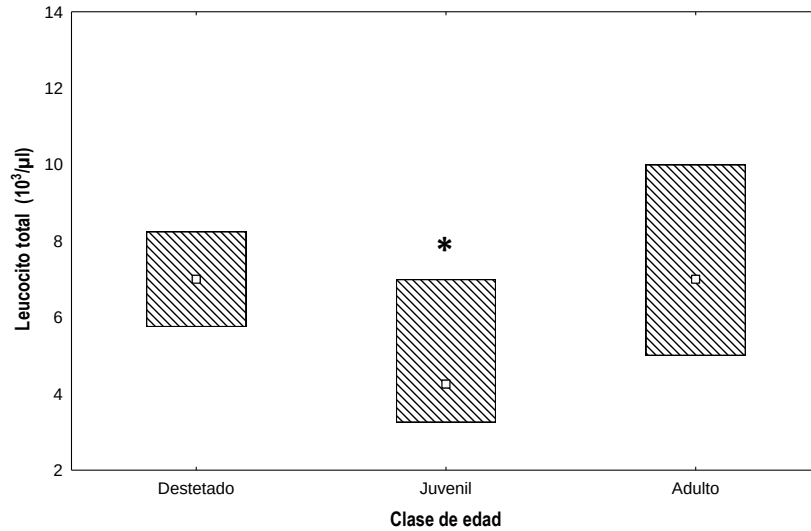


Figura 5. Leucocito total ($10^3/\mu\text{l}$) (mediana, 25-75%) por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe. *(K.W, $p < 0.05$)

1.4.1.4 Conteo leucocitario diferencial

Se observaron diferencias por clase de edad (neonatos, destetados, juveniles y adultos) en el valor relativo (%) del tipo celular (Tabla 4, ver anexo 1), y en los valores absolutos ($10^3/\mu\text{l}$) (destetados, juveniles y adultos) (Tabla 5).

El valor relativo (%) de los neutrófilos segmentados en neonatos y juveniles fueron los mayores valores observados ($p < 0.05$), respecto a destetados y adultos ($p < 0.05$), quienes presentaron valores similares ($p > 0.05$). Sin embargo, el recuento absoluto ($10^3/\mu\text{l}$) fue similar entre clases de edad (ANOVA, $p > 0.05$).

El valor relativo (%) de linfocitos fue mayor en destetados y juveniles ($p < 0.05$), y menor en neonatos y adultos ($p < 0.05$). El recuento absoluto ($10^3/\mu\text{l}$) (ANOVA, $p > 0.05$) fue mayor en destetados ($p < 0.05$), pero similar entre juveniles y adultos, quienes presentaron las menores concentraciones (Tukey-post hoc, $p > 0.05$).

El valor relativo (%) de eosinófilos fue mayor en adultos ($p < 0.05$) respecto a neonatos, destetados y juveniles, cuyos valores fueron similares y los menores entre

las clases de edad ($p > 0.05$). El recuento absoluto de eosinófilos ($10^3/\mu\text{l}$) fue mayor en adultos respecto a destetados y juveniles, cuyas concentraciones fueron similares (K-W, $p > 0.05$).

El valor relativo (%) de monocitos fue similar entre adultos, neonatos y destetados ($p > 0.05$) con los menores valores en juveniles ($p < 0.05$). El recuento absoluto ($10^3/\mu\text{l}$) (K-W, $p > 0.05$) fue distinto entre juveniles y destetados ($p < 0.05$), donde los últimos tuvieron la menor concentración. La clase adulta presento valores similares al de destetados y juveniles ($p > 0.05$).

Finalmente, se observaron diferencias interanuales (2016-2017) ($p < 0.05$) entre las clases celulares y los valores absolutos ($10^3/\mu\text{l}$) de las cohortes de destetados y adultos. Se observaron diferencias en los valores relativos (%) de neutrófilos segmentados entre las cohortes de destetados, reportándose en 2016 una menor media (49.8 ± 4.2 $n = 29$) respecto a la de 2017 ($42.9.0 \pm 5.8$ $n = 25$) ($p < 0.05$). Sin embargo, el valor absoluto ($10^3/\mu\text{l}$) no exhibió diferencias interanuales (2016: 3.8 ± 1.3 $n = 29$, y 2017 3.5 ± 3.7 $n = 25$) ($p > 0.05$). En la clase adulta no se observaron diferencias interanuales en su valor relativo (2016: 39.2 ± 6.8 , $n = 10$, y 2017: 43.9 ± 5.4 , $n = 10$) ($p > 0.05$), pero si en su valor absoluto (2016: 3.6 ± 1.3 , $n = 10$, y 2017: 2.5 ± 1.6 , $n = 10$) ($p < 0.05$), con una mayor concentración en la cohorte de 2016 respecto a la de 2017.

El valor relativo (%) y absoluto ($10^3/\mu\text{l}$) de eosinófilos entre las cohortes de destetados, fue mayor en 2016 (4.5 ± 2.8 y 0.39 ± 0.2 , $0.0-1.0$ $n = 29$), respecto a 2017 ($1.6.0 \pm 1.8$ y 0.11 ± 0.1 , $0.0-0.64$ $n = 25$) ($p < 0.05$). En adultos, el valor relativo (%) y absoluto ($10^3/\mu\text{l}$) también fue mayor en 2016 (2016: 15.1 ± 5.2 y 1.1 ± 0.47 , $0.48-1.87$ $n = 9$), respecto a 2017 (5.3 ± 6.0 y 0.37 ± 0.5 , $0-0.80$ $n = 10$) ($p < 0.05$).

El valor relativo (%) y absoluto ($10^3/\mu\text{l}$) de linfocitos fueron similares entre las cohortes de destetados (2016: 50.3 ± 6.8 y 4.3 ± 1.7 , $n = 29$ y 2017: 52.2 ± 5.5 y 4.1 ± 3.4 , $n = 25$). Sin embargo, entre las cohortes de adultos los valores fueron mayores en 2016 (48.1 ± 8.0 y 3.3 ± 1.6 , $n = 10$), respecto a 2017 (38.2 ± 10.7 y 2.6 ± 1.5 , $n = 9$) ($p < 0.05$).

El valor relativo (%) y absoluto ($10^3/\mu\text{l}$) de monocitos entre cohortes de destetados en 2016 fue mayor (4.3 ± 1.6 y 0.35 ± 0.1 $n = 29$) respecto a la de 2017

(0.18 ± 0.2 $n=29$) ($p < 0.05$). Similar a lo reportado en adultos, con una mayor concentración relativa (%) y absoluta ($10^3/\mu\text{l}$) en 2016 (5.5, 4-7 y 0.45, 0.20-0.66 $n=9$), respecto a 2017 (2, 1-3 y 0.10, 0.4-0.33 $n=10$) ($p < 0.05$). No se observaron diferencias entre clases celulares y el sexo de los individuos destetados ($p > 0.05$).

Tabla 4. Valor relativo (%) leucocitario (media, desviación estándar y rangos) por clases de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Clase Celular (%)	Neonato $n=41$	Destetado $n=43$	Añero $n=4$	Juvenil $n=19$	Sub adulto $n=1$	Adulto $n=18$
Neutrófilo Segmentado	48.0 ± 5.2 (40-59)	40.6 ± 2.3 (37-44)	43.3 ± 5.5 (37-47)	46.3 ± 2.4 (41-50)	48	41.5 ± 3.0 (36-46)
Linfocito*	43.4 ± 6.3 (32-53)	51.2 ± 1.9 (48-54)	49.6 ± 0.5 (49-50)	50.6 ± 2.4 (47-54)	45	45.3 ± 4.9 (37-53)
Monocito*	2.5 (2-3)	3 (3-4)	2 (0-3)	2.5 (1-2)	2	2.1 (2-5)
Eosinófilo*	2.4 ± 0.8 (1-5)	2.6 ± 0.7 (2-4)	3.6 ± 2.8 (2-7)	3.0 ± 1.4 (1-5)	4	9 ± 4.1 (3-14)
Basófilo**	0	1 (0-2)	0	0	0	0

*diferencias significativas $p > 0.05$

**mediana

Tabla 5. Valor absoluto ($10^3/\mu\text{l}$) leucocitario (media, desviación estándar y rangos) por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Clase de edad	Destetado <i>n</i> = 43	Añero <i>n</i> = 3	Juvenil <i>n</i> = 19	Subadulto <i>n</i> = 1	Adulto <i>n</i> = 18
Neutrófilo segmentado ($10^3/\mu\text{l}$)	4.2±0.7 (3.0-5.4)	2.9 (2.5-4.6)	3.6±1.2 (2.9-6.0)	2.5	4.2±0.6 (3.4-4.9)
Linfocito* ($10^3/\mu\text{l}$)	4.4±0.3 (4.0-4.9)	3.3 (2.2-5.0)	2.7±1.2 (1.2-6.2)	1.17	2.6±0.6 (2.0-3.6)
Eosinófilo * ($10^3/\mu\text{l}$)	0.33±0.05 (0.24-0.38)	0.22 (0-0.38)	0.14±0.18 (0.-0.72)	0.27	0.79±0.33 (0.33-1.2)
Monocito* ($10^3/\mu\text{l}$)	0.30±0.05 (0.21-0.38)	0.08 (0-0.16)	0.16±0.04 (0.12-0.24)	0.06	0.28±0.07 (0.20-0.36)

*diferencias significativas, $p > 0.05$

1.5 DISCUSIÓN

Aunque en pinnípedos de vida libre son pocos los trabajos donde se hayan relacionado el hematocrito y eritrocitos totales como indicadores de salud (Lander, 1998; Bossart et al. 2001; Seguel et al. 2016; Norberg et al. 2011) su disminución se ha asociado con cambios en el tipo y calidad nutricional de sus presas (Thompson et al. 1997), así como a la disminución de la eritropoyesis (Ince & Thorpe, 1976),

alteraciones en el metabolismo de grasas y carbohidratos (McCue, 2010), y con ayunos prolongados (Worthy & Lavigne, 1982).

En mamíferos marinos el hematocrito y los eritrocitos totales desempeñan un papel fundamental en la capacidad de transporte y almacenaje de oxígeno, y hábitos de alimentación (Costa et al. 2001; Richmond et al. 2006). Consecuentemente la edad se ha relacionado con sus valores, observándose los menores durante etapas tempranas (Horning & Trillmich, 1997; Trillmich et al. 2008; Richmond et al. 2005). Estos hallazgos coinciden con lo observado en neonatos de lobo fino de Guadalupe, estimándose el menor hematocrito, lo cual podría asociarse a que la leche materna es su única fuente de alimento (Oftedal, 1987).

En otáridos, la dependencia materna termina gradualmente y en paralelo con el desarrollo de actividades de nado y buceo, las cuales incrementan en frecuencia e intensidad hasta que ocurre el destete (Oftedal, 1987). Estas actividades favorecen el incremento del hematocrito y eritrocitos totales debido a sus implicaciones fisiológicas dentro del sistema hematopoyético (Bryden & Lim, 1969) ocasionando que posterior al destete los valores de hematocrito y de eritrocitos totales sean más cercanos a los de adultos (Kuhn et al. 2006). Esto coincide con lo reportado en el presente estudio, donde destetados, juveniles y adultos de lobo fino de Guadalupe exhibieron un hematocrito y eritrocito total similar entre clases de edad.

En algunas especies de lobos marinos similitudes entre el hematocrito y eritrocitos totales entre crías y destetados ya ha sido descrito, tal como en el lobo marino de California, donde crías cercanas al destete y adultos exhibieron valores similares (Weise & Costa, 2007), así como entre juveniles y adultos de lobo marino de Nueva Zelanda (*Phocarctos hookeri*) (Costa et al. 1998), y entre añeros y adultos de lobo fino de Galapagos (*Arctocephalus galapagoensis*) (Horning & Trillmich, 1997). La similitud entre el hematocrito de destetados, juveniles y adultos de lobo fino de Guadalupe podría asociarse a que desde jóvenes sus desplazamientos (NOAA, 2019a) son aparentemente tan largos como los de adultos (Lander et al. 2000) de acuerdo con recientes observaciones y registros de varamientos (NOAA, 2019a), lo cual podría relacionarse a sus hábitos de alimentación. Sin embargo, no se descarta

que otros parámetros sanguíneos, como la concentración de mioglobina sea distinta debido a su relación con el dimorfismo sexual y desarrollo muscular, que incluyen diferencias entre sexos (Weise & Costa 2007).

Los lobos de California (juvenil/adulto) clínicamente sanos exhiben un hematocrito de 34-54.9%, y eritrocito total de 3.6-4.9 μl (Roletto, 1993; Bossart et al. 2001), donde un hematocrito menor de 34% ha sido referente de anemia (Sherril et al. 2004; Kelly et al. 2005). De acuerdo con lo observado en destetados de lobo fino de Guadalupe los intervalos de hematocrito y eritrocito total fueron menores a lo reportado en el lobo marino de California. Sin embargo, en crías de lobo fino Sudamericano (*Arctocephalus australis*) clínicamente sanas se estimaron rangos menores a lo observado en el lobo marino de California (hematocrito: 30-48% y eritrocito total: 3.5–5.8 μl) (Seguel et al. 2016). En este sentido, se ha sugerido que podrían existir diferencias asociadas a características biológicas, ecológicas y morfológicas de cada especie (Burns et al. 2007; Trillmich et al. 2008; Costa et al. 2004; Weise & Costa 2007).

En un depredador oceánico como el lobo fino de Guadalupe, es probable que la amplitud de sus rangos de hematocrito y eritrocito total respecto a un costero lobo marino de California (Aurioles-Gamboa & Camacho-Ríos, 2007) se asocie con los distintos hábitos de alimentación.

Durante los varamientos de pinnípedos, los menores valores de hematocrito y eritrocitos totales resultan de traumas (ej. pérdida de sangre), infecciones, parasitosis e inanición en conjunto con la disminución de otros elementos bioquímicos (Bossart et al. 2001; Roletto, 1993; Williams, 2013). Estos hallazgos son frecuentes de observar durante cambios importantes en la disponibilidad y abundancia de presas, especialmente durante condiciones cálidas generadas por El Niño-Oscilación del Sur donde se reporta un incremento de varamientos de individuos jóvenes emaciados (Trillmich et al. 1991; Greig et al. 2005).

De acuerdo con los varamientos de lobo fino de Guadalupe de destetados durante el evento de mortalidad inusual descritos en el presente trabajo, es evidente

que el hematocrito y eritrocito total no solo está por debajo a lo reportado en el lobo marino de California (Roletto, 1993; Trillmich et al. 2008), sino también respecto a lo observado en destetados de lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe. Es probable que las consecuencias biológicas y ecológicas a lo largo del Pacífico noroeste (Cavole et al. 2016), generadas por la Mancha (2013-2015) (Di Lorenzo & Mantua, 2016), hayan contribuido al menor hematocrito y eritrocito total durante el evento de mortalidad inusual, asociados a los cuadros severos de malnutrición (NOAA, 2019b), y, por lo tanto, de deficiencias nutricionales, disminuyendo ambos parámetros sanguíneos.

Dada la similitud de los rangos observados de hematocrito y eritrocito total con otras especies de otáridos considerados sanos, y mayor a lo observado a los varones de sus similares durante el evento de mortalidad inusual así como su anamnesis, se propone que los valores observados en destetados y añeros de lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe sean considerados como rangos saludables en la subespecie. En contraste con otáridos destetados y adultos, en juveniles son escasos los estudios donde se utilicen indicadores hematológicos (Mellish et al. 2007). Lo que podría dificultar la interpretación clínica del presente trabajo. Sin embargo, la similitud de hematocrito y eritrocito total, así como la ausencia de alteraciones en otros parámetros hematológicos de juveniles de lobo fino de Guadalupe podría sugerir que estos exhiben rangos similares al de adultos, y que podrían ser considerados normales.

Por otro lado, aunque no hay información disponible de los valores de referencia de hematocrito y eritrocito total en adultos de lobo fino de Guadalupe, un trabajo publicado de una hembra en pobre condición corporal sin infecciones asociadas (Lander et al. 2000) se encontraron dentro de los valores estimados en hembras adultas de Isla Guadalupe, y a lo reportado en hembras lactantes sanas de lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), lobo fino del Norte (Norberg et al. 2011), y lobo fino de Juan Fernandez (*Arctocephalus philippii*) (Sepúlveda et al. 1999). Por lo tanto, se sugiere que los rangos observados en hembras adultas de lobo fino de Guadalupe

en Isla Guadalupe sean utilizados como de referencia durante la practica clinica veterinaria.

En pinnípedos, como en otros mamíferos, es de esperarse variaciones en la inmunidad, tanto entre especies e individuos (Kerr, 2002; Nunn et al. 2003), y durante fluctuaciones espacio-temporales asociadas a la exposición de patógenos (Lloyd-Smith et al. 2007). Al nacimiento los otáridos se caracterizan por una elevada actividad inmune (Day, 2007; Keogh et al. 2010). En crías de lobo fino Sudamericano (60 días de edad) (Seguel et al. 2016), y lobo marino de Galápagos (*Zalophus galapagoensis*) (6 meses) (Brock et al. 2013) se estimaron valores leucocitarios cercanos al de adultos. Coincidiendo con lo observado en el presente trabajo, donde los destetados presentaron un valor leucocitario similar a la clase adulta.

Durante la lactancia o previo al destete en pinnípedos se reporta un incremento leucocitario asociado al desarrollo del sistema mieloide y reticuloendotelial, como lo reportado en el elefante marino del Sur (*Mirounga leonina*) (Bryden & Lim, 1969) y la foca gris (*Halichoerus grypus*) (Hall et al. 2003). Lo anterior podría relacionarse al mayor valor leucocitario observado en destetados respecto a juveniles de lobo fino de Guadalupe. También se ha reportado una disminución leucocitaria durante las condiciones de ayuno en foca gris (Hall et al. 2003). Esta disminución también se observó en las cohortes de lobo fino de Guadalupe (destetados y adultos) durante 2017, cuyas bioquímicas sanguíneas indicaron que probablemente estaban bajo condiciones de ayuno en contraste con las cohortes de 2016 (ver capítulo 2).

Los rangos de leucocitarios estimados en destetados durante 2016 y 2017 son similares a lo reportado en destetados y adultos de lobo marino de Steller (*Eumetopias jubatus*) (Gerlinsky et al. 2018), y hembras lactantes de lobo fino del Norte (Norberg et al. 2011), así como hembras adultas y crías lactantes de foca arpa (*Phoca groenlandica*), foca capuchina (*Cystophora cristata*) (Boily et al. 2006), y crías de foca común (*Phoca vitulina richardsi*) (Lander et al. 2003). Sin embargo, se sugiere que existen variaciones leucocitarias importantes entre distintas especies asociadas a características evolutivas poblacionales (ej. dieta, longevidad etc.) (Nunn et al. 2003) lo cual debe ser considerado al momento de la comparación entre especies.

A pesar de la similitud leucocitaria en individuos destetados de lobo fino de Guadalupe durante el evento de mortalidad inusual, y los de Isla Guadalupe, los mayores rangos (mínimos y máximos) se observaron en crías del evento de mortalidad inusual. Esto ha sido descrito en la foca común, donde individuos de vida libre exhibieron rangos más estrechos respecto a los varamientos de sus similares, vinculándose a la probable presencia de infecciones subclínicas y estrés (Lander et al. 2003; Greig et al. 2010).

En 2016 algunos individuos de lobo fino de Guadalupe (destetados y adultos) se reportó un incremento de cortisol y corticosterona así como una reducción de triyodotironina por estrés agudo asociado a la captura de los individuos (DeRango et al. 2018); lo cual también se ha relacionado con un incremento leucocitario repentino en elefante marino del Norte (*Mirounga angustirostris*), debido a una contracción esplénica repentina y la liberación de una importante cantidad de células sanguíneas (Goldstein et al. 1998). Es posible que el estrés generado por el manejo de destetados y adultos de lobo fino de Guadalupe en 2016, haya contribuido a una mayor amplitud leucocitaria respecto a la cohorte de 2017.

En juveniles de otáridos se reporta una disminución importante leucocitaria, como lo observado en el lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018) y lobo marino de Galapagos (Brock et al. 2013) debido al estrés fisiológico (ej. inmunosupresión) generado por su restringida alimentación (Jeglinski et al. 2012), como consecuencia de sus limitantes fisiológicas y conductuales (Merrick & Loughlin, 1997; Richmond et al. 2006; Leung et al. 2014). Coincidiendo con la disminución leucocitaria observada en juveniles de lobo fino de Guadalupe. Durante esta clase de edad los individuos exhiben importantes desplazamientos (avistamientos en Washington, D.C.) (NOAA, 2019a) asociados a un su comportamiento migratorio y hábitos de alimentación (Riedman, 1990; Gallo-Reynoso et al. 2008), lo cual adquiere relevancia en condiciones de cambios en la disponibilidad y abundancia de sus presas principales, por lo que es frecuente de observar en esta clase de edad una menor tasa de supervivencia y cuadros de malnutrición asociadas a sus limitantes morfofisiológicas (Trillmich & Limberger, 1985).

No se descarta que las condiciones cálidas a lo largo del Pacífico noroeste (Di Lorenzo & Mantua, 2016), hayan contribuido a la disminución leucocitaria en juveniles de lobo fino de Guadalupe. Sin embargo, los rangos son similares a lo observado en juveniles sanos de lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018), y lobo marino de Galápagos (Brock et al. 2012).

Durante la clase adulta de mamíferos se reporta una madurez del sistema inmune e involución de tejidos linfoides, ocasionando un declive en la producción leucocitaria (Makinodan & Kay, 1980; Torroba & Zapata, 2003). Aunque en pinnípedos son escasos este tipo de estudios (Cavagnolo, 1979), en hembras lactantes de lobo marino de Steller se reportó una menor concentración leucocitaria respecto a la de juveniles y destetados (Gerlinsky et al. 2018), y en el lobo fino Sudamericano similar al de sus crías (Seguel et al. 2016). Coincidiendo con lo reportado en el lobo fino de Guadalupe.

Las hembras adultas de lobo fino de Guadalupe exhibieron una concentración leucocitaria menor respecto a otras especies, como el lobo marino de California (Roletto et al. 1993) y lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016) pero dentro de los valores observados en el lobo fino del Norte (Norberg et al. 2011), lobo marino de Galápagos (Brock et al. 2013), y lobo marino de Australia (*Neophoca cinerea*) (Needham et al. 1980), y mayor respecto a lo observado en otra hembra adulta de lobo fino de Guadalupe, cuyo varamiento se asoció a malnutrición (Lander et al. 2000). Se sugiere que el valor observado leucocitario sea considerado dentro de rangos saludables.

Las variaciones en la concentración de la clase leucocitaria entre clases de edad y temporadas son de esperarse. En mamíferos marinos estas diferencias se han asociado con: 1) características de su hábitat, y, 2) características fisiológicas y etológicas que incluyen variaciones interindividuales (Thompson et al. 1997; Beineke et al. 2010; Brock et al. 2013). De acuerdo con el presente estudio, la mayor concentración linfocitaria se observó en destetados con valores similares entre cohortes (2016 y 2017), seguido de juveniles y adultos. Estas diferencias ya han sido descritas en el elefante marino del Norte donde destetados exhibieron la mayor

concentración respecto a juveniles y adultos (Yochem et al. 2008). Sin embargo, en el lobo marino de Steller los adultos fueron quienes exhibieron la mayor concentración linfocitaria seguido de destetados y juveniles (Gerlinsky et al. 2018), y en lobo fino Sudamericano los valores linfocitarios entre hembras lactantes y crías fueron similares (Seguel et al. 2016).

A pesar de las diferencias entre especies, los rangos linfocitarios observados en hembras adultas de lobo fino de Guadalupe, así como sus diferencias interanuales coinciden con lo reportado en los rangos establecidos en el lobo marino de Australia (Needham et al. 1980), lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), y ligeramente mayor a lo reportado en el lobo fino del Norte (Norberg et al. 2011). De acuerdo con los rangos observados en el lobo fino de Guadalupe, y otras especies, es posible que las diferencias interanuales del lobo fino de Guadalupe sean parte de la misma variabilidad en la subespecie.

Por otro lado, en otáridos juveniles, este tipo de estudios son escasos. Sin embargo, los valores de juveniles de lobo fino de Guadalupe fueron similares al de hembras adultas de lobo fino de Guadalupe y lobo marino de Australia (Needham et al. 1980). En el lobo marino de California se ha relacionado el incremento en la concentración linfocitaria al estilo de vida de juveniles, los cuales exhiben un característico comportamiento exploratorio asociado con sus hábitos y necesidades alimenticias (Weiss & Costa, 2007). Esto los expone frecuentemente a distintos ambientes que incluyen nuevos patógenos y, por lo tanto, una importante inmunoestimulación, observándose un incremento linfocitario (Norman et al. 2008; Zuerner et al. 2009).

El lobo fino de Guadalupe presenta una elevada capacidad de desplazamiento, similar a lo observado en adultos (Lander et al. 2000). El impacto biológico generado por las recientes condiciones ambientales a lo largo del Pacífico noroeste (Cavole et al. 2016) en conjunto con la inexperiencia y su crecimiento durante eventos estresantes (ej. cambios en la disponibilidad de alimento) (Trillmich & Donnelly, 2003; Jeglinski et al. 2012) son factores que pudieron haber influido en la similitud en su concentración linfocitaria respecto adultos.

La concentración linfocitaria en destetados de lobo fino de Guadalupe fue similar al de añeros, cuyas concentraciones se reportaron dentro de los rangos observados en crías (3 meses), y hembras lactantes sanas de lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016) así como de adultos de lobo marino de Australia (Needham et al. 1980). En otáridos recién nacidos la mayor concentración leucocitaria se asocia con la proliferación inmediata de tejidos linfoides y a la inmunidad adquirida a través de la leche materna (Ross et al. 1993). En destetados, la calidad de su lactancia aunado a sus nuevas necesidades nutricionales/energéticas y hábitos de alimentación (Lee, 1996) los expone a nuevos desafíos inmunológicos (ej. patógenos), y a una importante actividad inmune (Hall et al. 2002; Lalancette et al. 2003), especialmente a través de su dieta (Colegrove et al. 2005; Greig et al. 2005; Buhnerkempe et al. 2017). Aunque en el lobo fino de Guadalupe se desconoce esta información, es probable que nuevos hábitos de alimentación y comportamiento pudiesen influir en una mayor concentración linfocitaria.

Durante el evento de mortalidad inusual, las crías de lobo fino de Guadalupe exhibieron una menor concentración linfocitaria respecto a destetados de Isla Guadalupe, quienes presentaron valores similares al de hembras lactantes de lobo fino del Norte (Norberg et al. 2011), y crías lactantes de lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016) incluyendo la ausencia de diferencias entre cohortes (2016 y 2017). Este tipo de hallazgos son frecuentes de observar durante varamientos. En foca común se estimó una menor concentración linfocitaria respecto a sus similares en vida libre, sugiriendo una disminución en su estimulación inmune (Lander et al. 2003). No es de sorprender que individuos sanos exhiban una mayor concentración linfocitaria respecto a enfermos (Schultze, 2010), lo cual podría relacionarse a lo observado en destetados de lobo fino de Guadalupe de Isla Guadalupe.

Por otro lado, la mayor concentración de eosinófilos se observó en adultos de lobo fino de Guadalupe, seguido de destetados y juveniles, con la mayor amplitud de sus rangos en juveniles. En especies de vida libre (Wakelin, 1996) incluyendo otáridos (Bossart et al. 2001) la concentración de eosinófilos se reporta como uno de los cambios leucocitarios característicos de la edad y dieta, debido a una mayor

exposición a macroparásitos (Castinel et al. 2007; Norberg et al. 2011; Brock et al. 2013). La concentración de eosinófilos en destetados, añeros, juveniles y el subadulto de lobo fino de Guadalupe se reportaron dentro de los rangos observados en individuos sanos de lobo marino de California en cautiverio (Bossart et al. 2001), y hembras lactantes de lobo fino del Norte en vida libre (Norberg et al. 2011) e incluso a lo reportado en una hembra adulta de lobo fino de Guadalupe (Lander et al. 2000).

Aunque se han observado diferencias en la concentración de eosinófilos entre clases de edad, por ejemplo, entre destetados y añeros de foca arpa (Hall, 1998) así como entre juveniles de lobo marino de Galápagos de acuerdo con la localización de su colonia y la dieta (Brock et al. 2013). Los resultados del presente estudio podría sugerir que las parasitosis en destetados de lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe no representaron un problema de salud durante 2016 y 2017. Esto también de acuerdo con la concentración total de eosinófilos estimada en destetados de lobo fino de Guadalupe durante el evento de mortalidad inusual, quienes exhibieron una mayor amplitud en sus rangos, y una media menor a lo observado en destetados y juveniles de Isla Guadalupe.

En algunas especies de otáridos se ha reportado una mayor infestación parasitaria en individuos con mejor condición corporal respecto a los de menor condición, como lo observado en el lobo marino de California (Lyons et al. 2005), lobo fino de Juan Fernández (*Arctocephalus philippii philippii*) (Sepúlveda, 1998) y lobo fino del Norte (Lyons et al. 2001). Aunque en otras especies no han observado esta relación, como el lobo marino de Nueva Zelanda (Castinel et al. 2007). Es probable que la mayor amplitud de eosinófilos observada en lobo fino de Guadalupe durante el evento de mortalidad inusual se asocie a su menor condición física y salud, derivado de los cambios en la abundancia de sus presas (NOAA, 2019a).

En contraste con destetados y juveniles de lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe, las hembras adultas exhibieron eosinofilia durante 2016, con una mayor media respecto a 2017 y a lo anteriormente descrito en una hembra adulta de lobo fino de Guadalupe en pobre condición corporal (Lander et al. 2000). Una eosinofilia por microfilariosis ha sido descrita en hembras adultas de lobo fino del Norte (Norberg et

al. 2011), con valores similares a lo observado en las hembras adultas de lobo fino de Guadalupe. Sin embargo, las diferencias en los valores de eosinófilos podrían vincularse a factores inherentes inmunológicos de cada individuo, así como a la intensidad y patogenicidad de los parásitos (Marcus et al. 2015b).

El lobo fino de Guadalupe es una especie con preferencia teutófaga (Gallo-Reynoso & Esperón-Rodríguez, 2013) que incluye el consumo del calamar gigante (*D. gigas*) y opalescente (*D. opalescens*) (Hernández, 2009; Amador-Capitanachi et al. 2017), donde ya se han reportado infestaciones parasitarias y de riesgo para la salud de sus depredadores (Shukhgalter & Nigmatullin, 2001; Nadlet et al. 2005; Abollo et al. 2018), y se ha sugerido que condiciones cálidas en ecosistemas terrestres y marinos podrían exacerbar la presencia de parásitos (Harvell et al. 1999; Pickles et al. 2013) así como una mayor susceptibilidad de los huéspedes (estrés o inmunocompetencia) (Harvell et al. 2002).

Las recientes condiciones cálidas a lo largo del Pacífico noroeste ocasionaron cambios en la distribución y abundancia de algunas especies, que incluyen calamares (*D. gigas* y *D. opalescens*) (Cavole et al. 2016); con probables migraciones norteñas a lo largo de la corriente de California, coincidiendo temporal y espacialmente con los varamientos ocurridos de destetados y juveniles de lobo fino de Guadalupe a lo largo de California (NOAA 2019ab). Aunque no se realizaron trabajos parasitológicos durante esos años un estudio a partir de análisis isotópicos en pelo de crías de lobo fino de Guadalupe, sugirieron viajes más oceánicos en hembras lactantes durante 2015 respecto a 2014 (Elorriaga-Verplancken et al. 2016). Este hallazgo probablemente indique modificaciones en su comportamiento alimentario, lo cual es posible partiendo del hecho de que se reporta una diversificación de hábitos alimentarios natural en la subespecie (Juarez-Ruiz et al. 2018).

Sin embargo, son también los cambios en los hábitos de alimentación de sus presas los que pudiesen representar una fuente de exposición directa al lobo fino de Guadalupe en términos de intensidad y diversidad parasitaria, especialmente bajo condiciones anómalas (Marcogliese et al. 2008). El incremento de proteína total en las cohortes de adultos de lobo fino de Guadalupe en 2016, podría sugerir una mayor

actividad inmune (Dierauf & Gulland, 2001) relacionado a la eosinofilia observada, lo cual podría reflejar una mayor exposición parasitaria durante 2016. Sin embargo, recientemente la eosinofilia en conjunto con signología nerviosa (ej. ataxia) se ha vinculado con toxicosis por ácido domoico en el lobo marino de California (Gulland et al. 2002).

El ácido domoico está asociado con florecimientos algales, especialmente por *Pseudo-nitzschia*, reportándose un florecimiento en la Bahía Monterey, California (2014-2016) (Ryan et al. 2017), y a lo largo de la costa oeste de California en 2015; así como un importante número de varamientos multiespecíficos, incluido de lobo marino de California (McCabe et al. 2016). Durante 2014 y 2015 en crías de lobo marino de California de San Benito, B.C., se observó eosinofilia sin signología nerviosa lo cual sugiere una exposición intrauterina (Banuet-Martínez et al. 2017), que es capaz de estimular una importante producción de eosinófilos durante cuadros clínicos y subclínicos de toxicosis (Schwacke et al. 2010; Gulland et al. 2012) donde la clase adulta la más afectada (Goldstein et al. 2007). Los individuos de lobo fino de Guadalupe capturados durante este estudio no exhibieron signología nerviosa previo, durante y posterior al manejo médico. Se sugiere que se realicen más estudios (espacio-temporales) toxicológicos para evaluar el efecto durante estos florecimientos entre clases de edad, y su relación con la concentración de eosinófilos.

A pesar de la similitud en los valores de monocitos entre destetados, juveniles y hembras adultas de lobo fino de Guadalupe estos se encontraron dentro de los rangos observados en hembras adultas sanas de lobo fino del Norte (Norberg et al. 2011), lobo fino de Australia (Needham et al. 1980) y lobo fino Sudamericano, donde en este último los valores entre hembras adultas y crías fueron similares (Seguel et al. 2016). Los cambios ontogénicos monocitarios han sido descritos en otáridos, como el lobo marino de Steller donde destetados exhibieron el segundo valor más alto (después de crías lactantes), seguido de juveniles (Gerlinsky et al. 2018). Sin embargo, en destetados de foca común en vida libre se estimaron los mayores valores (monocitos y eosinófilos) respecto a juveniles, sugiriendo cambios asociados a su dieta, y, por lo tanto, una exposición parasitaria temprana (ej. destetados) y reacción

inflamatoria (Greig et al. 2010). Estos hallazgos coincidieron con lo observado en el presente estudio, donde juveniles exhibieron los menores valores de monocitos y eosinófilos, respecto a destetados.

Los valores interanuales (2016 y 2017) de monocitos en destetados y adultos de lobo fino de Guadalupe se encontraron dentro de lo reportado en otras especies de otáridos, a pesar de su incremento en 2016 (Needham et al. 1980; Norberg et al. 2011; Seguel et al. 2016). Al comparar los valores de destetados del evento de mortalidad inusual y los individuos en Isla Guadalupe, durante el evento de mortalidad su media fue menor. A pesar de las diferencias entre ambos grupos sus rangos han sido reportados en organismos sanos de lobo fino del Norte (Norberg et al. 2011), y lobo marino de Australia (Needham et al. 1980). Una menor concentración monocitaria a partir de varamientos de pinnípedos también ha sido descrita en el elefante marino del Norte y la foca común (Roletto et al. 1993), siendo células no muy abundantes y cuya presencia se asocia con inflamación aguda o crónica (Greig et al. 2010).

Aunque no se estimaron diferencias en el valor absoluto de neutrófilos segmentados entre clases de edad de lobo fino de Guadalupe, a pesar de su incremento en adultos durante 2016. Las medias y rangos observados se encontraron ligeramente por debajo o dentro de los valores reportados en hembras adultas de lobo fino del Norte (Norberg et al. 2011), lobo marino de Australia (Needham et al. 1980), y lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016). Por lo tanto, se sugiere que sean considerados como parte de la misma variabilidad en la subespecie.

Los basófilos no son células abundantes y los rangos observados en el presente trabajo coinciden con lo reportado en otras especies (Norberg et al. 2011; Needham et al. 1980; Seguel et al. 2016); incluido el lobo fino de Guadalupe (Lander et al. 2000; NOAA, 2019a). Estas ligeras diferencias entre especies podrían asociarse a la misma variabilidad presente, y no a procesos patológicos.

Así mismo, la ausencia de diferencias entre sexos y distintas clases de edad en el leucocito total, linfocitos, eosinófilos y neutrófilos, ya ha sido reportado en especies, tales como el elefante marino del Norte (Yochem et al. 2008), lobo marino de

Galápagos (Brock et al. 2013), y lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016). Finalmente, es importante considerar que la variación de los valores hematológicos podría estar asociado al manejo de los individuos (captura y contención), lo cual se ha reportado que incrementa la circulación de neutrófilos, linfocitos y monocitos (Stockham & Scott, 2013) así como por el uso de anestesia inhalada (Heard et al. 1998), lo cual no se descarta que haya contribuido en los valores sanguíneos reportados en este estudio.

1.6 CONCLUSIONES

1. Los cambios ontogénicos y las diferencias interanuales (2016-2017) de hematocrito y eritrocitos totales del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) son similares a los rangos observados en otras especies de otáridos clínicamente sanos, que podrían asociarse al estilo de vida inherente de cada clase de edad, así como a distintos grados de deshidratación.

2. La mayor concentración de leucocitos en destetados y adultos de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) durante 2016 podría sugerir una mayor actividad inmune respecto a 2017.

3. La concentración de neutrófilos, basófilos, monocitos y linfocitos entre clases de edad del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*), y entre años (2016-2017) son similares a los rangos observados en otras especies de pinnípedos clínicamente sanas.

4. La mayor concentración de leucocitos totales, eosinófilos y monocitos en destetados de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en 2016 respecto a 2017 podría reflejar una mayor actividad inmune.

5. La mayor concentración de eosinófilos en adultos lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) durante 2016 en conjunto con la mayor contracción leucocitaria podría sugerir una mayor inmunoestimulación, probablemente parasitaria.

6. El sexo no se relacionó con ningún parámetro hematológico en destetados y juveniles de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) durante la temporada invernal 2016 y 2017.

Anexo 1.
Hematología

A. Conteo celular diferencial mediante extension periferica

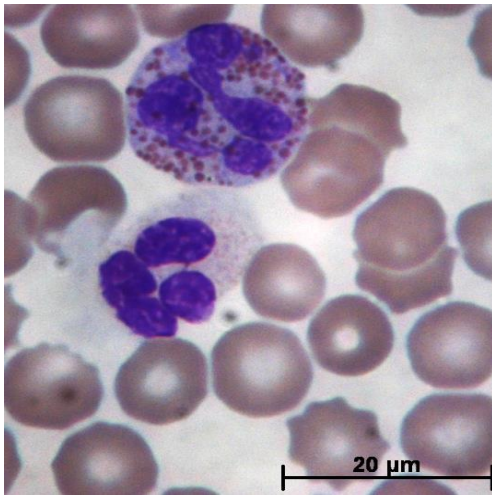


Figura A. Neutrofilo segmentado (izquierda) ($16.2 \pm 1.8 \mu\text{m}$) y eosinófilo (derecha) de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*). Frotis sanguíneo, (100x) de individuo destetado macho capturado durante la temporada invernal 2016 en Isla Guadalupe.

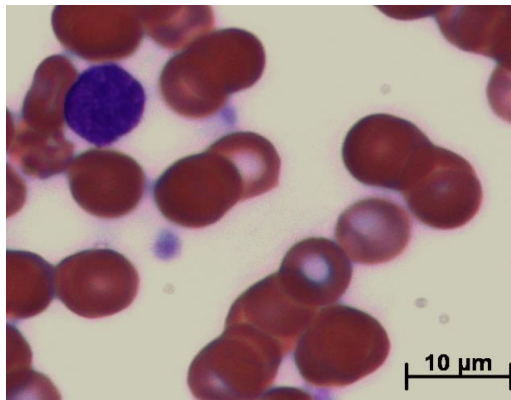


Figura B. Linfocito ($9.7 \pm 0.9 \mu\text{m}$) de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*). Frotis sanguíneo (100x) de individuo destetado macho capturado durante la temporada invernal 2016 en Isla Guadalupe.

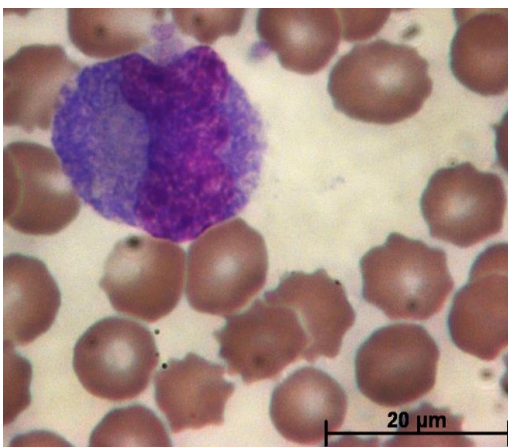


Figura C. Monocito ($19.1 \pm 1.2 \mu\text{m}$) de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*). Frotis sanguíneo (100x) de individuo destetado macho capturado durante la temporada invernal 2016 en Isla Guadalupe.

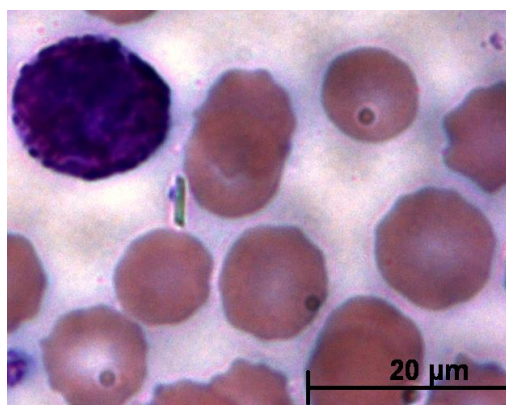


Figura D. Basófilo ($11.9 \pm 0.8 \mu\text{m}$) de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*). Frotis sanguíneo (100x) de un individuo destetado macho durante la temporada invernal 2016 en Isla Guadalupe.

B. Valores de hematocrito (%) y eritrocito total ($10^6/\mu\text{l}$) reportados en otáridos.

Tabla A. Valores de hematocrito reportados en crías de otáridos en vida libre.

Especie	Edad (días)	Hematocrito (%)	Eritrocito ($10^6/\mu\text{l}$)	Sitio	Fuente
Lobo fino de Juan Fernández (<i>Arctocephalus philippii philippii</i>) $n=12$	20 ± 0.8	39 ± 5	ND	Isla Alejandro Selkirk, Chile	Sepúlveda et al. 1999
Lobo fino de Galápagos (<i>Arctocephalus galapagoensis</i>) $n=50$	50-60	H: 43.1 ± 3.14 M: 41.3 ± 3.0	H: 4.9 ± 0.3 M: 5.6 ± 0.3	Isla Galapagos Ecuador	Horning & Trillmich, 1997
Lobo fino Sudamericano (<i>Arctocephalus australis</i>) $n=99$	60	38.5 ± 4.2 (30–48)	4.2 ± 0.7 (3–5.9)	Isla Guafo, Chile	Seguel et al. 2016 *Majluf, 1992
Lobo fino del Norte (<i>Callorhinus ursinus</i>) $n=24$	50-60	46 ± 5.0 (35–55)	4.6 ± 0.6 (3.50–5.80)	Isla St. Paul, Alaska	Bossart et al. 2001.
Lobo fino australiano (<i>Arctocephalus pusillus doriferus</i>) $n=9$	3-60	34.7 ± 1.6	ND	Isla Kanowna, Australia	Spence-Bailey et al. 2007
Lobo marino de Galápagos (<i>Zalophus wolfebaeki</i>) $n=58$	40	30.7 ± 4.6	ND	Isla Galapagos, Ecuador	Trillmich et al. 2008

ND: No determinado

Tabla B. Valores de hematocrito reportados en destetados de otáridos en vida libre

Especie	Hematocrito (%)	Buceo (metro)	Eritrocito ($10^6/\mu\text{l}$)	Sitio	Fuente
Lobo fino del Norte (<i>Callorhinus ursinus</i>) $n=6$	ND	10 (2 -50)	ND	Islas Pribilo, Alaska	Baker, 2007
Lobo marino de California (<i>Zalophus californianus</i>) $n=9$	52.4 $\pm$ 0.9	ND	ND	Isla San Miguel, California	Kuhn et al. 2006

ND: No determinado

Tabla C. Valores de hematocrito reportados en añeros (1- 1.9 años) de otáridos en vida libre.

Especie	Hematocrito (%)	Eritrocito ($10^6/\mu\text{l}$)	Sitio	Fuente
Lobo fino de Galápagos (<i>Arctocephalus galapagoensis</i>) $n=56$	47.9 $\pm$ 3.2	5.6 $\pm$ 0.33	Isla Galapagos, Ecuador	Horning & Trillmich, 1997
Lobo marino de Galapagos (<i>Zalophus wolfebaeki</i>) $n=25$	35(42-34)	ND	Isla Galapagos, Ecuador	Trillmich et al. 2008

ND: No determinado

Tabla D. Valores de hematocrito reportados en juveniles de otáridos en vida libre.

Especie	Hematocrito (%)	Buceo (metro)	Eritrocito ($10^6/\mu\text{l}$)	Sitio	Fuente
Lobo fino de Galápagos (<i>Arctocephalus galapagoensis</i>) $n=18$	50.4	19-30*	57	Isla Galapagos, Ecuador	Horning & Trillmich, 1997; 1999*
Lobo fino de Juan Fernández (<i>Arctocephalus philippii</i>) $n=2$	61(59-63)	ND	ND	Isla Alejandro Selkirk, Chile	Sepúlveda et al. 1999
Lobo marino de Galápagos (<i>Zalophus wolfebaeki</i>) $n=30$	53 $\pm$ 4(47-62)	32.2 $\pm$ 4.7*	ND	Isla Galapagos Ecuador	Páez-Rosas et al. 2016

					*Jeglinski et al. 2012
Lobo marino de Steller (<i>Eumetopias jubatus</i>) n= 6	43.0±0.7	28±5	3.9±0.11	Prince William Sound, Alaska	Mellish et al. 2007
Lobo marino de California (<i>Zalophus californianus</i>) n= 12	42-47	10-50*	ND	Islas Canal California	Weise & Costa, 2007 *McHuron, 2018

ND: No determinado *vida libre/cautiverio

Tabla E. Valores de hematocrito (%) reportados en adultos de otáridos en vida libre.

Espece	Hematocrito (%)	Peso (kg)	Eritrocito (10 ⁶ /μl)	Sitio	Fuente
Lobo fino de Galápagos (<i>Arctocephalus galapagoensis</i>) n= 46	48.53 ±3.3	28.52±3.34	5.37±0.4	Isla Galapagos, Ecuador	Horning & Trillmich, 1997
Lobo fino de Juan Fernández (<i>Arctocephalus phillipi phillipi</i>) n= 10	45±5	48.0±10.9	ND	Isla Alejandro Selkirk, Chile	Sepúlveda et al. 1999
Lobo fino Sudamericano (<i>Arctocephalus australis</i>) n= 30	52.16±4.7 (36–51)	*51.6±6.7	5.46±0.95 (3.7–7.7)	Isla Guafo, Chile	Seguel et al. 2016 *Thompson et al. 2003
Lobo marino de Galápagos (<i>Zalophus wolfebaeki</i>) n= 12	56.4±4.0	33.0±5.2	ND	Isla Galapagos Ecuador	Trillmich et al. 2008
Lobo fino del Norte (<i>Callorhinus ursinus</i>) n= 16	45.3±2.3	36.9 ± 2.5	ND	Isla KuriL, Rusia	Shero et al. 2012
Lobo fino australiano (<i>Arctocephalus pusillus doriferus</i>) n= 1	51.4 ±1.0	81.0 ± 1.1*	ND	Isla Kanowna, Australia	Spence et al. 2007 *Arnould et al. 2011
Lobo fino de Nueva Zelanda	ND	42.4±5.7	ND	Isla	Goldswort, 2006

<i>(Arctocephalus pusillus doriferus)</i> n= 12	Kangaroo, Australia	Page et al. 2006
ND: No determinado		

Tabla F. Hábitos de alimentación y hematocrito (%) en hembras adultas lactantes de otáridos.

Especie	Viajes de alimentación (km)	Buceos (metro)	Hematocrito (%)	Sitio	Fuente
Lobo fino de Juan Fernández (<i>Arctocephalus phillipi phillipi</i>)	550 (653±39.3)	10(50-90)	45±5	Isla Alejandro Selkirk, Chile	Francis et al. 1998; Acuña & Francis, 1995
Lobo fino de Galápagos (<i>Arctocephalus australis</i>)	43-45	30(30-40)	48.53±3.3	Isla Galápagos Ecuador	Trillmich, 1986 Horning & Trillmich, 1997
Lobo fino australiano (<i>Arctocephalus pusillus doriferus</i>)	100 (~ 500)	65–85	51.4±1.0	Islas Kanowna, Australia	Warneke 1982 Arnould & Hindell, 2001; Hume et al. 2004
Lobo fino del Norte (<i>Callorhinus ursinus</i>)	227.8 (78.7-462.4)	<30	46±5.04	Isla St. Paul, Alaska	Antonelis et al. 1997 Robson et al. 2004; Nordstrom et al. 2013. Norberg et al. 2011
Lobo fino de Nueva Zelanda (<i>Arctocephalus pusillus doriferus</i>)	108.0±73.9	42.3±5.1	ND	Isla Kangaroo, Australia	Page et al. 2005; Harcourt et al. 2002
Lobo marino de Galápagos	50-97	92-178	56.4±4.0	Isla Galapagos Ecuador	Trillmich 1986; Villegas-

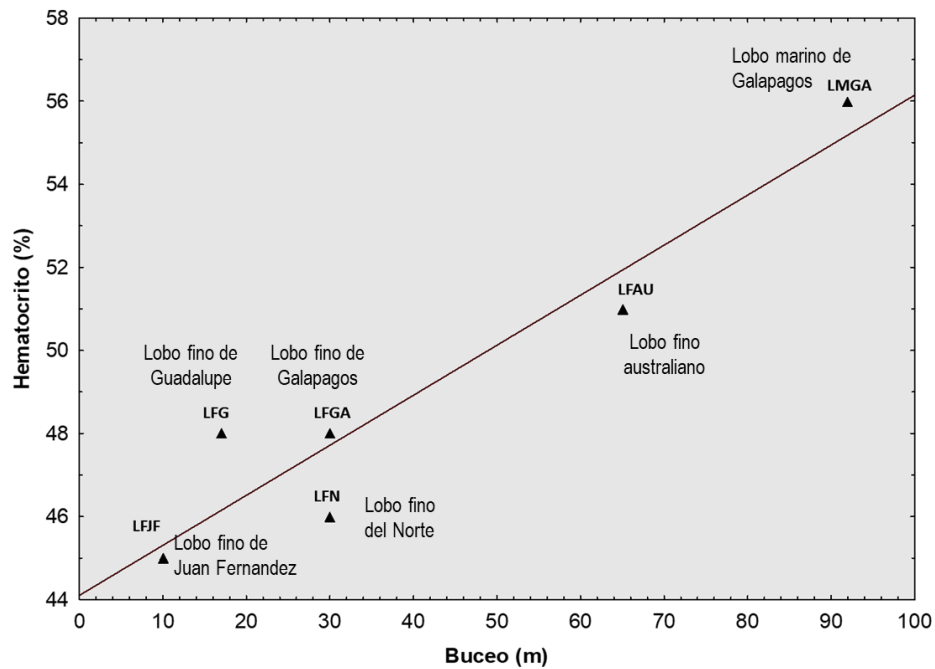


Figura E. Relación entre el hematocrito (%) y la profundidad de los buceos (m) en hembras adultas lactantes de otáridos ($r^2 = 0.89$, $p < 0.05$). A mayor profundidad de los buceos incrementan los valores del hematocrito (%). Lobo fino de Juan Fernandez (Francis et al. 1998, Acuña & Francis 1995); lobo fino del Norte (Antonelis et al. 1997; Nordstrom et al. 2013; Norberg et al. 2011); lobo fino de Guadalupe (Gallo-Reynoso et al. 2008, presente estudio); lobo fino de Galapagos (Trillmich, 1986; Horning & Trillmich, 1997); lobo fino australiano (Arnould & Hindell, 2001; Hume et al. 2004); lobo fino de nueva Zelanda (Page et al. 2005, 2006; Harcourt et al. 2002) y lobo marino de Galapagos (Trillmich 1986; Villegas-Amtmann et al. 2008; Jeglinski et al. 2012).

Tabla. G. Leucocito total ($10^3/\mu\text{L}$) (media, desviación estándar y valores mínimos y máximos) de otáridos en vida libre clínicamente sanos.

Especie	Clase de edad	Leucocito total ($10^3/\mu\text{L}$)	Sitio	Fuente
Foca común (<i>Phoca vitulina</i>)	Crías (2 semanas) (n= 62)	9.5±2.6 (ND)	Isla Prince William Sound, Alaska	Trumble & Castinelli, 2017
Lobo marino de Galápagos (<i>Zalophus wolfebaeki</i>)	Crías (3 meses) (n= 78)	5.5	Isla Galapagos, Ecuador	Brock et al. 2012
	Juvenil (12 meses) (n= 88)	3.9		
Lobo marino de California (<i>Zalophus californianus</i>)	Adulto (n= 156)	12.3±2.9 (7.1-23.3)	California, Sausalito *post rehabilitación	Roletto, 1993
	Juvenil (n= 15) (n= 93) *			
Lobo marino de Steller (<i>Eumetopias jubatus</i>)	Crías (n= 50)	11.6±3.7 (2.6-19.5)	Isla Socot, Canada	Gerlinsky et al. 2018
	Destetado (n= 47)	8 ±3.1 (3.8-15.6)		
	Juvenil (n= 163)	5.5±1.6 (3.3-13.9)	Alaska	Bishop & Morado 1995
	Adulto (n= 359)	6 ±1.6 (3.1-14.9)		
	Crías (1-4 semanas) (n= 17)	8.6±1.6		
Lobo fino Sudamericano (<i>Arctocephalus australis</i>)	Adulta lactante (n= 28)	16.6±3.9 (10.8-24.8)	Isla Guafo, Chile	Seguel et al. 2016
	Crías (n= 52)	16.7±3.6 (10.6-26.6)		
Lobo fino del Norte (<i>Callorhinus ursinus</i>)	Adulta lactante (n= 24)	9.1±2.8 (4.10-14.8)	Isla Lovushky, Russia	Norberg et al. 2011
Lobo marino Australiano (<i>Neophoca cinérea</i>)	Adulta lactante (n= 23)	11.3.7±4.6 (6.3-14.6)	Isla Kangaroo, Australia	Needham,1980
	Añero (n= 8)	11.3 (7.7-12.8)		

Valores hematológicos reportados en el lobo fino de Guadalupe a partir de varamientos durante el evento de mortalidad inusual (UME) (2016-2017) e individuos en vida libre colectados para el presente estudio en Isla Guadalupe B.C. (2016-2017).

Tabla. H. Comparación de valores hematológicos (media, desviación estándar y valores mínimos y máximos) a partir de individuos de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) del presente estudio (IG) y varamientos de sus similares (destetados, añeros y adulto) en las costas de California, EE. UU., durante el evento de mortalidad inusual (UME) 2016-2017.

	Destetado		Añero		UME (n= 1)	Adulto	
	UME (n= 16)	IG (n= 58)	UME (n= 1)	IG (n= 4)		Lander et al. 2000 (n= 1)	IG (n= 20)
Hematocrito (%)	35.9±5.3 (26.7-47.1)	46.2±1.6 (32.7-56)	26.5	46.7±1. (47.6-47.9)	43	54.5** 52.5***	45.5±2.7 (40-58)
Eritrocito (10 ⁶ /μl)	3.7±0.5 (2.8-4.9)	4.4±0.6 (3.1-5.6)	2.8	4.6±1.6 (4.3-4.8)	4.2	5.18** 4.31***	4.8±0.6 (3.9-6.1)
Leucocito (10 ³ /μL) *mediana	7.1 (3.9-14)	7.0 (5-10)	6.8	6.2 (4.5-10)	6.1	6.10** 4.0***	7.1 (4.0-9.0)

Lander et al 2000 * hembra adulta varada de lobo fino de Guadalupe por emaciación en las costas de California EE. UU., *pre-rehabilitación **post-rehabilitación

Tabla I. Valor relativo (%) (media, desviación estándar y valores mínimos y máximos leucocitarios por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*). Incluyendo valores extremos.

Clase celular	Neonato (n= 50)	Destetado (n= 54)	Añero (n= 3)	Juvenil (n= 26)	Subadulto (n= 1)	Adulto (n= 19)
Neutrófilo Segmentado (%)	48.2±9.3 (30-67)	40.9±6.6 (25-58)	44.3 (40-47)	45.5±5.8 (31-60)	48	41.8±6.3 (25-51)
Linfocito (%)	43.6±9.9 (22-62)	51.2±6.3 (36-63)	49.6 (49-50)	48.8± 6.1 (34-61)	45	43.7±10.3 (25-61)
Monocito (%)	2.4±1.2 (0-4)	3.3±1.8 (0-7)	1.6 (0-3)	1.8±0.9 (0-5)	2	3.6±1.9 (1-7)
Eosinófilo (%)	1.8±1.6 (0-6)	3.2±2.8 (0-11)	3.6 (2-7)	2.9±1.9 (0-13)	4	9.6±7.4 (0-26)
Basófilo (%)	0	1 (0-2)	0	0	0	1 (0-2)

Tabla J. Valor relativo (%) y absoluto ($10^3/\mu\text{L}$) (media, desviación estándar y valores mínimos y máximos) leucocitario a partir de varamientos de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus phillippii townsendi*) en las costas de California, EE. UU., durante el evento de mortalidad inusual (UME).

Clase celular	Destetado		Hembra adulta		
	UME (n= 13)	Presente estudio	Lander et al. 2000 (n= 1)	Presente estudio (n= 11)	UME (n= 1)
Neutrófilo segmentado (%)	69.42±17.3 (14-90)	40.6±2.3 (37-44)	ND	41.5±3.0 (36-46)	53
$10^3/\mu\text{L}$	4.3±2.3 (0.64-10.2)	4.2±0.7 (3.0-5.4)	5.06* 3.20**	4.2±0.6 (3.4-4.9)	3.2
Linfocito (%)	25.1±18.1 (3-85)	43.4±6.3 (32-53)	ND	45.3±4.9 (37-53)	24
$10^3/\mu\text{L}$	1.6±1.1 (0.67-3.9)	4.4±0.3 (3.0-4.9)	0.42* 0.78**	2.6±0.6 (2.0-3.6)	1.46
Monocito (%)	2.9±3.3 (1-11)	3 (3-4)	ND	2.1 (2-5)	0

10 ³ /μl	0.07±0.14 (0-0.43)	0.30±0.05 (0.21-0.38)	0.42* 0.36**	0.28±0.07 (0.20-0.36)	0
Eosinófilo (%)	5.7±5.1 (1-17)	2.4±0.8 (1-5)	ND 0.0*	9±4.1 (3-14)	23
10 ³ /μl	0.15±0.2 (0-0.97)	0.33±0.05 (0.24-0.38)	0.18**	0.79±0.33 (0.33-1.2)	1.4

*pre-rehabilitación **post-rehabilitación nd* no determinado

Tabla K. Valor absoluto (10³/μl) (media, desviación estándar y valores mínimos y máximos) leucocitario a partir de varamientos de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en las costas de California, EEUU., durante el evento de mortalidad inusual (UME).

Clase celular 10 ³ /μl	Hembra adulta		Lobo fino Sudamericano ^c		Lobo fino de Guadalupe*	
	Lobo fino del Norte (n= 24) ^a	Lobo marino Australiano (n= 23) ^b	Adulta (n= 28)	Cría (n= 52)	Adulta (n= 11)	Destetado (n= 54)
Neutrófilo Segmentado	6.5±2.6 (3.5-11.1)	6.4 (3.5-8.6)	8.1±2.7 (2.8-13.5)	10.2±2.3 (5.1-16)	4.2±0.6 (3.4-4.9)	4.3±2.3 (2.9-10.2)
Linfocito	1.30±0.5 (0.52-2.15)	3.34 (1.42-6.7)	4.2±1.5 (2.3-7.4)	4.8±2.5 (1.1-12.15)	2.6±0.6 (2.0-3.6)	4.4±0.3 (3.0-4.9)
Monocito	0.30±0.25 (0-0.76)	0.22 (0-0.79)	0.6±0.5 (0.2-2.0)	0.3±0.2 (0.1-0.8)	0.28±0.07 (0.20-0.36)	0.30±0.05 (0.21-0.38)
Eosinófilo	1.15±0.80 (0.10-3.10)	1.30 (0.11-4.2)	3±1.5 (1-8.2.0)	1.6±1.1 (0.1-4.3)	0.79±0.33 (0.33-1.2)	0.33±0.05 (0.24-0.38)

^a Norberg et al. 2011, ^b Needham et al. 1980, ^c Seguel et al. 2016, *presente estudio

CAPÍTULO 2.
BIOQUÍMICA SANGUÍNEA

2.1 INTRODUCCIÓN

En pinnípedos la química sanguínea ha permitido evaluar a través de sus elementos (electrolitos, enzimas, metabolitos, etc.) cambios asociados con alteraciones nutricionales (ej. malnutrición), condiciones de enfermedad y salud (Roletto, 1993) así como variaciones asociadas a su dieta (ej. presas) (Thompson et al. 1997; Rosen et al. 2004; Trumble et al. 2006), edad, salud (Greig et al. 2010; Seguel et al. 2016), incluyendo diferencias temporales (ej. albumina y hierro) (Yochem et al. 2008) y entre especies (Boily et al. 2006).

Actualmente en el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) se desconocen la mayoría de indicadores de su estado de salud, incluyendo los de su química sanguínea. De acuerdo con el registro inusual de mortalidad reportado recientemente (NOAA, 2019b), fue evidente que la salud de algunos se vio afectada, lo cual se asoció con las condiciones anómalamente cálidas prevalentes a lo largo del Pacífico noroeste (Bond et al. 2015) y cambios en la disponibilidad de sus presas (Cavoe et al. 2016). Sin embargo, en Isla Guadalupe se desconoce cómo otros organismos respondieron a estas condiciones ambientalmente adversas.

Por lo tanto, los análisis bioquímicos en el presente estudio permitirán establecer e identificar cambios temporales (2016 y 2017) así como por clases de edad que permitirá dilucidar fluctuaciones vinculadas a condiciones de enfermedad y/o deficiencias nutricionales. El conocimiento de estos elementos es relevante en poblaciones de vida libre, especialmente donde se prevén modificaciones en el hábitat, cambios en la abundancia y distribución de sus presas así como una mayor susceptibilidad a enfermedades (Learmonth et al. 2006; Hoegh-Guldberg & Bruno, 2010).

2.2 ANTECEDENTES

Uno de los tantos procesos asociados a la edad es el crecimiento (ej. tallas) y que también incluyen cambios fisiológicos (ej. expansión del plasma), ambos

estrechamente relacionados (Conlon & Raff, 1999). En pinnípedos tanto cambios físicos y conductuales (Kovacs et al. 1996) asociados a la edad y al sexo se han reportado que influyen en las variaciones de algunos elementos sanguíneos (Yochem et al. 2008), por lo tanto, también es de esperarse variaciones entre especies (Tryland et al. 2012). Cambios en algunas enzimas hepáticas (ej. fosfatasa alcalina y gama glutamil transferasa), así como en minerales (ej. calcio, fósforo) entre clases de edad, con una mayor concentración en organismos jóvenes como consecuencia de un incremento en la prevalencia de periodos de ayuno y el aún crecimiento experimentado, ha sido observado en lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), elefante marino del Norte (Yochem et al. 2008), foca gris (Hall, 1998), foca arpa y foca capuchina (Boyle et al. 2006).

En conjunto con estas enzimas, también se han determinado cambios del perfil nutricional (plasmático) de los organismos (ej. triglicéridos, proteína total, calcio, glucosa), como lo reportado en elefante marino del Norte (Yochem et al. 2008), lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), foca arpa y foca capuchina (Boyle et al. 2006), con el incremento de algunos elementos químicos asociados con algún reciente evento de alimentación o bien su disminución durante periodos de ayuno (ej. triglicéridos, proteína total etc.) en paralelo con otros metabolitos (nitrógeno ureico, creatinina), como lo reportado en lobo marino de Steller (Rea et al. 2008), lobo fino Subantártico (*Artcocephalus tropicalis*) (Verrier et al. 2009), elefante marino del Norte (Yochem et al. 2008; Roletto et al. 1993), y foca anillada (*Pusa hispida*) (Geraci et al. 1979).

Otros estudios sugirieron diferencias bioquímicas vinculadas al sexo. Por ejemplo, la creatinina es un producto del metabolismo muscular que se utiliza como un índice del filtrado glomerular (Bossart et al. 2001). La creatinina se encuentra normalmente en una mayor concentración durante la etapa adulta debido al mayor desarrollo muscular (Duncan et al. 1994). Consecuentemente, se reportan diferencias entre sexos y especies, como lo observado entre adultos de foca arpa y foca capuchina (Boyle et al. 2006).

Otras diferencias han sido relacionadas con distintas conductas entre sexos, especialmente durante la adultez. En machos adultos de lobo fino antártico

(*Arctocephalus gazella*) se estimó una mayor concentración de creatinina quinasa y deshidrogenasa láctica respecto a machos adultos de foca de Weddel (*Leptonychotes weddellii*), foca cangrejera (*Lobodon carcinophagus*), y foca de Ross (*Ommatophoca rossii*) debido a la elevada territorialidad que exhibe el lobo fino antártico (otárido), y al mayor estrés vinculado con sus eventos reproductivos así como a la presencia de heridas superficiales, lo que se asocia con la liberación al torrente sanguíneo de ambas enzimas por el tejido muscular (Tryland et al. 2012).

Así mismo, los cambios bioquímicos ontogénicos asociados a la actividad inmune han sido reportados en la foca arpa, foca capuchina y foca gris con una mayor concentración de globulinas y proteína total durante la etapa adulta como resultado de una mayor inmunoestimulación (Boyli et al. 2006; Hall, 1998). Sin embargo, en elefante marino del Norte se reportó lo contrario, fueron las crías quienes exhibieron una mayor concentración de proteína total debido a su transferencia materna (ej. leche) (Yochem et al. 2008).

Durante procesos infecciosos se observa un incremento de globulinas y proteína total en elefante marino del Norte (ej. parasitosis), lobo marino de California (peritonitis y septicemia) y foca común (ej. enteritis) (Roletto et al. 1993), así como durante su recuperación en rehabilitación la foca común (Greig et al. 2003). En contraste con su incremento, el decremento de la proteína total se ha reportado como consecuencia de una falta inmunoestimulación (Bossart et al. 2001), común de observar durante condiciones malnutrición en paralelo con la disminución de colesterol y glucosa (Williams, 2013) tanto en lobo marino de California y elefante marino del Norte (Roletto et al. 1993).

Otros estudios indican un incremento de algunos elementos químicos por estrés agudo como resultado del manejo de los individuos (ej. glucosa, creatinina quinasa, aspartato aminotransferasa, ácido úrico) (Aubin et al. 1979; Geraci et al. 1979; Boily et al. 2006). Sin embargo, es posible que no solo existan variaciones en la química sanguínea entre especies sino también que difieran durante distintas condiciones ambientales.

Actualmente en el lobo fino de Guadalupe se desconocen los parámetros los bioquímicos sanguíneos. De acuerdo con la literatura disponible, se reportan los valores sanguíneos de una hembra adulta cuyo varamiento se asoció con malnutrición, (Lander et al. 2000), y una respuesta endocrinológica (ej. aldosterona) por estrés asociado a su manejo (ej. captura) (De Rango et al. 2018).

Considerando escenarios más frecuentes de calentamiento oceánico (Yeh et al. 2009), como los recientemente observados en el Pacífico noroeste (Bond et al. 2015; Leising et al. 2015) aunado al aislamiento geográfico y distribución restringida del lobo fino de Guadalupe, es necesario establecer los efectos en términos de salud durante 2016 y 2017, a partir de indicadores químicos (ej. enzimas, minerales y metabolitos) lo cual permitirá conocer la capacidad de respuesta de la subespecie durante periodos de estrés ambiental.

2.3 MATERIAL Y MÉTODO

2.3.1 Captura, contención y colecta de muestras sanguíneas

El total de sueros (sin anticoagulante) colectados para las bioquímicas sanguíneas fue menor respecto al total obtenido de los hemogramas. El método está descrito en el capítulo 1.

2.3.2 Bioquímica sanguínea

Para la determinación de los perfiles bioquímicos se utilizó el suero obtenido de los tubos vacutainer sin anticoagulante (rojos). Los cuales se centrifugaron durante 10 min a una velocidad de 300 rpp (Thrall et al. 2012). Posteriormente, el sobrenadante se trasladó mediante pipetas Pasteur estériles a los crioviales estériles (1-4ml). A cada tubo se le anotaron los datos de cada individuo (# clave, edad, sexo, fecha y zona de estudio). Finalmente, se resguardaron en un tanque de nitrógeno líquido ®MVE 20/20 para su posterior análisis bioquímico en el

Laboratorio Clínico del Hospital general del ISSSTE, localizado en la Paz, B.C.S., México.

En laboratorio, los crioviales se resguardaron en una hielera para su análisis inmediato. Cada muestra de suero se colocó en el sistema automatizado para bioquímicas sanguíneas SIEMENS, EXL™ 200 durante 30-40 min para la obtención de cada perfil bioquímico (Figura 6). Para la determinación de proteínas totales (PT) (g/dl) se utilizó el plasma presente en los tubos de microhematocrito que se obtuvo posterior a su centrifugación (ver capítulo 1). El plasma/suero fue colocado en un refractómetro GxPro® RHC-200ATC para su lectura manual (g/dl) (Thrall et al. 2012).

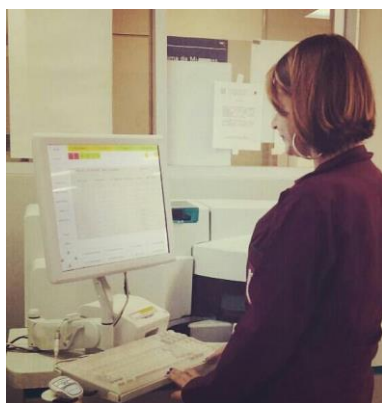


Figura 6. Lector de bioquímica sanguíneas del sistema automatizado SIEMENS, EXL™ en laboratorio Clínico del Hospital general del ISSSTE, localizado en la Paz, B.C.S., México

2.3.3 Análisis estadístico

Se estimó el promedio (media y desviación estándar) de cada elemento químico por clase de edad, sexo y año (Anexos, Tabla 12 y Tabla 13). Para las comparaciones entre clases de edad no se consideraron valores extremos/outliers (Prueba de Grubbs). Para las diferencias interanuales fueron considerados los valores extremos/outliers. Mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov y Lilliefors, se determinó que los datos no presentaban una distribución normal (K-S, $p < 0.01$; Lilliefors, $p < 0.01$),

y de homocedasticidad de Levene (K-S, $p < 0.05$). Se aplicó la prueba Kruskal-Wallis para identificar diferencias entre clases de edad y cada elemento químico.

2.4 RESULTADOS

En total se obtuvieron las bioquímicas sanguíneas de 108 organismos de lobo fino de Guadalupe durante la temporada invernal 2016 y 2017. De los cuales fueron: destetados ($n = 58$, 2016: $n = 30$, 2017: $n = 27$); añeros ($n = 3$, 2017); juveniles ($N = 26$, 2017); subadultos ($n = 1$, 2017) y adultos ($n = 21$: 2016: $n = 10$, 2017: $n = 11$). Se estimó el promedio (mediana, valores mínimos y máximos) de cada elemento químico por clase de edad, sexo y año (Anexo 2, Tabla 6 y Tabla 7).

Entre clase de edad se identificaron diferencias (K-W, $p < 0.05$) en: sodio (Na), cloro (Cl), magnesio (Mg), fósforo (PHO), triglicéridos (TGL), colesterol total (CHOL), deshidrogenasa láctica (LDI), ácido úrico (URCA), nitrógeno ureico (BUN), creatinina quinasa (CKI), aspartato transaminasa (AST), gama glutamil transferasa (GGT) y proteína total (PT) (Tabla 6).

Se estimaron diferencias interanuales (U-Mann Whitney, $p < 0.05$) entre las cohortes de adultos en: Na, Cl, bilirrubina Total (TBI), CKI, LDI, AST, URCA, Mg, PHO y Glucosa (GLU) y PT. Con un incremento en 2016 de: Na, Cl, PT, TBI, CKI, LDI, AST, URCA, MG y en 2017 de PHO y GLU (U-Mann Whitney, $p < 0.05$). Entre cohortes los destetados se observaron diferencias interanuales en: Na, Cl, TBI, CKI, LDI, TGL, PHOS, URCA, MG, CREA, GLU, GGT y PT (Mann Whitney, $p > 0.05$) con excepción de alanina transaminasa (ALT), BUN, CHOL y AST.

En la cohorte de 2016 se observó un incremento de Na, Cl, MG, URCA, TGL, PT, CKI, LDI y TBI en contraste con la cohorte de 2017, que exhibieron los mayores valores de PHOS, GLU, GGT, AST y CREA. Ver Anexo 2 para ver detalles sobre los valores interanuales entre las cohortes (2016 y 2017) y por clase de edad (destetados, añero, juveniles y adultos) así como los rangos estimados en organismos colectados durante el evento de mortalidad inusual (UME) del lobo fino de Guadalupe. Se observó

una correlación significativa de P y algunos elementos químicos (Spearman, $p < 0.05$) (Tabla 7 y 8).

Debido a que en algunos elementos no se analizaron por clases de edad por problemas en el laboratorio, solamente se realizó una comparación interanual entre destetados y adultos de fosfatasa alcalina (ALPI), hierro (Fe) y calcio (Ca^{+}). En ningún elemento químico se observaron diferencias asociadas al sexo de los individuos (Mann Whitney, $p > 0.05$).

Tabla 6. Elementos químicos (mediana, valores min. -máx.) entre clases edad del de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) de Isla Guadalupe, B.C., México.

Elemento químico	Destetado $n= 38$	Juvenil $n= 17$	Adulto $n= 16$
Sodio (mmol/L) (Na)	*150 (142-171) A	*146 (142-172) B	150 (143-160) AB
Cloro (mmol/L) (Cl)	*107 (101-126) B	109.5 (103-127) AB	*110 (105-121) A
Deshidrogenasa láctica (U/L) (LDI)	*611 (407-1546) A	606 (398-858) AB	*519 (324-1230) B
Triglicéridos (mg/dL) (TGL)	*80 (17-300) A	*52 (10-98) C	*54.5 (13-125) B
Colesterol (mg/dL) (CHOL)	*187 (98-283) C	*227 (108-347) B	*241 (155-323) A
Fosforo (mg/dL) (PHOS)	*5.3 (3.7-7.3)	*6.2 (4.3-8.3)	6 (3.5-7.1)

	B	A	AB
Ácido úrico (mg/dL) (URCA)	*0.8 (0.2-1.8) A	*0.4 (0.2-0.7) C	*0.6 (0.3-1.5) B
Magnesio (mg/dL) (Mg)	*2.4 (1.5-3.5) A	*1.7 (1.4-2.8) C	1.8 (1.7-3.0) B
Nitrógeno ureico (mg/dL) (BUN)	*25 (12-45) C	*39 (30-71) B	*42.5 (35-46) A
Creatinquinasa (U/L) (CKI)	*255 (68-2768) A	*153 (89-1097) B	190 (67-3389) AB
Aspartato Transaminasa (U/L) (AST)	*38 (25-285) A	*26 (11-59) B	*20.8 (13-88) C
Gama glutamil transferasa (U/L) (GGT)	*54 (4-91) AB	*85 (55-153) A	73.5 (32-121) B
Fosfatasa Alcalina (U/L) (ALPI)	193±176.2 (90-1030) A n= 15	ND	76.8±25.5 (31-116) B n= 10
Proteína total (g/dL) (PT)	7.9 (6.2-10) AB	7.0 (6.1-8.0) C	7.7 (6.0-9.0) BA

*letras distintas (A, B, C) representan diferencias significativas por clase de edad (*K.W, $p > 0.05$) y el orden alfabético son valores distribuidos de mayor a menor valor. ND= no determinado.

Tabla 7. Correlación de Spearman ($p < 0.05$) entre peso (P) por clase de edad y elementos químicos sanguíneos del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus phillippi townsendi*) de Isla Guadalupe, B.C., México.

Elemento químico	Destetado <i>n</i> = 38	Juvenil <i>n</i> = 17	Adulto <i>n</i> = 16
Bilirrubina total (mg/dL) (TBI)			0.56
Creatinina (mg/dL) (CREA)		0.46	
Alanina Transaminasa (U/L) (ALTI)	0.44		

Tabla 8. Correlación de Spearman ($p < 0.05$) entre peso (P) y elementos químicos del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus phillippi townsendi*) de Isla Guadalupe, B.C., México.

Elemento químico	Spearman Rank
Fosfatasa alcalina (U/L) (ALPI)	-0.56
Alanina Transaminasa (U/L) (ALTI)	0.51

2.5 DISCUSIÓN

En pinnípedos las variaciones en los elementos químicos sanguíneos se han asociado con sus características intrínsecas (ej. clase de edad) (Lander et al. 2003; Yochem et al. 2008), y extrínsecas (ej. dieta) (Trumble et al. 2006). Para algunos electrolitos se han reportado valores similares entre distintas etapas de crecimiento de otáridos debido a la cercana necesidad fisiológica de mantener el funcionamiento y homeostasis celular (Gerlinsk et al. 2018). En el lobo fino de Guadalupe se observó una similitud en la concentración de sodio y cloro entre clases de edad con rangos similares a lo reportado en organismos sanos de lobo marino de California (Roletto, 1993), lobo marino Australiano (Cargill et al. 1979), lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018), y a lo anteriormente descrito en una hembra adulta de lobo fino de Guadalupe (Lander et al. 2000).

La concentración de sodio y cloro están asociadas especialmente con deshidratación (Bossart et al. 2001). El menor valor de sodio, y mayor de cloro entre las cohortes de destetados y adultos en 2017, podría sugerir diferentes grados de hidratación. Durante varamientos de lobo marino de California por

malnutrición/neumonía se observa un incremento importante de cloro, y una disminución de sodio (Williams, 2013). Similar a lo identificado en destetados y el adulto de lobo fino de Guadalupe durante el evento de mortalidad inusual. Sin embargo, tampoco se descarta la influencia de la calidad de las muestras sanguíneas hayan impactado los valores de ambos electrolitos durante este estudio (Worthy & Lavigne, 1982; Ortiz et al. 2000; Boily et al. 2006).

En pinnípedos las alteraciones de fósforo se asocian con enfermedad renal, y de magnesio con disfunción cardíaca (Bossart et al. 2001). En el lobo fino de Guadalupe se estimó una concentración de fósforo similar a lo anteriormente descrito en la subespecie (Lander et al. 2000), y dentro de los valores observados en lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018), lobo marino de California (Sarran et al. 2008), y lobo marino Sudamericano (Polizzi et al. 2016). Las diferencias de fósforo y magnesio entre clases de edad de lobo fino de Guadalupe ya han sido reportadas en otras especies de pinnípedos, tales como la foca arpa y elefante marino del Norte (Yochem et al. 2008), lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016). Al parecer estas diferencias son intrínsecas por especie.

En juveniles de lobo fino de Guadalupe se estimó una mayor contracción de fósforo y menor de magnesio, respecto a destetados. Generalmente se observan diferencias de fósforo entre clases de edad de pinnípedos con una menor concentración en mayores clases de edad respecto a más jóvenes, como lo reportado entre adultos y crías de foca arpa (Boily et al. 2006), así como entre adultos, juveniles y crías de elefante marino del Norte (Yochem et al. 2008), entre adultos y crías lactantes de lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), y entre adultos, destetados y juveniles de lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018). La mayor concentración de fósforo en juveniles de lobo fino de Guadalupe en contraste destetados podría asociarse al crecimiento experimentado durante esta etapa (Arnould & Warneke, 2002; Winship et al. 2007), especialmente por el desarrollo óseo y tisular (Bossart et al. 2001), como consecuencia de su cercana madurez reproductiva (Alexander et al. 1979). La similitud de fósforo de adultos respecto a destetados y juveniles, podría responder a la misma variabilidad presente en la subespecie, coincidiendo con lo

anteriormente descrito en una hembra adulta de lobo fino de Guadalupe (Lander et al. 2000).

Por otro lado, la concentración de magnesio es poco utilizada dentro de los análisis hematológicos de rutina establecidos en pinnípedos. El incremento de magnesio en pinnípedos se asocia especialmente con varamientos por leptospirosis (Williams, 2013). Los valores establecidos en lobo fino de Guadalupe son similares a lo reportado en lobo marino de California (Sarran et al. 2008), y lobo marino Sudamericano (Polizzi et al. 2016). Así mismo, considerando que la obtención de estos minerales es exclusivamente vía oral, estas diferencias podrían asociarse a su dieta y a las distintas necesidades fisiológicas por clases de edad (Griesel et al. 2006). Recientemente las condiciones cálidas en el Pacífico noroeste (2014-2016) tuvieron consecuencias ecológicas y biológicas que modificaron la distribución de especies, tales como de calamar (*D. gigas* y *D. opalescens*) (Cavole et al. 2016), presas principales del lobo fino de Guadalupe (Amador-Capitanachi, 2017; Juárez-Ruiz, 2018). No se descarta que cambios en los hábitos de alimentación hayan influenciado las diferencias interanuales de fósforo y magnesio, ya que estas diferencias no se asociaron con algún proceso infeccioso/malnutrición (Williams, 2013).

Los triglicéridos, la proteína total y colesterol son indicadores de la condición nutricional de pinnípedos y cuyos cambios se han asociado especialmente a su edad (Bossart et al. 2001). En elefante marino del Norte, los destetados exhibieron una mayor concentración de triglicéridos y proteína total, seguido de adultos y juveniles, estos últimos con valores similares y con los menores rangos. Todos presentaron valores similares de colesterol (Yochem et al. 2016). Esta tendencia también se observó en lobo fino de Guadalupe, donde los destetados exhibieron la mayor concentración de triglicéridos y proteína total, seguido de adultos, y finalmente de juveniles.

A pesar de las diferencias entre clases de edad, los triglicéridos de lobo fino de Guadalupe se reportaron dentro de los rangos observados en individuos sanos de lobo marino de California (Roletto et al. 1993), lobo fino de Guadalupe (Lander et al. 2000), elefante marino del Norte (Yochem et al. 2016), lobo marino de Steller (Tryland et al.

2012), así como la concentración de proteína total de acuerdo con lo reportado en lobo marino de California, foca común (Roletto et al. 1993), lobo fino del Norte (Hunter & Madin, 1979), lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018; Tryland et al. 2012), y lobo fino de Juan Fernandez (Sepúlveda et al. 1999).

Generalmente en organismos jóvenes de mamíferos marinos se reporta una mayor concentración de triglicéridos y proteína total como consecuencia de un reciente evento de alimentación (Geraci et al. 1979), así como su disminución durante condiciones de ayuno (Worthy & Lavigne, 1982). Sin embargo, su incremento también se asocia al aumento de albumina y globulina por la actividad del sistema inmunológico (Kaneko, 1997).

La disminución de proteína total (globulinas y albuminas) se relaciona a una falta de estimulación del sistema inmunológico, así como al estado nutricional de los organismos (Christopher et al. 1999; Bossart et al. 2001; Lander et al. 2013). La similitud de proteína total entre destetados y adultos de lobo fino de Guadalupe podría relacionarse a su actividad inmune, considerando que los destetados de lobo fino de Guadalupe presentaron la mayor concentración linfocitaria y proteína total, así como los adultos de eosinófilos y proteína total, especialmente en 2016 (ver capítulo 1). En lobo marino Australiano se ha encontrado una relación moderada y positiva entre proteína total, la concentración linfocitaria y de eosinófilos en organismos con parasitosis (Marcus et al. 2015), coincidiendo con lo observado en la cohorte de adultos de lobo fino de Guadalupe.

Por otro lado, la menor concentración de proteína total en neonatos de lobo fino de Guadalupe podría relacionarse a que durante su captura varias hembras adultas estaban probablemente en sus viajes de alimentación (aunque no se conoce con precisión cuando fue el último evento de lactancia). Es interesante observar que la proteína total fue similar a la reportado en juveniles y añeros, individuos que son considerados forrajeros ineficientes (Weathers & Sullivan, 1989), y energéticamente vulnerables (Jeglinski et al. 2012).

Las diferencias interanuales de triglicéridos entre destetados y adultos de lobo fino de Guadalupe, especialmente su disminución en la cohorte de adultos en 2017 podría sugerir condiciones de ayuno, ya que de acuerdo con estos resultados los triglicéridos fueron similares a lo reportado en un organismo adulto de lobo fino de Guadalupe (Lander et al. 2000). Aunque en destetados no se dispone de los rangos de triglicéridos en organismos de vida libre, la disminución de triglicéridos y proteína total en la cohorte de 2017 podrá también relacionarse con condiciones de ayuno (Worthy & Lavigne, 1982).

En pinnípedos el colesterol se asocia con obstrucción de los conductos biliares y el estado nutricional de los individuos (Bossart et al. 2001) así como a las necesidades metabólicas y energéticas por clases de edad (Beck et al. 2007; Newland et al. 2009), donde los lípidos desempeñan un rol importante asociados a su dieta (Champagne et al. 2012). Por lo tanto, en pinnípedos adultos se reportan generalmente los mayores valores debido al tipo de presas, como lo observado en la foca anillada (Geraci et al. 1979; Tryland et al. 2007), y lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016). Coincidiendo con lo observado en organismos adultos de lobo fino de Guadalupe.

En una hembra adulta emaciada de lobo fino de Guadalupe se observó un colesterol similar previo y posterior a su rehabilitación (Lander et al. 2000), coincidiendo incluso los valores observados en las hembras adultas de Isla Guadalupe del presente trabajo, donde ninguna estaba emaciada. Tampoco se identificaron diferencias interanuales (2016 y 2017) entre las cohortes de destetados y adultos a pesar de las diferencias de peso y longitud total entre ambas cohortes (destetados) (Ver capítulo 3). Aunque en el elefante marino del Norte se ha reportado su disminución en paralelo con el grosor del tejido adiposo durante periodos de ayuno (Tift et al. 2011), así como durante el periodo reproductivo de machos adultos y de muda en hembras adultas (Yochem et al. 2016), y en organismos en pobre condición caporal de foca arpa (Geraci et al. 1979) y lobo marino de California (Michelle et al. 2013). Se considera que este lípido exhibe un patrón variable entre especies (Costa & Ortiz, 1982). En el lobo fino de Guadalupe estos resultados podrían reflejar la aparente estabilidad en la concentración de este lípido.

A parte de los lípidos, la concentración de glucosa se utiliza como un indicador del estado nutricional, estrés y septicemia en la práctica veterinaria (Bossart et al. 2001). Aunque se han identificado diferencias en la concentración entre especies (Tryland et al. 2012) y clases de edad (Gerlinsky et al. 2018). En el lobo fino de Guadalupe no se reportaron diferencias entre clases de edad y se encontraron dentro de lo estimado en organismos sanos de lobo marino de California, foca común (Roletto et al. 1993), lobo fino Antártico (Tryland et al. 2012), lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018), así como a lo anteriormente descrito en el lobo fino de Guadalupe (Lander et al. 2000), y lobo marino Sudamericano (González-Saldía et al. 2015).

A pesar de las variaciones interanuales de glucosa en lobo fino de Guadalupe entre destetados y adultos, con la menor concentración de ambas cohortes en 2016, estas se encontraron dentro de los rangos estimados en organismos sanos de lobo marino de California y foca común (Roletto et al. 1993), lobo fino Antártico (Tryland et al. 2012), lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018), así como a lo anteriormente descrito en el lobo fino de Guadalupe (Lander et al. 2000). Lo cual podría asociarse a que los pinnípedos están adaptados a periodos de ayuno con una eficiencia importante en la generación y distribución de energía, manteniendo altos niveles de glucosa en contraste con mamíferos terrestres (Umminger, 1975). Durante ayunos (3-30 días) los niveles plasmáticos en especies de lobo fino antártico (Arnould et al. 2001), lobo fino subantártico (Verrier et al. 2009) y lobo marino de Steller (Rea et al. 2009, 2000) se reportan con poca variación. Similitudes de glucosa entre crías de foca común en vida libre y varamientos han sido reportadas (Lander et al. 2003).

Es probable que el lobo fino de Guadalupe también exhiba poca variación en la concentración de glucosa lo cual también podría explicar las leves variaciones observadas entre destetados durante el evento de mortalidad inusual y los de Isla Guadalupe, a pesar de las distintas condiciones en las que se encontraban los organismos.

El ácido úrico ha sido poco estudiado en mamíferos marinos, sin embargo, sus fluctuaciones se han relacionado con la edad, observándose una menor concentración en individuos adultos de foca arpa (Geraci et al. 1979), y foca de Weddel (Seal et al.

1971), coincidiendo con los menores valores observados en adultos y juveniles de lobo fino de Guadalupe, respecto destetados. El incremento de ácido úrico en adultos y destetados de lobo fino de Guadalupe durante 2016 coincidió en destetados con la presencia de tallas más pequeñas. Sin embargo, los rangos observados han sido reportados en otras especies, incluyendo las diferencias interanuales estimadas entre las cohortes (Geraci et al. 1979; Costa & Ortiz, 1982; Worthy & Lavigne, 1982; Lander et al. 2000). Es posible que las variaciones observadas de ácido úrico interanuales y entre clases de edad en lobo fino de Guadalupe se asocien a la misma variabilidad presente en la subespecie.

En contraste con ácido úrico, el nitrógeno ureico es utilizado como un indicador importante de inanición, deshidratación y enfermedad renal (Bossart et al. 2001). Sin embargo, sus cambios también se han asociado a la edad, con los mayores valores estimados en adultos debido a su dieta e importante desarrollo muscular, como lo reportado la foca de Weddel, elefante marino del Sur (Seal et al. 1971), elefante marino del Norte (Yochem et al. 2006), y lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018). Coincidiendo con lo observado en el lobo fino de Guadalupe, donde los adultos exhibieron la mayor concentración seguida de juveniles y destetados así como dentro de los rangos establecidos en pinnípedos sanos, tales como el lobo marino de California (Roletto et al. 1993), elefante marino del Norte (Yochem et al. 2006), foca arpa (Geraci et al. 1979), y foca común (Lander et al. 2003).

Durante el evento de mortalidad inusual los destetados de lobo fino de Guadalupe exhibieron un mayor nitrógeno ureico respecto a los Isla Guadalupe y a lo estimado en un individuo adulto emaciado (Lander et al. 2000). En contraste con destetados, una hembra adulta de durante el evento de mortalidad inusual exhibió una menor concentración de nitrógeno ureico en contraste con las de Isla Guadalupe e incluso a lo publicado anteriormente en una hembra emaciada previo a su rehabilitación (Lander et al. 2000). El incremento del nitrógeno ureico también se asocia con eventos recientes eventos de alimentación (Geraci et al. 1979; Bossart et al. 2001), y a un mayor consumo de proteínas (Gerlinsky et al. 2018). Sin embargo, durante periodos de ayuno extendidos el nitrógeno ureico incrementa (Rea et al. 2009),

como consecuencia de la alteración en el balance metabólico entre el consumo de proteínas y el catabolismo muscular (Reif et al. 2004). No se descarta que condiciones de ayuno prolongado, y pobre condición corporal de los destetados durante el evento de mortalidad inusual hayan contribuido a los mayores valores en contraste con los de Isla Guadalupe.

La creatinina es definida como un metabolito muscular y como un indicador de filtración glomerular (Bossart et al. 2001), cuyas diferencias se asocian a la edad con incremento durante edades avanzadas, como lo reportando en lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018) y lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016). Los autores siguieron que responde al desarrollo de la masa muscular de los organismos (Duncan et al. 1994), como lo reportado en foca arpa y foca caspica (Boily et al. 2006), y no necesariamente a periodos de ayuno (Rea et al. 2009; Gerlinsky et al. 2018) o el tipo de dieta (Bossart & Dierauf, 1990).

A pesar de la ausencia de diferencias entre creatinina y clases de edad del lobo fino de Guadalupe incluidas, coinciden con lo reportado en el elefante marino del Norte (Yochem et al. 2006), donde estas se reportaron dentro de los rangos observados en otras especies de pinnípedos consideradas sanas, tales como el lobo marino de California (Roletto et al. 1993), lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), lobo marino de Steller (Rea et al. 2009), y foca común (Lander et al. 2013). La relación moderada entre el peso y la concentración de creatinina en juveniles de lobo fino de Guadalupe coincidió con lo observado en la foca gris y foca capuchina (Boily et al. 2006) (ver Capítulo 3). Las diferencias interanuales en creatinina en lobo fino de Guadalupe, con los mayores valores en las cohortes de 2017, especialmente en destetados, coincide con el mayor peso y longitud total observado.

La creatinina fue mayor en destetados de Isla Guadalupe respecto a sus similares durante el evento de mortalidad inusual (Ver anexo 2). En este sentido, aunque los pinnípedos están adaptados a sobrellevar periodos largos de ayuno (Rea et al. 2009; Gerlinsky et al. 2018), cuando estos periodos son extensos, y el individuo es incapaz de lidiar metabólica y conductualmente con la falta de alimento y energía, se desencadenan cambios en el metabolismo proteico (Houser & Costa, 2003). En el lobo

marino de California se ha reportado un incremento de creatinina durante varamientos por malnutrición /neumonía (Williams, 2013). Lo anterior podría asociarse a características fisiológicas y metabólicas específicas por especie, como son la tolerancia a periodos prolongados de ayuno, así como patologías no evaluadas durante el evento de mortalidad inusual.

En pinnípedos el incremento de la bilirrubina total se asocia con destrucción eritrocitaria, disfunción hepática o de los conductos biliares (Bossart et al. 2001). Aunque se han reportado diferencias en su concentración plasmática entre clases de edad, reportándose una mayor concentración en adultos, respecto a crías y juveniles de elefante marino del Norte (Yochem et al. 2006), estas diferencias no se han identificado entre crías y adultos de foca arpa (Geraci et al. 1979), ni entre crías y adultos de lobo fino Antártico (Tryland et al. 2012). Estos hallazgos coinciden con lo observado en el lobo fino de Guadalupe, cuyos rangos son similares entre clases de edad y a lo descrito en organismos sanos de lobo marino de California y en foca común (Roletto et al. 1993) y elefante marino del Norte (Yochem et al. 2006).

Los destetados de lobo fino de Guadalupe durante el evento de mortalidad inusual exhibieron una mayor concentración de bilirrubina total respecto a los de Isla Guadalupe, lo cual podría asociarse con disfunciones orgánicas o bien a la calidad de la muestra sanguínea obtenida (Bossart et al. 2001). Una importante variabilidad de bilirrubina total ha sido descrita en lobo marino de Steller según sus zonas de distribución (Lander et al. 2013a), así como entre varamientos e individuos de vida libre de foca común (Lander et al. 2013), y lobo marino de California (Williams, 2013); observándose un incremento de su concentración durante sus varamientos. En el lobo fino de Guadalupe los menores valores de bilirrubina total se observaron en las cohortes de destetados y adultos de 2017, lo cual coincidió con la menor concentración de triglicéridos y proteína total, y mayor de creatinina así como con probables periodos de ayuno.

La creatina quinasa es una enzima ampliamente distribuida en tejido muscular cardíaco, esquelético y hepático, asociada a lesiones miocelulares, patologías hepáticas y estrés (ej. manejo, contención) en pinnípedos (Bossart et al. 2001;

Fauquier et al. 2008). En pinnípedos no es una enzima muy estudiada, y no se han reportado diferencias entre clases de edad, tales como: la foca común (Greig et al. 2010), elefante marino del Norte (Yochem et al. 2006) y lobo fino Antártico (Tryland et al. 2012), pero si una amplia variabilidad en su concentración (Williams, 2013). Sin embargo, en el lobo fino de Guadalupe se reportaron diferencias entre clases de edad, con la mayor concentración en destetados y menor en juveniles, donde los adultos exhibieron valores similares al de juveniles y destetados, así como la mayor amplitud de sus rangos. Esta tendencia ya ha sido descrita en el lobo marino de Steller, donde destetados exhibieron una mayor concentración, respecto a juveniles y adultos (Gerlinsky et al. 2018). Se ha sugerido una mayor concentración y amplitud en los rangos de creatina quinasa relaciona a un mayor esfuerzo en la captura de los organismos (Boily et al. 2006). Lo cual podría asociarse a la mayor concentración observada en destetados y la mayor amplitud estimada en adultos de lobo fino de Guadalupe.

Las diferencias interanuales de creatina quinasa entre las cohortes de adultos y destetados de lobo fino de Guadalupe, con la mayor concentración en 2016 fueron contrastantes. Sin embargo, el lobo fino de Guadalupe exhibió rangos de creatina quinasa ligeramente menores a lo reportado en otros con foca arpa, foca anillada, lobo marino australiano y lobo fino Antártico (Cargill et al. 1979; Worthy & Lavigne, 1982; Greig et al. 2010; Tryland et al. 2012), sin asociarse con algún problema de salud de acuerdo con otros parámetros sanguíneos reportados (Dierauf & Gulland, 2001). En 2016 la cohorte de destetados de lobo fino de Guadalupe exhibió tallas más pequeñas, y al contrastar la creatina quinasa de destetados de lobo fino de Guadalupe de Isla Guadalupe y el evento de mortalidad inusual, en los últimos el promedio fue mayor.

No se descarta que los valores elevados de creatina quinasa de lobo fino de Guadalupe, tanto durante el evento de mortalidad inusual como los de Isla Guadalupe se asocien al estrés producido durante su manejo (ej. captura, contención) (Bossart et al. 2001), o a la calidad de las muestras sanguíneas (ej. hemolisis) (Tryland et al. 2006).

En pinnípedos son escasos los trabajos donde se analice la deshidrogenasa láctica, enzima distribuida en todos los tejidos, y cuya liberación al torrente sanguíneo se ha asociado con lesiones (Dufour et al. 2005). En huérfanos de elefante marino del Norte el incremento de deshidrogenasa láctica se asoció con daño muscular, hepático o en corazón por inanición y/o trauma (Costa & Ortiz, 1982). En el presente estudio, los destetados de lobo fino de Guadalupe exhibieron una mayor concentración de deshidrogenasa láctica, y la menor concentración fue en adultos; coincidiendo con lo observado entre crías lactantes y adultos de lobo fino Antártico (Tryland et al. 2012). A pesar de estas diferencias, los rangos entre clases de edad del lobo fino de Guadalupe son similares a lo observado en organismos sanos de lobo marino de California y foca común (Roletto et al. 1993), lobo fino Antártico y foca de Ross (Tryland et al. 2012).

Por otro lado, el incremento de deshidrogenasa láctica en las cohortes de adultos y destetados en 2016 coincidió con la eosinofilia reportada (ver capítulo 1), donde también se observó una importante amplitud en los rangos, especialmente en la cohorte de adultos. En una hembra adulta de lobo fino de Guadalupe previo y posterior a su rehabilitación por inanición (Lander et al. 2000) se observó una concentración de deshidrogenasa láctica dentro de los rangos reportados en las hembras adultas de lobo fino de Guadalupe (promedio) en Isla Guadalupe. Aunque en el lobo marino Sudamericano no se identificó un incremento anómalo de deshidrogenasa láctica (ej. juveniles, subadultos y adultos), si se diagnosticó eosinofilia por probable parasitosis gastroentérica, donde la baja concentración de deshidrogenasa láctica se asoció al tipo de tejido parasitado (ej. entérico) (González-Saldía et al. 2015).

Es probable que en lobo fino de Guadalupe también responda al tipo de tejido parasitado, generando una concentración mayor de deshidrogenasa láctica en adultos de 2016. Finalmente, no se descarta que el estrés por manejo haya influido en su concentración (Bossart et al. 2001; Tryland et al. 2012).

La gama glutamil-transferasa es una enzima asociada especialmente a problemas en conductos biliares (ej. colestasis) e inflamación hepática (Duncan et al.

1994). En general son escasos los estudios en esta enzima, pero se sugiere que su mayor actividad es en tejido renal (Fauquier et al. 2008). De acuerdo con la literatura disponible, los valores de gama glutamil-transferasa del lobo fino de Guadalupe se encontraron dentro de los rangos reportados en crías y hembras lactantes sanas de lobo fino Sudamericano, con los mayores valores estimados en crías (Seguel et al. 2016).

En contraste, en el lobo fino de Guadalupe los juveniles exhibieron la concentración mayor seguido de adultos, y, por último, destetados. Sin embargo, en elefante marino del Norte los juveniles exhibieron la segunda mayor concentración de gama glutamil-transferasa, en contraste con destetados (Gerlinsky et al. 2018). Pareciera que existen variaciones en la concentración entre especies y clase de edad.

Aunque se reporta una gama glutamil-transferasa distinta entre subpoblaciones y tallas de foca hawaiana (*Neomonachus schauinslandi*), con una menor concentración en tallas menores (Reif et al. 2004), así como durante cuadros de malnutrición en lobo marino de California y elefante marino del Norte (Denninson et al. 2007). También se ha observado lo contrario, donde su incremento se ha relacionado con estrés nutricional en lobo marino de Steller (Rosen et al. 2004), y ayunos prolongados en elefante marino del Norte (Vázquez-Medina et al. 2011); esto último coincide con lo observado en el lobo fino de Guadalupe, donde ambas cohortes en 2017 exhibieron un incremento en gama glutamil-transferasa en conjunto con una disminución de proteína total y triglicéridos, sugiriendo periodos de ayuno.

Al contrastar los valores de gama glutamil-transferasa entre destetados del evento de mortalidad inusual (Ver anexo 2) e Isla Guadalupe, las diferencias fueron contrastantes, con una mayor concentración en los organismos del evento de mortalidad inusual. Esto podría sugerir que los datos obtenidos en el presente estudio provienen de organismos sanos en condiciones de ayuno, y no de inanición o asociados alguna patología. Incluso de acuerdo con lo observado en una hembra adulta de lobo fino de Guadalupe, cuyo varamiento se asoció a inanición, la gama glutamil-transferasa (Lander et al. 2000) fue mayor a lo reportado en los individuos de Isla Guadalupe.

La enzima aspartato transaminasa se relaciona con daños hepáticos, neoplasias y enfermedades cardíacas (Bossart et al. 2001). La disminución de aspartato transaminasa conforme la edad de los individuos ha sido descrita en el lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018) y lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), coincidiendo con lo observado en lobo fino de Guadalupe. Aunque también se sugiere que el daño muscular, hemolisis y el tipo de contención (física o química) podría influir en su concentración plasmática total (Gerlinsky et al. 2018). Sin embargo, la concentración de aspartato transaminasa entre clases de edad del lobo fino de Guadalupe se encontraron dentro de los rangos registrados en crías y hembras lactantes sanas de lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), lobo fino Antártico (Tryland et al. 2012), adultos de foca de Ross y foca cangrejera (Tryland et al. 2012), así como entre juveniles (Roletto, 1988; Browne 1995) y añeros de lobo marino de California (Bossart et al. 2001).

En 2016 los adultos de lobo fino de Guadalupe exhibieron la mayor concentración de aspartato transaminasa con valores similares a lo publicado en otras especies de pinnípedos (Seguel et al. 2016; Tryland et al. 2012; Gerlinsky et al. 2018), incluido al de sus similares varados en las costas de California (Lander et al. 2000; NOAA, 2019b). Es posible que estos valores se asocien a la misma variabilidad presente en hembras adultas de lobo fino de Guadalupe. En contraste, los destetados de lobo fino de Guadalupe en Isla Guadalupe, y sus similares en el evento de mortalidad inusual (ver anexo 2), en estos últimos el aspartato transaminasa fue anómalamente mayor de acuerdo con lo estimado en lobo marino de California (Williams, 2013). Lo cual podría indicar algún proceso patológico o sugerir algún efecto del manejo de las muestras durante su colecta o procesamiento (Gerlinsky et al. 2018).

En pinnípedos la enzima alanina transaminasa se asocia con daños hepáticos, neoplasias y traumas (Bossart et al. 2001). De acuerdo con lo observado en lobo fino de Guadalupe, los valores de alanina transaminasa se encuentran dentro de los rangos establecidos en elefante marino del Norte (Gerlinsky et al. 2018), lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), foca de Ross y foca cangrejera (Tryland et al. 2012) y foca común (Lander et al. 2013).

Diferencias entre clases de edad han sido identificadas en pinnípedos, donde crías sanas de lobo fino Sudamericano exhibieron valores mayores respecto a adultos (Seguel et al. 2018). Contrario a lo observado en lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018), y la foca de Wedell, donde los adultos presentaron una concentración mayor respecto a crías (Yochem et al. 2009). En el lobo fino de Guadalupe no se observaron diferencias por clases de edad, pero si se apreciaron valores ligeramente menores en destetados, seguido de juveniles y adultos, coincidiendo con lo reportado en el lobo fino Antártico (Tryland et al. 2012), donde tampoco se identificaron diferencias entre crías, hembras y machos adultos, pero al igual que el lobo fino de Guadalupe, las crías exhibieron valores ligeramente menores respecto al de adultos.

Es difícil interpretar la ausencia de diferencias de alanina transaminasa entre clases de edad del lobo fino de Guadalupe. Sin embargo, la mayor concentración observada en destetados de lobo fino de Guadalupe durante el evento de mortalidad inusual, de acuerdo con lo reportado en otras especies como el lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), lobo fino Antártico, foca de Weddel y foca cangrejera (Tryland et al. 2012), podría sugerir que los datos obtenidos de destetados de Isla Guadalupe son rangos saludables.

Algunas variaciones en la concentración de alanina transaminasa se han asociado con cambios en el tipo de presas en foca común, donde aquellas presas con mayor proteína ejercen una mayor actividad enzimática y reacciones de transaminación, observándose finalmente en un incremento plasmático de alanina transaminasa (Trumble et al. 2006). Este incremento también se ha relacionado con parasitosis (Bossart et al. 2001), como lo observado en clases de edad avanzadas de lobo marino de Steller, resultado de la dieta, y una mayor exposición parasitaria (Mellish et al. 2006). Aunque posteriormente, en la misma especie, se reportó una mayor concentración de alanina transaminasa en etapas adultas, pero no por parasitosis (Gerlinsky et al. 2018); coincidiendo con lo observado en lobo fino de Guadalupe, donde a pesar de la eosinofilia diagnosticada en la cohorte de adultos en 2016, no se detectaron diferencias interanuales en la concentración de alanina transaminasa.

La fosfatasa alcalina es una enzima relacionada con enfermedades hepáticas y el crecimiento óseo. Por lo tanto, es de esperarse una mayor concentración en organismos jóvenes o bien durante patologías hepáticas y óseas (Bossart et al. 2001). Consecuentemente se han observado diferencias en su concentración entre crías lactantes y destetados así como en adultos de lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), lobo fino Antártico (Tryland et al. 2012) y lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018). En lobo fino de Guadalupe se observó una tendencia similar, donde en adultos se estimó la menor concentración, y en destetados la mayor concentración. Es probable que la similitud de fosfatasa alcalina entre añeros y adultos de lobo fino de Guadalupe, se asocie con el bajo número de muestras.

El lobo fino de Guadalupe presentó una fosfatasa alcalina dentro de lo estimado en organismos sanos de lobo marino de California (Roletto et al. 1993) con valores cercanos a lo reportado en hembras adultas de lobo fino Sudamericano (Seguel et al. 2016), y a lo anteriormente descrito en una hembra adulta de lobo fino de Guadalupe (Lander et al. 2000). Respecto a destetados de lobo fino de Guadalupe, estos tuvieron una mayor concentración de fosfatasa alcalina en contraste con el lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018). Lo anterior podría estar asociado a características intrínsecas de cada especie. Es interesante observar que a pesar de las diferencias en el peso y longitud total entre las cohortes (2016 y 2017) de destetados de Isla Guadalupe, no se observaron diferencias interanuales de fosfatasa alcalina. Sin embargo, durante el evento de mortalidad inusual, las crías tuvieron una menor concentración de fosfatasa alcalina, lo cual podría estar relacionarse con la causa del varamiento, donde se ha reportado una concentración menor durante cuadros de malnutrición e infecciones en el lobo marino de California (Williams, 2013) y elefante marino del Norte (Roletto et al. 1993).

En mamíferos marinos, el hierro se asocia especialmente con deficiencias en su alimentación, hemólisis y traumas, en contraste con el calcio el cual se vincula con enfermedad renal (Bossart et al. 2001). Desafortunadamente en el presente estudio, no se logró estimar la concentración de hierro y calcio en todas las clases de edad (ej. juveniles), incluyendo ambos años. En 2016 los destetados de lobo fino de Guadalupe

presentaron una mayor concentración de hierro y calcio respecto a los adultos. Esto coincide con lo reportado en lobo marino de Steller (Gerlinsky et al. 2018) y elefante marino del Norte, donde las crías exhibieron un valor mayor de hierro y calcio en contraste con adultos (Yochem et al. 2008).

Los rangos establecidos de hierro en adultos y destetados de lobo fino de Guadalupe se reportan cercanos a los estimado en organismos clínicamente sanos de lobo fino del Norte (Mazzaro et al. 2004), lobo marino de California (añeros, juveniles, subadultos y adultos) (Williams, 2013), y mayor a lo observado en elefante marino del Norte (Yochem et al. 2008). A pesar de las limitantes en el total de muestras en lobo fino de Guadalupe, al comparar los valores de hierro y calcio entre hembras adultas y lo anteriormente descrito en la subespecie (Lander et al. 2003), en esta última se reportó una menor concentración de hierro y mayor de calcio respecto a las de Isla Guadalupe.

Al contrastar el hierro de destetados de Isla Guadalupe (190, 110-504 $\mu\text{g/dL}$) respecto a los del evento de mortalidad inusual, estos últimos exhibieron una concentración menor (84.5, 27-477 $\mu\text{g/dL}$). Durante varamientos de lobo marino de California por malnutrición/infección (80, 72-88 $\mu\text{g/dL}$) y traumas (60, 67-76 $\mu\text{g/dL}$), se observa una reducción importante de hierro, que coinciden con los valores observados en lobo fino de Guadalupe durante el evento de mortalidad inusual. Por lo tanto, se descarta algún problema de salud (ej. anemia, hemorragia) en lobo fino de Guadalupe de Isla Guadalupe.

2.6 CONCLUSIONES

1. Las concentraciones de sodio, cloro, fósforo y magnesio entre clases de edad del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) se encontraron dentro de los rangos observados en pinnípedos clínicamente sanos.

2. La menor concentración de sodio, y mayor de cloro entre las cohortes de destetados y adultos del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en las cohortes de 2017 sugiere diferentes grados de deshidratación.

3. La concentración de colesterol, triglicéridos, proteína total, glucosa, bilirrubina total y creatina quinasa, tanto interanual (2016 y 2017) como entre clases de edad del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) se encontraron dentro de los rangos observados en pinnípedos clínicamente sanos.

4. La mayor concentración de triglicéridos y proteína total en destetados de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) podría responder a una actividad linfocitaria.

5. La menor concentración de triglicéridos, proteína y bilirrubina total en adultos y destetados de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) durante 2017 podría sugerir condiciones de ayuno.

6. La mayor concentración de creatina quinasa en adultos de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) podría relacionarse al manejo (ej. estrés) durante su captura, especialmente en 2016.

7. La concentración de ácido úrico, nitrógeno ureico, creatinina y deshidrogenasa láctica entre clases de edad del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) se reportaron dentro de los rangos observados en pinnípedos clínicamente sanos.

8. La mayor concentración de creatinina en destetados de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en 2017 podría relacionarse a las mayores tallas observadas respecto a la cohorte de 2016.

9. La mayor concentración de creatinina en destetados de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en Isla Guadalupe (2016 y 2017), respecto a sus similares durante el evento de mortalidad inusual en California podría asociarse con diferencias metabólicas durante periodos de ayuno e inanición.

10. La mayor concentración de deshidrogenasa láctica y proteína total en adultos de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en 2016 podría relacionarse a la eosinofilia y probable exposición parasitaria.

11. La concentración de gama glutamil-transferasa, aspartato transaminasa y alanina transaminasa interanual (2016 y 2017), así como entre clases de edad del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) se encontraron dentro de los rangos observados en pinnípedos clínicamente sanos.

12. La mayor concentración de glutamil-transferasa en adultos y destetados de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en 2017 en conjunto con una disminución de proteína total y triglicéridos podría relacionarse con periodos de ayuno de acuerdo con sus similares varados durante el evento de mortalidad inusual en California.

13. La concentración de fosfatasa alcalina interanual (2016 y 2017) y entre clases de edad del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) se encontraron dentro de los rangos observados en pinnípedos clínicamente sanos.

14. La concentración de hierro y calcio en hembras adultas y destetados de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en 2016 fueron cercanos a lo observado en otras especies, así como a lo anteriormente reportado en sus similares clínicamente sanos.

15. El sexo no se relacionó con ningún parámetro bioquímico observado en destetados y juveniles de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) de Isla Guadalupe durante 2016 y 2017.

Anexo 2.
Bioquímica sanguínea

Tabla L. Bioquímicas sanguíneas (media $\pm$ D.E) (valores mínimos y máximos) de individuos adultos, juveniles y añeros de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Elemento químico	Adulto		Juvenil	Añero
	2016	2017		2017
	<i>n</i> = 10	<i>n</i> = 11	<i>n</i> = 25	<i>n</i> = 4
Sodio (mmol/L) (Na)	152.6 $\pm$ 3.3 (150-160)	147.7 $\pm$ 4.0 (143-157)	148.6 $\pm$ 6.0 (142-172)	150 $\pm$ 5.5 (145-158)
Cloro (mmol/L) (Cl)	113.1 $\pm$ 3.3 (110-121)	108.8 $\pm$ 3.9 (105-118)	110.5.2 $\pm$ 4.8 (103-127)	109.7 $\pm$ 4.6 (105-116)
Bilirrubina total (mg/dL) (TBI)	0.24 $\pm$ 0.05 (0.20-0.30)	0.10 $\pm$ 0.03 (0.08-0.20) <i>n</i> = 9	0.14 $\pm$ 0.05 (0.01-0.2) <i>n</i> = 22	0.20 $\pm$ 0.01 (0.20-0.21)
Fosfatasa alcalina (U/L) (ALPI)	76.8 $\pm$ 25.5 (31-116)	ND	ND	80 $\pm$ 1.5 (40-110)
Creatinquinasa (U/L) (CKI)	675.6 $\pm$ 971 (172-3389)	125.9 $\pm$ 58.6 (67-262) <i>n</i> = 10	191.1 $\pm$ 189.2 (89-1097)	229.5 $\pm$ 234 (89-580)
Deshidrogenasa láctica (U/L) (LDI)	710.5 $\pm$ 244 (447-1230)	442.3 $\pm$ 77.9 (324-562)	610.3 $\pm$ 110.4 (398-858)	637.5 $\pm$ 90.5 (568-767)
Triglicéridos (U/L) (TGL)	65.2 $\pm$ 133 (18-125)	46.0 $\pm$ 22.7 (13-79) <i>n</i> = 10	52.1 $\pm$ 22.7 (10-98)	97.2 $\pm$ 17.9 (81-120)
Colesterol total (mg/dL) (CHOL)	218.1 $\pm$ 85.3 (100-323) <i>n</i> = 9	219.7 $\pm$ 42.1 (155-294)	235.1 $\pm$ 57.5 (108-347)	193 $\pm$ 22.5 (162-212)
Hierro (ug/dL) (IRON)	101 $\pm$ 41.7 (68-204) <i>n</i> = 9	ND	ND	ND
Aspartato transaminasa (U/L) (AST)	47.5 $\pm$ 30 (13-88)	21.2 $\pm$ 14.5 (8-48)	27.8 $\pm$ 12.5 (11-59)	19.2 $\pm$ 6.7 (12-28)

	<i>n</i> = 10	<i>n</i> = 10		
Fósforo (mg/dL) (PHO)	5.1±0.8 (3.5-6.3) <i>n</i> = 9	6.3±0.4 (5.9-7.1) <i>n</i> = 9	6.3±0.9 (4.3-8.3)	5.8±1.7 (4.0-6.7)
Ácido úrico (mg/dL) (URCA)	1.03±0.2 (0.3-1.5)	0.58±0.15 (0.4-0.9)	0.46±0.13 (0.2-0.7)	0.50±0.14 (0.4-0.7)
Magnesio (mg/dL) (MG)	2.5±0.3 (2.1-3.0) <i>n</i> = 9	1.8±0.32 (1.7-2.8)	1.7±0.41 (1.4-2.8)	2.0±0.7 (1.4-3.0)
Nitrógeno ureico (mg/dL) (BUN)	41.8±3.8 (36-48)	44.6±8.6 (35-62)	40.5±9.5 (30-71)	41.5±12.3 (31-58)
Creatinina (mg/dL) (CREA)	1.0±0.3 (0.5-1.5) <i>n</i> = 9	1.16±0.2 (0.8-1.5) <i>n</i> = 11	1.03±0.2 (0.7-1.4)	1.02±0.2 (0.7-1.3)
Calcio (mg/dL) (Ca)	8.6±0.6 (7.7-9.4) <i>n</i> = 8	ND	ND	ND
Glucosa (mg/dL) (GLU)	106.7±43.9 (89-165)	156.9±19.7 (135-191)	153.5±19.6 (99-206)	177.5±15.7 (158-191)
Alanina transaminasa (U/L) (ALT)	30.7±11.7 (20-53) <i>n</i> = 8	21±2.6 (12-24) <i>n</i> = 4	26.1±6.0 (18-37) <i>n</i> = 11	26.5±12.0 (18-35)
Gama glutamil transferasa (U/L) (GGT)	77.5±33.5 (32-121) <i>n</i> = 6	70.0±13.6 (53-91) <i>n</i> = 6	85.2±23.6 (55-153) <i>n</i> = 15	69.6±6.6 (64-77) <i>n</i> = 3
Proteína total (g/dL)	8.3±0.4 (7.6-9.0)	7.4±0.4 (6.6-8.1)		

ND: no determinado

Tabla M. Bioquímicas sanguíneas (media ± D.E) (valores mínimos y máximos) de individuos destetados y subadulto de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Elemento químico	Destetado		Subadulto
	2016 <i>n</i> = 30	2017 <i>n</i> = 27	2017 <i>n</i> = 1
Sodio (mmol/L) (Na)	151.6±2.8 (146-155)	149.1±7.0 (142-171)	149
Potasio (mmol/L) (K)	3.7±0.3 (2.8-4.1)	ND	ND
Cloro (mmol/L) (Cl)	108.3±2.1 (104-112)	108.1±6.4 (101-126)	110
Bilirrubina total (mg/dL) (TBI)	0.18±0.06 (0.10-0.40) <i>n</i> = 29	0.14±0.07 (0.06-0.36)	0.21
Fosfatasa alcalina (ALPI) (U/L)	193.2±176.2 (90-1030)	ND	80
Creatinquinasa (U/L) (CKI)	588±589.2 (195-2768)	252.9±327.4 (68-1341)	130
Deshidrogenasa láctica (LDI) (U/L)	787.5±220 (551-1546)	566.7.8±127.6 (407-979)	583
Triglicéridos (TGL) (U/L)	100.8±47.9 (46-300)	73.0±26.9 (47-142) <i>n</i> = 26	103
Colesterol total (mg/dL) (CHOL)	187.4±43.4 (99-283)	185.2±38.7 (98-261)	212
Hierro (ug/dL) (IRON)	193.3±107 (118-604)	ND	ND
Aspartato transaminasa (U/L) (AST)	39.2±30.2 (16-182) <i>n</i> = 23	23.4±53.7 (4-285)	28
Fósforo (mg/dL) (PHO)	5.3±5.2 (3.7-7.3) <i>n</i> = 30	5.6±0.5 (4.8-6.7) <i>n</i> = 27	6.2

Ácido úrico (mg/dL) (URCA)	1.0±0.4 (0.10-1.8) <i>n</i> = 30	0.60±0.12 (0.4-1.0) <i>n</i> = 27	0.4
Magnesio (mg/dL) (MG)	2.7±0.2 (2.2-3.4) <i>n</i> = 27	2.1±0.4 (1.5-3.5) <i>n</i> = 27	3
Nitrógeno ureico (mg/dL) (BUN)	27.1. ±8.8 (9-45) <i>n</i> = 28	25.0±8.9 (13-44) <i>n</i> = 27	58
Creatinina (mg/dL) (CREA)	0.92±0.19 (0.5-1.4) <i>n</i> = 27	1.0±0.19 (0.7-1.5) <i>n</i> = 27	0.93
Calcio (mg/dL) (Ca)	9.6±0.4 (8.9-10.6) <i>n</i> = 21	ND	ND
Glucosa (mg/dL) (GLU)	133.5±22.2 (91-192) <i>n</i> = 27	165.3±18.0 (128-201) <i>n</i> = 27	172
Alanina transaminasa (U/L) (ALT)	16.2±18.7 (10-76) <i>n</i> = 30	18.5±4.5 (9-56) <i>n</i> = 9	35
Gama glutamil transferasa (U/L) (GGT)	40.3±17.8 (4.0-87) <i>n</i> = 20	58.9±13.0 (28-89) <i>n</i> = 15	ND
Proteína total (g/dL) (PT)	8.1±0.6 (7.0-10.0)	7.5±0.4 (6.2-8.1)	

ND: no determinado

Tabla N. Principales hallazgos hematológicos y bioquímicos de un individuo adulto emaciado de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*,) anterior y posterior a su rehabilitación en las costas de California, EE. UU.

Parámetro	Pre-rehabilitación	Post-rehabilitación
-----------	--------------------	---------------------

(unidad)		
Hematocrito (%)	54.50	52.50
Hierro (µl/L)	46.00	88.00
Triglicéridos (mg/dl)	44	83
Nitrógeno ureico (mg/dL)	43	64
Glucosa (mg/dL)	135.00	153.00
Aspartato transaminasa (U/l)	27.00	63.00
Proteína total (g/dL)	7.8	8.3

ND: No determinado

Tabla O. Bioquímicas sanguíneas (media $\pm$ D.E) (valores mínimos y máximos) de individuos varados y en vida libre de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) en Isla Guadalupe.

Elemento químico	Destetado		Añero
	Varamiento	Presente estudio	
	(UME) n= 18	n= 58	n= 4
Sodio (mmol/L) (Na)	149.4 $\pm$ 7.7 (140.6-177)	150.5 $\pm$ 5.3 (142-171)	150 $\pm$ 5.5 (145-158)
Potasio (µmol/L) (K)	4.4 $\pm$ 0.6 (3.3-5.5)	3.7 $\pm$ 0.3 (2.8-4.4)	ND
Cloro (mmol/L) (Cl)	114.6 $\pm$ 8.2 (108-145)	108.2 $\pm$ 4.6 (101-126)	109.7 $\pm$ 4.6 (105-116)
Bilirrubina total (mg/dL) (TBI)	0.86 $\pm$ 0.6 (0.20-2.8)	0.16 $\pm$.07 (0.06-0.40)	0.20 $\pm$ 0.01 (0.20-0.21)
Fosfatasa alcalina (U/L) (ALPI)	117.5 $\pm$ 30.7 (50-155)	188.4 $\pm$ 175.2 (47-1030) n= 31	80 $\pm$ 1.5 (40-110) n= 3
Creatinquinasa (U/L) (CKI)	2156 $\pm$ 5095 (97-2160)	427.7 $\pm$ 503 (68-2768)	229.5 $\pm$ 234 (89-580)

Deshidrogenasa láctica (U/L) (LDI)	ND	683.8±21 (407-1546)	637.5±90.5 (568-767)
Proteína total (gr/dL) (PT)	5.9±1.13 (4.3-8.5)	7.9±0.6 (6.2-10)	6.9±0.7 (6.2-7.7)
Triglicéridos (U/L) (TGL)	ND	86.7±42.3 (18-300)	97.2±17.9 (81-120)
Colesterol total (mg/dL) (CHOL)	ND	187.4±41.2 (98-283)	193±22.5 (162-212)
Hierro (ug/dL) (IRON)	84.5±21.8 (27-477) <i>n</i> = 18	190.6±106 (110-405)	ND
Aspartato transaminasa (U/L) (AST)	97.1±163.6 (5-697)	53.9±53.8 (25-285)	19.2±6.7 (12-28)
Ácido úrico (mg/dL) (URCA)	ND	0.82±0.37 (0.10-1.80)	0.50±0.14 (0.4-0.7)
Magnesio (mg/dL) (MG)	ND	2.4±0.48 (1.5-3.5)	2.0±0.7 (1.4-3.0)
Nitrógeno ureico (mg/dL) (BUN)	32.0±39.3 (9-179)	26.3±9.0 (9-45)	41.5±12.3 (31-58)
Creatinina (mg/dL) (CREA)	0.53±0.36 (0.2-1.9)	1.0±0.21 (0.5-1.5)	1.02±0.2 (0.7-1.3)
Calcio (mg/dL) (Ca)	8.6±0.7 (7.6-9.6)	ND	ND
Glucosa (mg/dL) (GLU)	145.1±30.7 (89-221)	148.4±26.5 (91-201)	177.5±15.7 (158-191)
Alanina transaminasa (U/L) (ALT)	55.5±41.6 (20-173)	16.9±17.5 (3.0-76) *	26.5±12.0 (18-35)
Gama glutamil transferasa	213±148 (74-706)	49.5±24.9 (4-91)	69.6±6.6 (64-77)

(GGT) (U/L)		
ND: No determinado		
Continuación		
Elemento químico	Adulto	
	UME <i>n</i> = 1	Presente estudio <i>n</i> = 21
Sodio (mmol/L) (Na)	147.9	150±4.3 (143-160)
Potasio (μmol/L) (K)	4.96	4.0±0.3 (3.7-4.9) <i>n</i> = 10
Cloro (mmol/L) (Cl)	114	110.8±4.1 (105-121)
Bilirrubina total (mg/dL) (TBI)	0.4	0.17±0.08 (0.08-0.30) <i>n</i> = 18
Fosfatasa alcalina (U/L) (ALPI)	33	76.8±25.5 (31-116) <i>n</i> = 10
Creatinquinasa (U/L) (CKI)	1958	387.6±711 (67-3389)
Deshidrogenasa láctica (U/L) (LDI)	ND	570±221 (324-1230)
Triglicéridos (U/L) (TGL)	ND	55.6±29.5 (13-125)
Proteína total (gr/dL) (PT)	5.3	7.7±0.8 (6.0-9.0)
Colesterol total (mg/dL) (CHOL)	ND	218.9±64.5 (10-323)
Hierro (ug/dL) (IRON)	43	101.4±41.7 (68-204) <i>n</i> = 9

Aspartato transaminasa (U/L) (AST)	23	33.1±25.9 (8-88)
Fósforo (mg/dL) (PHO)	7.4	5.7±0.89 (3.57-1)
Ácido úrico (mg/dL) (URCA)	ND	0.78±0.34 (0.30-1.5)
Magnesio (mg/dL) (MG)	ND	2.1±0.47 (1.7-3.0)
Nitrógeno ureico (mg/dL) (BUN)	20	43.4±6.90 (35-62)
Creatinina (mg/dL) (CREA)	1.34	1.11±0.27 (0.50-1.58)
Calcio (Ca) (mg/dL)	8.4	8.6±0.68 (7.7-9.4) <i>n</i> = 8
Glucosa (mg/dL) (GLU)	124	139.6±28.9 (89-191)
Alanina transaminasa (U/L) (ALT)	16	25.4±11.0 (12-53) <i>n</i> = 12
Gama glutamil transferasa (U/L) (GGT)	61	73.7±24.7 (32-121) <i>n</i> = 12

ND: No determinado

Tabla P. Media ($\pm$ desviación estándar), así como valores mínimos y máximos de proteína total (g/dL) por clase de edad del lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) de isla Guadalupe.

Clase de edad	Número de individuos	Proteína total (g/dl)	Valores mín.-máx.
Neonato	50	7.2±0.7	5.8-9.0
Destetado	58	7.9±0.6	6.2-10
Añero	4	6.9±0.7	6.2-7.7
Juvenil	24	7.0±0.5	6.1-8.0
Subadulto	1	6.5	
Adulto	21	7.7±0.8	6.0-9.0

CAPÍTULO 3.
MORFOLOGÍA

3.1 INTRODUCCIÓN

La condición corporal se define como un índice del estado nutricional de un individuo, especialmente en términos de sus reservas energéticas (proteína y grasa) (Schulte-Hostedde et al. 2001). En pinnípedos la condición corporal se asocia con características intrínsecas (salud, sexo, edad, etc.) (Coltman et al. 1998; Weckerly, 1998; Hall et al. 2002), y extrínsecas (disponibilidad del alimento, contaminación, etc.) de los individuos (McClatchie et al. 2006; Rausch et al. 2007; Österblom et al. 2008; Kovacs et al. 2011; Brock et al. 2013). Donde el ambiente actúa como uno de los principales factores causales de sus fluctuaciones debido a cambios en la disponibilidad de sus presas asociados al incremento de la temperatura superficial del mar (Scholin et al. 2004; Boren et al. 2006; Laidre et al. 2008; Mueller et al. 2011).

En mamíferos marinos una de las adaptaciones morfofisiológicas características y asociadas al estilo de vida acuático, es su talla (Berta et al. 2005). Esta se relaciona con su capacidad de buceo y, por lo tanto, a su conducta alimenticia (Leung et al. 2014; Jeglinski et al. 2012; Hassrick et al. 2010; Irvine et al. 2000). Es de esperarse que, durante periodos de cambios en la disponibilidad o abundancia de sus presas, los hábitos de alimentación de algunas especies se vean alterados, afectando así su balance energético (Castellini et al. 1993), reflejandose en la disminución de sus tallas y en casos extremos en su supervivencia (Trilmich & Limberger, 1985; Trilmich et al. 1991).

En este sentido, especies con hábitos especialistas (ej. lobo fino de Guadalupe) podrían ser más vulnerables a periodos de restricción alimentaria en contraste con especies con hábitos generalistas (ej. lobo marino de California) (Aurioles-Gamboa & Camacho-Ríos, 2007), especialmente durante cambios en la abundancia, distribución y calidad nutricional de sus presas.

3.2 ANTECEDENTES

Una de las principales causas de la variación espacio-temporal en la condición corporal de pinnípedos se asocia con fluctuaciones ambientales, principalmente por el incremento de la temperatura superficial del mar (Trillmich & Limberger, 1985; Guinet et al. 1998; Trites & Donnelly, 2003; Wheatley et al. 2006), y su impacto en la disponibilidad de recursos, lo cual es frecuente de observar durante El Niño-Oscilación del Sur, donde se reportan cambios en la ecología y biología del lobo marino y fino de Galápagos en Galápagos, Ecuador (Trillmich & Limberger, 1985); lobo marino Sudamericano, en Islas Ballestas, Perú (Soto et al. 2004; 2006); al elefante marino del Norte de Año Nuevo, EE.UU. (Le Boeuf & Reiter, 1991; Crocker et al. 2006); lobo fino del Norte de Isla San Miguel, EE. UU. (DeLong & Antonelis, 1991); lobo fino de Nueva Zelanda de la Isla Sur, Nueva Zelanda (Boren et al. 2006), y lobo marino de California de Isla San Nicolás, EE. UU (Boness et al. 1991).

El impacto de una pobre condición corporal en la salud ha sido descrito ampliamente en humanos (Correira et al. 2003), fauna doméstica (Slupe et al. 2008), y silvestre (Testa & Adams, 1998). En pinnípedos periodos de restricción alimentaria y una pobre condición corporal se ha relacionado con infertilidad por anovulación, abortos espontáneos, alteraciones en la implantación retardada y ciclos reproductivos así como una disminución en la condición corporal de las crías al nacimiento, durante su lactancia, disminuyendo su supervivencia (Boyd, 1984; Trillmich & Limberger, 1985; Trites, 1991; Lunn et al. 1994; Guinet et al. 1998; Trites & Donnelly, 2003; Wheatley et al. 2006). En machos adultos de lobo marino de Galapagos se han establecido mortalidades de hasta el 100%, y una reducción importante en su condición corporal (Trillmich & Dellinger, 1991, Trillmich et al. 1991; Soto et al. 2004), la cual se sugiere que podría influir negativamente en su esfuerzo y éxito reproductivo (Galimberti et al. 2007).

En contraste, durante etapas de inmadurez reproductiva, como la juvenil y en destetados su inexperiencia social, inmadurez fisiológica y previa dependencia materna (Hastings et al. 1999; Richmond et al. 2006; Proffitt et al. 2008) los hace particularmente vulnerables a cambios en la disponibilidad de sus presas, reflejándose

en su pobre condición corporal y elevada mortalidad durante fenómenos de calentamiento oceánico (Lander et al. 2010; Mueller et al. 2011; Jeglinski et al. 2012). Se ha sugerido que el consumo de presas con bajo aporte nutricional por periodos largos (años) puede estar asociado al declive de poblaciones, como lo sugerido en lobo marino de Steller (Rosen & Trites, 2000; Trites & Donelly, 2003).

Recientemente, las condiciones cálidas y persistentes a lo largo del Pacífico que iniciaron en Alaska debido la presencia de la Mancha (+ 1°C a 4°C) (Kintisch, 2015), y su deslazamiento a lo largo de California (2013-2016) (Di Lorenzo & Mantua, 2016), y en costas mexicanas (Jiménez-Quiroz et al. 2019), tuvieron un impacto biológico negativo a lo largo del Pacífico noroeste (Cavole et al. 2016), el cual incluyó una baja abundancia de fitoplancton, copépodos (Oregón, EE.UU) (Peterson et al. 2015), sardina (*Sardinops sagax*) y merluza (*Merluccius productus*) (Auth et al. 2018; Leising et al. 2015), así como un bajo peso (17%-20%) y tasa de crecimiento (78%) de crías de lobo marino de California en Isla San Miguel, California, EE. UU. (Leising et al. 2015). También se reportó un elevado número de varamientos por malnutrición de individuos jóvenes (destetados y juveniles) de lobo fino de Guadalupe y lobo marino de California a lo largo de las costas de California, declarándose para ambas especies *Eventos de Mortalidades Inusuales* (UME) por el gobierno estadounidense (2015-2016) (NOAA, 2013; 2015).

En México también se presenciaron un número de observaciones récord de lobo fino de Guadalupe en pobre condición corporal (Elorriaga-Verplancken et al. 2016). Incluso en crías de lobo fino de Guadalupe del Archipiélago de San Benito, B.C., aunque no se identificaron diferencias significativas interanuales (2014 y 2015) en su peso (kg) y longitud estándar (cm), si se reportaron diferencias isotópicas que se vincularon con un incremento en su cobertura alimentaria en 2015, lo cual se asoció a la elevada capacidad de dispersión de la especie y probables alteraciones en la disponibilidad de sus presas (Elorriaga-Verplancken et al. 2016).

En Isla Guadalupe no solo presenta la mayor abundancia de lobo fino de Guadalupe, también exhibe todas las estructuras de edad, y distintas preferencias en el consumo de presas respecto al Archipiélago de San Benito (Amador-Capitanachi et

al. 2017). Es posible que estas distintas preferencias, la localización de Isla Guadalupe y la persistencia de condiciones cálidas a lo largo del Pacífico noroeste y alrededor de Isla Guadalupe, hayan impactado la morfometría de esta especie (peso y longitud total), como consecuencia de cambios importantes en la distribución de sus presas principales, especialmente durante clases de edad tempranas.

3.3 MATERIAL Y MÉTODO

a. Área de estudio

Punta Sur, Isla Guadalupe (descrita en el Capítulo 1).

b. Método

3.3.1 Captura de individuos y colecta de datos morfométricos

Los neonatos se capturaron manualmente durante la temporada reproductiva de la subespecie en 2016 ($n=50$) en la zona de Punta Sur. Para minimizar el estrés durante la captura y manejo, no se excedió los 10 minutos por neonato. Se capturaron neonatos con una edad estimada de 50-60 días como máximo (McNab & Crawley, 1975). Cada neonato se pesó utilizando una escala de 50-kg y 0.5 kg de precisión (Trillmich, 1981), y se colocaron en posición ventral para la medición de la longitud estándar (LE) (cm), para finalmente determinar el sexo. Ver Capítulo 1 para ver detalles sobre la captura, contención y pesaje de destetados, juveniles subadulto y adulto. Los cuales fueron capturados durante la temporada invernal 2016 y 2017 en la zona de Punta Sur.

3.4 RESULTADOS

En total se obtuvo el peso (P) y longitud total (LT) de 163 individuos durante la temporada invernal 2016 y 2017, de los cuales fueron: destetados ($N=83$, hembra=39, macho=44; 2016: $n=30$, 2017: $n=53$, hembra= 24, macho= 29); añeros ($N=4$, 2017; hembra=2, macho=2); juveniles ($N=25$, 2017; macho=11, hembra=14); subadulto

(N=1, 2017), adultos (N= 21: 2016: hembra=10, 2017: hembra=11) y neonatos (60 días) (mediados de junio a mediados de agosto) en (2016=50, macho=25, hembra=25). Se estimó la media y desviación estándar del P (kg) y LT (cm) por clases de edad, identificándose diferencias significativas (K-W, $p<0.05$) (Tabla 9). Destetados exhibieron un P y LT menor al de juveniles, y este último, similar al de adultos (K-W, $p>0.05$). En destetados se estimó una correlación moderada entre el P y LT del total de los destetados (Spearman Rank: 0.65).

La regresión lineal entre ambas variables fue significativa ($r^2 = 0.44$ $p \leq 0.05$). En 2016 y 2017 se identificaron diferencias interanuales en P (kg) y LT (cm) entre las cohortes de destetados (U Mann-Whitney, $p > 0.05$) pero no entre las cohortes de adultos (2016: mediana P: 52.3 kg, min.-máx. 35.9-69.4 y LT: 141 cm min.-máx. 133-154 $n=10$; 2017: mediana P: 40.4 kg min.-máx. 25.6-68.2 y LT: 133 cm min.-máx. 113-179 $n= 11$). La cohorte de destetados en 2016 fue más liviana y corta (16.8 ± 2.9 kg; 88.5 ± 5.1 cm, $n=30$) respecto a 2017 (18.7 ± 3.4 kg y 92.4 ± 5.7 cm $n=53$) (Figura 7 y Figura 8). No se encontraron diferencias asociadas al sexo (U Mann-Whitney, $p > 0.05$). En juveniles la relación entre el P y LT fue significativa ($r^2 = .78$, $p < .005$), pero sin diferencias en P y LT asociadas al sexo (Mann-Whitney. $p > 0.05$).

Tabla 9. Media y desviación estándar del peso (kg) por clase de edad de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) en isla Guadalupe.

Clase de edad	Número de individuos	Peso (kg)	min- máx.	Longitud total (cm)	mín. máx.
Neonato	50	11.2 ± 1.6	9-16	78.9 ± 4.1	71-88
Destetado	83	18.0 ± 3.4	11.3-26.4	91.0 ± 5.8	79-104
Añero	4	15.2 ± 1.8	15-16.8	99 ± 4.2	94-103
Juvenil	25	29.8 ± 7.7	17-50.2	121 ± 11.0	95-146
Subadulto	1	80.2		162	
Adulto	21	46.2 ± 12.3	25.6-69.4	139.5 ± 12.8	113-179

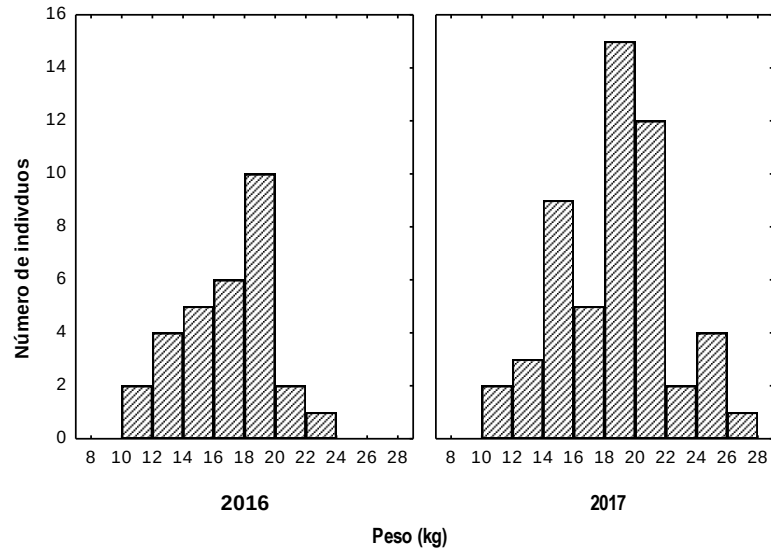


Figura 7. Distribución de peso (kg) observado entre las cohortes de destetados de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) durante la temporada invernal 2016 y 2017 en Isla Guadalupe.

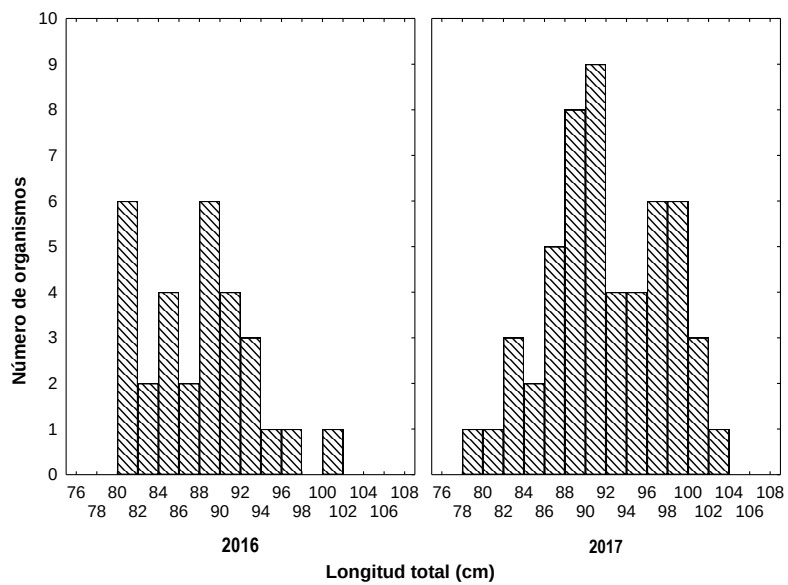


Figura 8. Distribución de la longitud total (cm) observada entre las cohortes de destetados de lobo fino de Guadalupe (*A. philippii townsendi*) durante la temporada invernal 2016 y 2017 en Isla Guadalupe.

3.5 DISCUSIÓN

En otáridos se han reportado diferencias en peso (kg) y longitud total (cm) entre clases de edad, observándose los menores pesos y longitudes totales en edades tempranas (Winship et al. 2001; Jeglinski et al. 2012), acentuándose estas diferencias en otáridos con un elevado dimorfismo sexual (Weckerly, 1998), y altamente poligínicas (Trivers 1972), tales como el lobo marino de California (Weise et al. 2010). El lobo fino de Guadalupe pertenece a unas de las especies de otáridos más pequeñas del mundo con un evidente dimorfismo sexual durante la adultez (Gallo-Reynoso, 1994). La similitud de peso (kg) y longitud total (cm) entre juveniles y hembras adultas de lobo fino de Guadalupe podría asociarse al bajo dimorfismo de la especie en etapas tempranas, cuyas diferencias están reguladas por factores hormonales así como nutricionales y ambientales (Badyaev, 2002).

Por otro lado, en otáridos las tallas se relacionan con la capacidad de buceo y hábitos de alimentación entre clases de edad (Jeglinski et al. 2012). De acuerdo con los avistamientos de juveniles y hembras adultas de lobo fino de Guadalupe en las costas de California (NOAA, 2019a), es probable que ambas clases tengan la misma capacidad de desplazamiento, lo cual podría estar relacionado con los pesos y longitudes similares observadas en el presente estudio.

En pinnípedos el éxito en la transición a la independencia alimentaria se relaciona con el peso adquirido y posteriormente, con la tasa de supervivencia al destete (Beauplet et al. 2005; Maniscalco, 2014). Por lo tanto, las habilidades maternas para provisionarle a sus crías de los requerimientos energéticos para su mantenimiento y crecimiento son esenciales durante esta etapa (Lee et al. 1991). Una nutrición inadecuada no solo es capaz de alterar el peso de las crías sino también su supervivencia (Trites & Donnelly, 2003).

Menores pesos y una menor tasa de supervivencia en pinnípedos, principalmente en otáridos, es frecuente durante periodos de restricción o alteración alimenticia, especialmente durante condiciones cálidas generadas por El Niño-Oscilación del Sur (Trillmich & Limberger, 1985; Soto et al. 2006) en contraste con años no-Niño (Trillmich & Dellinger, 1991). Consecuentemente, las variaciones del peso

responden directamente a las características de los recursos en su ambiente, ya sea a través de la abundancia o la calidad nutricional de sus presas (McClatchie et al. 2016). En contraste, la longitud total se asocia especialmente con aspectos genéticos de la especie (Promislow & Harvery, 1990; Boltnev et al. 1998). Sin embargo, también se ha reportado su disminución en cohortes de lobo marino de California durante condiciones cálidas persistentes (DeLong et. al. 2017).

El menor peso y longitud total en la cohorte de destetados de lobo fino de Guadalupe en 2016 coincidió espacial y temporalmente con condiciones cálidas a lo largo del Pacífico noroeste (Di Lorenzo & Mantua, 2016; Jacox et al. 2016). En contraste, la cohorte de destetados en 2017 exhibió el mayor peso y longitud total, cuando estas condiciones ya no eran cálidas alrededor de Isla Guadalupe. Los nacimientos de lobo fino de Guadalupe son anuales (junio-agosto) con un periodo de lactancia de entre 9 y 10 meses (Figueroa-Carranza, 1994; Gallo-Reynoso et al. 2008), y una dieta predominantemente teutófaga (Auriol-Gamboa & Camacho-Ríos, 2007).

Durante 2014 y 2015 los registros de especies de calamar (*D. gigas* y *D. opalescens*) se reportaron anormalmente norteños en California durante 2014-2015, cuando normalmente su pesca se realiza en el centro y sur de la corriente de California (Cavole et al. 2016); ambas especies presas principales del lobo fino de Guadalupe (Amador-Capitanachi et al. 2017; Juarez-Ruiz et al. 2018). Anteriormente, ya se ha descrito una disminución de *D. gigas* durante condiciones cálidas en conjunto con cambios en la distribución de sus presas (ej. peces mictofidos) a lo largo de la corriente de California (Stewart et al. 2014). Aunque el lobo fino de Guadalupe presenta unos de los viajes de alimentación más largos espacial (444 ± 151 km) y temporalmente (14.4 ± 8.3 días) entre otáridos, se reporta una extensión de estos durante eventos de calentamiento, tales como El Niño-Oscilación del Sur de 1992 (Gallo-Reynoso et al. 2008; Gallo-Reynoso, 1994).

Es probable que, durante condiciones cálidas, extremas y la reducción severa en la productividad primaria lo largo de Baja California (Gómez-Ocampo et al. 2018), haya tenido un impacto importante en la abundancia de sus presas y, por lo tanto, en los hábitos de alimentación, y posiblemente el cuidado materno del lobo fino de

Guadalupe, especialmente durante la lactancia en 2015 y 2016, disminuyendo el peso y longitud total de la cohorte de destetados en 2016. Lo cual podría sugerir que cambios en sus hábitos alimenticios en conjunto con sus limitantes morfofisiológicas probablemente impactaron negativamente el crecimiento del lobo fino de Guadalupe durante su primer año de vida (Gálvez et al. 2020).

Esta subóptima nutrición bajo condiciones de escasez alimenticia como consecuencia del menor aporte nutricional por parte de otras presas ya ha sido descrita en el lobo marino de California (McClatchie et al. 2016; DeLong et al. 2017), y también relacionada con posibles alteraciones en los periodos de lactancia (Ono et al. 1987; Soto et al. 2006) o bien a una disminución en la calidad de la leche materna (Georges et al. 2001; Riet-Sapiriza et al. 2012).

La ausencia de diferencias interanuales en el peso y longitud total de hembras adultas de lobo fino de Guadalupe fue inesperada, ya que durante eventos de calentamiento extremo (ej. un El Niño-Oscilación del Sur severo), en conjunto con cambios en la abundancia y distribución de sus presas se reporta su disminución, así como su supervivencia (Trillmich, 1990), como lo observado en lobo marino y fino de Galápagos (Trillmich & Limberger, 1985) y lobo fino del Norte (Trillmich, 1990).

En otáridos, la gestación y lactancia son periodos energéticamente demandantes, donde las hembras deben cubrir primeramente sus necesidades energéticas para garantizar su supervivencia, y posteriormente, la de su prole (Oftedal, 1987). Durante periodos de escasez alimenticia es probable que este equilibrio energético y metabólico se vea afectado llegando en casos extremos al abandono de crías (Trillmich & Ono, 2012). Debido a la similitud del peso y longitud total durante 2016 y 2017, es probable que sus necesidades energéticas hayan sido cubiertas, a pesar de las condiciones cálidas alrededor de Isla Guadalupe y los cambios en la distribución/abundancia de sus presas, lo cual también podría relacionarse al bajo número de registros de varamientos hembras adultas durante el evento de mortalidad inusual a lo largo de las costas de California (NOAA, 2019a).

3.6 CONCLUSIONES

1. Las cohortes de destetados de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) exhibieron un menor peso y longitud total en 2016 respecto a 2017, lo cual podría asociarse al calentamiento reportado durante 2015-2016, el cual coincide con el periodo de lactancia (2015-2016) de la cohorte 2016.

2. Las cohortes de hembras adultas de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) presentaron un peso (kg) y longitud total (cm) similar entre 2016 y 2017. Es posible que a pesar de las condiciones cálidas generadas las hembras fueron capaces de alimentarse adecuadamente manteniendo un peso (kg) similar entre años.

3. Los juveniles de lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus philippii townsendi*) presentaron un peso (kg) y longitud total (cm) similar al de hembras adultas, lo cual podría reflejar el bajo dimorfismo sexual del lobo fino en etapas tempranas.

V. DISCUSIÓN GENERAL

A pesar de la identificación de cambios hematológicos, bioquímicos y morfométricos en lobo fino de Guadalupe relacionados a su edad, también se observaron variaciones asociadas a su salud.

Durante condiciones cálidas (ej. El Niño-Oscilación del Sur) y alteraciones en la abundancia/distribución de presas, algunas poblaciones de pinnípedos exhiben una disminución de su condición nutricional, salud y supervivencia (Trillmich et al. 1991). A pesar de las condiciones extremas y cálidas generadas a lo largo del Pacífico noreste (Di Lorenzo & Manuta, 2016; Jacox et al. 2016) asociadas al evento de mortalidad inusual de lobo fino de Guadalupe, a lo largo de las costas de California, especialmente de organismos jóvenes emaciados (NOAA, 2019a,b), y que se asoció con alteraciones hábitos alimenticios de hembras lactantes de lobo fino de Guadalupe en San Benito (Elorriaga-Verplancken et al. 2016). De acuerdo con el presente estudio, en Isla Guadalupe los efectos no fueron severos. Los destetados exhibieron tallas menores en 2016 respecto a 2017 en contraste con hembras adultas, quienes presentaron tallas similares.

Las menores tallas de destetados en 2016 respecto a 2017 podrían sugerir alteraciones en su alimentación y crecimiento desde etapas tempranas (ej. lactancia) (DeLong et al. 2017; Gálvez et al. 2020), cuando se reportaba la prevalencia de condiciones cálidas (2014-2016) y cambios ecológicos y biológicos a lo largo del Pacífico noroeste, los cuales afectaron la distribución de algunas presas principales del lobo fino de Guadalupe (*D. digas* y *D. opalescens*) (Cavole et al. 2016). Finalmente, la eosinofilia observada en hembras adultas de lobo fino de Guadalupe en 2016, así como la mayor concentración leucocitaria podría sugerir algún proceso o exposición algún patógeno, coincidiendo con los valores en especies de otáridos diagnosticados con parasitosis (Marcus et al. 2015). En contraste con adultos, el incremento de monocitos, eosinófilos y el total de leucocitos en destetados podría reflejar una mayor estimulación celular en destetados durante 2016 respecto a la cohorte de 2017, hallazgos similares a lo reportado en el lobo marino de California (DeRango et al. 2019).

VI. CONCLUSIÓN GENERAL

A pesar de las condiciones cálidas alrededor de Isla Guadalupe y de acuerdo con los análisis hematológicos, bioquímica sanguínea, morfométricos y la eosinofilia observada en adultos de lobo fino de Guadalupe en 2016 (*Arctocephalus philippii townsendi*), en general los individuos no exhibieron procesos infecciosos y de malnutrición como se observa frecuentemente durante eventos de calentamiento y cambios en la disponibilidad de presas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Extender temporalmente estudios hematológicos y bioquímicos en el lobo fino de Guadalupe con el objetivo de conocer y establecer la variabilidad de cada parámetro sanguíneo durante años ambientalmente estables.

2. Iniciar con estudios epidemiológicos aplicando herramientas moleculares y serológicas que permitan detectar los principales agentes infecciosos a los que está expuesta la población, con énfasis en zoonóticos y altamente virulentos, y que podrían representar un riesgo para su supervivencia con consecuencias negativas para la salud humana.

3. Extender temporalmente estudios morfométricos en el lobo fino de Guadalupe con el objetivo de conocer la variabilidad de sus tallas entre distintas clases de edad, especialmente durante etapas tempranas catalogadas como las más vulnerables.

VIII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Abollo, E., Gestal, C., López, A., González, A. F., Guerra, A., & Pascual, S. (1998). Squid as trophic bridges for parasite flow within marine ecosystems: the case of *Anisakis simplex* (Nematoda: Anisakidae), or when the wrong way can be right. *African Journal of Marine Science*, 20.

Acevedo-Whitehouse, K., & Duffus, A. L. (2009). Effects of environmental change on wildlife health. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1534), 3429-3438.

Acuña, H. O., & Francis, J. M. (1995). Spring and summer prey of the Juan Fernandez fur seal, *Arctocephalus philippii*. *Canadian Journal of Zoology*, 73(8): 1444-1452.

Aguirre, A. A. (2009). Wild canids as sentinels of ecological health: a conservation medicine perspective. *Parasites & vectors*, 2(1), S7.

Aguirre, A. A., Ostfeld, R. S., Tabor, G. M., House, C., & Pearl, M. C. (Eds.). (2002). *Conservation medicine: ecological health in practice*. Oxford University Press.

Alexander, R. D., Hoogland, J. L., Howard, R. D., Noonan, K. M., & Sherman, P. W. (1979). Sexual dimorphisms and breeding systems in pinnipeds, ungulates, primates, and humans. *Evolutionary biology and human social behavior: An anthropological perspective*, 402-435.

Amador-Capitanachi, M.J., Moreno-Sánchez, X.G., Juárez-Ruiz, A., Ferretto, G., & Elorriaga-Verplancken, F.R. (2017). Trophic variation between the two existing Guadalupe fur seal colonies on Guadalupe Island and the San Benito Archipelago, Mexico. *Aquat. Mammal*, 43:14–25.

Arnould, J. P., Green, J. A., & Rawlins, D. R. (2001). Fasting metabolism in Antarctic fur seal (*Arctocephalus gazella*) pups. *Comp Biochem Physiol. A. Mol Integr Physiol*. 129:829–841

Arnould, J. P., & Hindell, M. A. (2001). Dive behaviour, foraging locations, and maternal-attendance patterns of Australian fur seals (*Arctocephalus pusillus doriferus*). *Canadian Journal of Zoology*, 79(1), 35-48.

Arnould, J. P., & Warneke, R. M. (2002). Growth and condition in Australian fur seals (*Arctocephalus pusillus doriferus*) (Carnivora: Pinnipedia). *Australian Journal of Zoology*, 50(1), 53-66.

Arnould, J. P., & Hindell, M. A. (2002). Milk consumption, body composition and pre-weaning growth rates of Australian fur seal (*Arctocephalus pusillus doriferus*) pups. *Journal of Zoology*, 256(3): 351-359.

Arnould, J. P., Luque, S. P., Guinet, C., Costa, D. P., Kingston, J., & Shaffer, S. A. (2003). The comparative energetics and growth strategies of sympatric Antarctic and Subantarctic fur seal pups at Iles Crozet. *J. Exp. Biol.* 206, 4497-4506.

Arnould, J. P. Y., Cherel, Y., Gibbens, J., White, J. G., & Littnan, C. L. (2011). Stable isotopes reveal inter-annual and inter-individual variation in the diet of female Australian fur seals. *Marine Ecology Progress Series*, 422: 291-302.

Aubin, D. S., Austin, T. P., & Geraci, J. R. (1979). Effects of handling stress on plasma enzymes in harp seals, *Phoca groenlandica*. *Journal of wildlife diseases*, 15(4), 569-572.

Aurioles-Gamboa, D., & Camacho-Ríos, F. J. (2007). Diet and feeding overlap of two otariids, *Zalophus californianus* and *Arctocephalus townsendi*: Implications to survive environmental uncertainty. *Aquatic Mammals*, 33(3), 315.

Aurioles-Gamboa, D., Elorriaga-Verplancken, F., & Hernández-Camacho, C. J. (2010). The current population status of Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*) on the San Benito Islands, Mexico. *Marine Mammal Science*, 26(2): 402-408.

Auth, T. D., Daly, E. A., Brodeur, R. D., & Fisher, J. L. (2018). Phenological and distributional shifts in ichthyoplankton associated with recent warming in the northeast Pacific Ocean. *Global change biology*, 24(1), 259-272.

Badyaev, A. V. (2002). Growing apart: an ontogenetic perspective on the evolution of sexual size dimorphism. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(8), 369-378.

Baker, J. D. (2007). Post-weaning migration of northern fur seal *Callorhinus ursinus* pups from the Pribilof Islands, Alaska. *Marine Ecology Progress Series*, 341: 243-255.

Banish, L. D., & Gilmartin, W. G. (1988). Hematology and serum chemistry of the young Hawaiian monk seal (*Monachus schauinslandi*). *Journal of Wildlife Diseases*, 24(2), 225-230.

Banuet-Martínez, M., Espinosa-de Aquino, W., Elorriaga-Verplancken, F. R., Flores-Morán, A., García, O. P., Camacho, M., & Acevedo-Whitehouse, K. (2017). Climatic anomaly affects the immune competence of California sea lions. *PloS one*, 12(6): e0179359.

Beauplet, G., Barbraud, C., Chambellant, M., & Guinet, C. (2005). Interannual variation in the post-weaning and juvenile survival of subantarctic fur seals: influence of pup sex, growth rate and oceanographic conditions. *Journal of Animal Ecology*, 74(6), 1160-1172.

Beck, C. A., Iverson, S. J., Bowen, W. D., & Blanchard, W. (2007). Sex differences in grey seal diet reflect seasonal variation in foraging behavior and reproductive expenditure: evidence from quantitative fatty acid signature analysis. *Journal of Animal Ecology*, 76(3), 490-502.

Bishop, D. H., & Morado, J. F. (1995). Results on blood cell morphology and differential blood cell counts from seventeen Steller sea lion *Eumetopias jubatus* pups. *Diseases of aquatic organisms*, 23(1), 1-6.

Boily, F., Beaudoin, S., & Measures, L. N. (2006). Hematology and serum chemistry of harp (*Phoca groenlandica*) and hooded seals (*Cystophora cristata*) during the breeding season, in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Journal of wildlife diseases*, 42(1), 115-132.

Boltnev, A., A. York., & Antonelis, G. (1998). Northern fur seal young: Interrelationships among birth size, growth, and survival. *Can. J. Zool.*, 76: 843–854.

Bond, N. A., Cronin, M. F., Freeland, H., & Mantua, N. (2015). The blob: an extreme warm anomaly in the Northeast Pacific [in “State of the climate in 2014”]. *Bull Am Meteorol Soc*, 96, S62-S63.

Bond, N. A., Cronin, M. F., Freeland, H., & Mantua, N. (2015). Causes and impacts of the 2014 warm anomaly in the NE Pacific. *Geophys. Res. Lett.* 42, 3414–3420.

Boness, D., Oftedal, O., & Ono, K. (1991). The effect of El Niño on pup development in the California sea lion (*Zalophus californianus*) I. Early postnatal growth. In Pinnipeds and El Niño (pp. 173-179). *Springer Berlin Heidelberg*. 173-179.

Boren, J., Muller, G., & Gemmell, N. (2006). Colony growth and pup condition of the New Zealand fur seal (*Arctocephalus forsteri*) on the Kaikoura coastline compared with other east coast colonies. *Wildlife Research*, 33(6): 497-505.

Bossart, G. D. & Dierauf, L. A. (1990). Marine mammal clinical laboratory medicine. In Handbook of marine mammal medicine: Health, disease, and rehabilitation, L. A. Dierauf (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 1–52.

Bossart, T., Reidarson, L., Dierauf, D., & Duffield, A. Clinical pathology. Marine Mammal Medicine. 2001. 2 ed. CRC Press, Boca Raton, Florida 383–436pp.

Boyd, I. (1984). The relationship between body condition and the timing of implantation in pregnant grey seals (*Halichoerus grypus*). *Journal of Zoology*, 203(1): 113-123.

Brock, P. M., Hall, A. J., Goodman, S. J., Cruz, M., & Acevedo-Whitehouse, K. (2013). Applying the tools of ecological immunology to conservation: A test case in the Galapagos sea lion. *Anim Conserv.* 16:19–31.

Brock, P. M., Goodman, S. J., Hall, A. J., Cruz, M., & Acevedo-Whitehouse, K. (2015). Context-dependent associations between heterozygosity and immune variation in a wild carnivore. *BMC evolutionary biology*, 15(1), 242.

Bryden, M. & Lim, G. (1969). Blood parameters of the southern elephant seal (*Mirounga leonina* Linn.) in relation to diving. *Comp Biochem Physiol*;28:139–48.

Buchmann, K. (2014). Evolution of innate immunity: clues from invertebrates via fish to mammals. *Frontiers in immunology*, 5, 459.

Buhnerkempe, M. G., Prager, K. C., Strelloff, C. C., Greig, D. J., Laake, J. L., Melin, S. R., & Lloyd-Smith, J. O. (2017). Detecting signals of chronic shedding to explain pathogen persistence: *Leptospira interrogans* in California sea lions. *Journal of Animal Ecology*, 86(3), 460-472.

Burek, K. A., Gulland, F. M., & O'Hara, T. M. (2008). Effects of climate change on Arctic marine mammal health. *Ecological Applications*, 18(sp2), S126-S134.

Burns, J., D. Costa, Frost, K., & Harve, J. (2005). Development of body oxygen stores in harbor seals: effects of age, mass, and body composition. *Physiological and Biochemical Zoology*, 78(6): 1057-1068

Burns, J. M., Lestyk, K. C., Folkow, L. P., Hammill, M. O., & Blix, A. S. (2007). Size and distribution of oxygen stores in harp and hooded seals from birth to maturity. *Journal of Comparative Physiology B*, 177(6): 687-700.

Cargill, C. F., Needham, D. J., & Judson, G. J. (1979). Plasma biochemical values of clinically normal Australian sea lions (*Neophoca cinerea*). *Journal of wildlife diseases*, 15(1), 105-110.

Castellini, M. & Costa, D. (1990). Relationships between plasma ketones and fasting duration in neonatal elephant seals. *American Journal of Physiology*, 259:1086–1089.

Castellini, M. A., Davis, R. W., Loughlin, T. R., & Williams, T. M. (1993). Blood chemistries and body condition of Steller sea lion pups at Marmot Island, Alaska. *Journal of Marine Mammal Science*, 9(2): 202-208.

Castellini, M., Meiselman, J., & Castellini, M. (1996). Understanding and interpreting hematocrit measurements in pinnipeds. *Marine Mammal Science*, 12(2): 251-264.

Cavagnolo, R. Z. & Vedros, N.A. (1979). Serum and colostrum immunoglobulin levels in the northern fur seal, *Callorhinus ursinus*. *Dev. Comp. Immunol.* 3, 139–146.

Cavole, L.M., Demko, A.M., Diner, R.E., Giddings, A., Koester, I., Pagniello, C.M., Paulsen, M.-L., Ramirez-Valdez, A., Schwenck, S.M., Yen, N.K. (2016). Biological impacts of the 2013–2015 warm-water anomaly in the Northeast Pacific: Winners, losers, and the future. *Oceanography*, 29: 273–285.

Champagne, C. D., Crocker, D. E., Fowler, M. A., & Houser, D. S. (2012). Fasting physiology of the pinnipeds: the challenges of fasting while maintaining high energy expenditure and nutrient delivery for lactation. In *Comparative physiology of fasting, starvation, and food limitation* (pp. 309-336). Springer, Berlin, Heidelberg.

Colegrove, K. M., Greig, D. J., & Gulland, F. M. (2005). Causes of live strandings of northern elephant seals (*Mirounga angustirostris*) and Pacific harbor seals (*Phoca vitulina*) along the central California coast, 1992-2001. *Aquatic Mammals*, 31(1), 1.

Conlon, I., & Raff, M. (1999). Size control in animal development. *Cell*, 96(2), 235-244.

Correia, T. & Waitzberg, D. (2003). The impact of malnutrition on morbidity, mortality, length of hospital stay, and costs evaluated through a multivariate model analysis. *Clinical nutrition*, 22(3): 235-239.

Costa, D. P., & Ortiz, C. L. (1982). Blood chemistry homeostasis during prolonged fasting in the northern elephant seal. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 242(5), R591-R595.

Costa, D. P., Crocker, D. E., & Gales, N. J. (1998). Blood volume and diving ability of the New Zealand sea lion, *Phocarctos hookeri*. *Physiological Zoology*, 71(2): 208-213.

Costa, D. P., Gales, N. J., & Goebel, M. E. (2001). Aerobic dive limit: how often does it occur in nature?. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 129(4), 771-783.

Costa, D. P., Kuhn, C. E., Weise, M. J., Shaffer, S. A., & Arnould, J. P. (2004, December). When does physiology limit the foraging behaviour of freely diving mammals?. In International congress series (Vol. 1275, pp. 359-366). Elsevier.

Crocker, E., D. Costa, J. Le Boeuf, Webb, M. & Houser, D. (2006). Impact of El Niño on the foraging behavior of female northern elephant seals. *Marine Ecology-Progress Series*, 309: 1-10.

Croft, L., E. Napoli, C. Hung, J. Leger, S. Gearhart, Heym, K. & Giulivli, C. (2013). Clinical evaluation and biochemical analyses of thiamine deficiency in Pacific harbor seals (*Phoca vitulina*) maintained at a zoological facility. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 243(8): 1179-118

Cunningham, J. & Klein, B. (2007). Fisiología Veterinaria. 4a ed. Editorial Interamericana. Missourey, EE.UU. 715pp.

Daszak, P., Cunningham, A. A., & Hyatt, A. D. (2000). Emerging infectious diseases of wildlife--threats to biodiversity and human health. *Science*, 287(5452), 443-449.

Deem, S. L., Karesh, W. B., & Weisman, W. (2001). Putting theory into practice: wildlife health in conservation. *Conservation biology*, 15(5), 1224-1233.

Deem, S. L., Spelman, L. H., Yates, R. A., & Montali, R. J. (2000). Canine distemper in terrestrial carnivores: a review. *Journal of Zoo and Wildlife medicine*, 31(4), 441-451.

DeLong, R. & Antonelis, A. (1991). Impact of the 1982–1983 El Niño on the northern fur seal population at San Miguel Island, California. In *Pinnipeds and El Niño Springer Berlin Heidelberg*. 75-83p.

DeLong, R. L., Melin, S. R., Laake, J. L., Morris, P., Orr, A. J., & Harris, J. D. (2017). Age-and sex-specific survival of California sea lions (*Zalophus californianus*) at San Miguel Island, California. *Marine Mammal Science*, 33(4), 1097-1125.

Dennison, S., Gulland, F., Haulena, M., De Moraes, H., & Colegrove, K. (2007). Urate nephrolithiasis in a northern elephant seal (*Mirounga angustirostris*) and a California sea lion (*Zalophus californianus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 38(1), 114-121.

DeRango, E. J., Prager, K. C., Greig, D. J., Hooper, A. W., & Crocker, D. E. (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(1), coz010.

Di Lorenzo, E. & Mantua, N. (2016). Multi-year persistence of the 2014/15 North Pacific marine heatwave. *Nat. Clim. Change*, 6: 1042–1047.

Dierauf, L. & Gulland, F. (2001). CRC handbook of marine mammal medicine: health, disease, and rehabilitation. CRC press. Boca Raton, Florida, EE.UU. 523pp.

Dufour, D., J. Lott., & Henry, J. (2005). Enzimología clínica. En: Henry JB (ed). El laboratorio en el diagnóstico clínico, pp. 294-296. Marbán Libros, Madrid

Duncan, J. R., K. W. Prasse, & Mahaffey, E. A. (1994). Liver. In: *Veterinary Laboratory Medicine: Clinical Pathology*, 3rd ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa. Pp. 130–151

Elorriaga-Verplancken, F. R., Rosales-Nanduca, H., & Robles-Hernandez, R. (2016a). Unprecedented records of Guadalupe fur seals in La Paz Bay, southern gulf of California, Mexico, as a possible result of warming conditions in the Northeastern Pacific. *Aquatic Mammals*, 42(3), 261.

Elorriaga-Verplancken, F. R., Sierra-Rodríguez, G. E., Rosales-Nanduca, H., Acevedo-Whitehouse, K., & Sandoval-Sierra, J. (2016b). Impact of the 2015 El Niño-Southern Oscillation on the abundance and foraging habits of Guadalupe fur seals and California sea lions from the San Benito Archipelago, Mexico. *PloS one*, 11(5), e0155034.

Engelhardt, F. (1979). Hematology and plasma chemistry of captive pinnipeds and cetaceans. *Aquatic mammals*, 7(1): 11-20.

Esperón-Rodríguez, M., & Gallo-Reynoso, J. P. (2013). Juvenile and subadult feeding preferences of the Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*) at San Benito Archipelago, Mexico. *Aquatic Mammals*, 39(2), 125.

Fauquier, D. A., Mazet, J. A., Gulland, F. M., Spraker, T. R., & Christopher, M. M. (2008). Distribution of tissue enzymes in three species of pinnipeds. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 39(1), 1-6.

Field, I. C., Nichols, P. D., Bradshaw, C. J., & Hindell, M. A. (2009). Blubber fatty acid profiles indicate dietary resource partitioning between adult and juvenile southern elephant seals. *Marine Ecology Progress Series*, 384, 303-312.

Field, J. C., Elliger, C., Baltz, K., Gillespie, G. E., Gilly, W. F., Ruiz-Cooley, R. I. & Walker, W. A. (2013). Foraging ecology and movement patterns of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the California Current System. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 95, 37-51.

Figuerola, A. L. (1994). Early lactation and attendance behavior of the Guadalupe fur seal females (*Arctocephalus townsendi*). Master's Thesis. University of California Santa Cruz. 99 pp

Flores-Morán, A., Banuet-Martínez, M., Elorriaga-Verplancken, F. R., García-Ortuño, L. E., Sandoval-Sierra, J., & Acevedo-Whitehouse, K. (2017). Atypical Red Blood Cells Are Prevalent in California Sea Lion Pups Born during Anomalous Sea Surface Temperature Events. *Physiological and Biochemical Zoology*, 90(5), 564-574.

Fowler, L., D. Costa, P., Arnould, Y., Gales, N., & Burns, J. (2007a). Ontogeny of oxygen stores and physiological diving capability in Australian sea lions. *Functional ecology*, 21(5): 922-935.

Fowler, S. L., Costa, D. P., & Arnould, J. P. (2007). Ontogeny of movements and foraging ranges in the Australian sea lion. *Marine Mammal Science*, 23(3), 598-614.

Francis, J., Boness, D., & Ochoa-Acuña, H. (1998). A protracted foraging and attendance cycle in female Juan Fernandez fur seals. *Marine Mammal Science*, 14(3), 552-574.

Freeland, H. & Whitney, F. (2014). Unusual warming in the Gulf of Alaska. *Pices Press*, 606 22(2), 51

Gales, N. J., & R. Mattlin. H. (1998). Fast, safe, field-portable gas anesthesia for otariids. *Marine Mammal Science*, 14:355–361.

Galimberti, F., S. Sanvito, Braschi, C., & L. Boitani. (2007). The cost of success: reproductive effort in male southern elephant seals (*Mirounga leonina*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62(2): 159-171.

Gálvez, C., Pardo, M. A., & Elorriaga-Verplancken, F. R. (2020). Impacts of extreme ocean warming on the early development of a marine top predator: The Guadalupe fur seal. *Progress in Oceanography*, 180, 102220.

Gallo-Reynoso. J. P. (1994). Factors affecting the population status of Guadalupe fur seals, at Isla de Guadalupe, Baja California, Mexico. Ph.D. dissertation, University of California, Santa Cruz, CA. 199 pp.

Gallo-Reynoso, J. P. & Figueroa-Carranza, L. (1996). Size and weight of Guadalupe fur seals. *Marine Mammal Science*, 12 (1996), pp. 318-321

Gallo-Reynoso, J. P., Figueroa-Carranza A.L., & Le Boeuf, B.J. (2008). Foraging behavior of lactating Guadalupe fur seal females. In: Espinoza E, Ortega J (eds) Lorenzo C. Advances in the study of mammals in Mexico, Mexico City, pp 595–614

Gallo-Reynoso J. P. & Esperón-Rodríguez, M. (2013). Diet composition of the Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*). Where and what do they eat?. *Mar Freshw Behav Physiol*, 46:455–467

García-Aguilar, M. C., Elorriaga-Verplancken, F. R., Rosales-Nanduca, H., & Schramm, Y. (2018). Population status of the Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*). *Journal of Mammalogy*, 99(6), 1522-1528.

García-Capitanachi, B., Schramm, Y., & Heckel, G. 2017. Population Fluctuations of Guadalupe Fur Seals (*Arctocephalus philippii townsendi*) Between the San Benito Islands and Guadalupe Island, Mexico, During 2009 and 2010. *Aquatic Mammals*, 43(5).

Gentry, R.L., & Kooyman.,G. L (1986). Fur seals: Maternal strategies on land and at sea. Princeton University Press.

Georges, J. Y., Groscolas, R., Guinet, C., & Robin, J. P. (2001). Milking strategy in subantarctic fur seals *Arctocephalus tropicalis* breeding on Amsterdam Island: evidence from changes in milk composition. *Physiological and Biochemical Zoology*, 74(4), 548-559.

Geraci, J. R., & Smith, T. G. (1975). Functional hematology of ringed seals (*Phoca hispida*) in the Canadian Arctic. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32(12), 2559-2564.

Geraci, J. R., St. Aubin, D. J., & Smith, T. G. (1979). Influence of age, condition, sampling time, and method on plasma chemical constituents in free-ranging ringed seals, *Phoca hispida*. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 36(10), 1278-1282.

Gerber, J. A., Roletto, J., Morgan, L. E., Smith, D. M., & Gage, L. J. (1993). Findings in pinnipeds stranded along the central and northern California coast, 1984–1990. *Journal of Wildlife Diseases*, 29(3), 423-433.

Goldstein, T., Gill, V. A., Tuomi, P., Monson, D., Burdin, A., Conrad, P. A., & Bodkin, J. (2011). Assessment of clinical pathology and pathogen exposure in sea

otters (*Enhydra lutris*) bordering the threatened population in Alaska. *Journal of Wildlife Diseases*, 47(3), 579-592.

Goldstein, T., Mazet, J. A. K., Zabka, T. S., Langlois, G., Colegrove, K. M., Silver, M., & Barakos, J. (2007). Novel symptomatology and changing epidemiology of domoic acid toxicosis in California sea lions (*Zalophus californianus*): an increasing risk to marine mammal health. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1632), 267-276.

Gomez-Ocampo, E., Gaxiola-Castro, G., Durazo, R., & Beier, E. (2018). Effects of the 2013-2016 warm anomalies on the California Current phytoplankton. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 151, 64-76.

González-Saldía, R. R., Lincoñir, P. A., Quiñones, R. A., Krautz, M. C., Catchpole, S., & Alarcón, W. (2015). Biochemical and hematological profile of *Otaria flavescens* in the reproductive colony of Cobquecura, central-south Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(1), 81-93.

Gregory, T. R. (2000). Nucleotypic effects without nuclei: genome size and erythrocyte size in mammals. *Genome*, 43(5), 895-901.

Greig, D. J., Gulland, F. M., & Kreuder, C. (2005). A decade of live California sea lion (*Zalophus californianus*) strandings along the central California coast: causes and trends, 1991-2000. *Aquatic Mammals*, 31(1), 11-22.

Greig, D. J., Gulland, F. M., Rios, C. A., & Hall, A. J. (2010). Hematology and serum chemistry in stranded and wild-caught harbor seals in central California: reference intervals, predictors of survival, and parameters affecting blood variables. *Journal of Wildlife Diseases*, 46(4), 1172-1184.

Griesel, S., Mundry, R., Kakuschke, A., Fonfara, S., Siebert, U., & Prange, A. (2006) Mineral elements and essential trace elements in blood of seals of the North Sea measured by total-reflection X-ray fluorescence analysis. *Spectrochim Acta B at Spectrosc*, 61:1158–1165

Guinet, C., P. Roux., Bonnet, M., & Mison, V. (1998). Effect of body size, body mass, and body condition on reproduction of female South African fur seals (*Arctocephalus pusillus*) in Namibia. *Canadian Journal of Zoology*, 76: 1418–1424.

Gulland, E. M., Haulena, M., Fauquier, D., Lander, M. E., Zabka, T., Duerr, R., & Langlois, G. (2002). Domoic acid toxicity in Californian sea lions (*Zalophus californianus*): clinical signs, treatment and survival. *Veterinary Record*, 150(15), 475-480.

Gulland, F. M., Hall, A. J., Greig, D. J., Frame, E. R., Colegrove, K. M., Booth, R. K., & Scott-Moncrieff, J. C. R. (2012). Evaluation of circulating eosinophil count and adrenal gland function in California sea lions naturally exposed to domoic acid. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 241(7), 943-949.

Gutiérrez Gálvez, P. C. (2015). Causas de mortalidad en neonatos de lobo fino de Guadalupe *Arctocephalus tonwnsendi* en Isla Guadalupe, B:C: México: Temporada reproductiva 2013 y 2014 (master dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas). 108pp.

Hall, A. J. & Frame, E. (2010). Evidence of domoic acid exposure in harbour seals from Scotland: A potential factor in the decline in abundance?. *Harmful Algae*, 9(5), 489-493.

Hall, A. J. (1998). Blood chemistry and hematology of gray seal (*Halichoerus grypus*) pups from birth to postweaning. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 401-407.

Hall, A. J., McConnell, B. J., & Barker, R. J. (2002). The effect of total immunoglobulin levels, mass and condition on the first-year survival of Grey Seal pups. *Functional Ecology*, 16(4), 462-474

Hall, A. J., Engelhard, G. H., Brasseur, S. M., Vecchione, A., Burton, H. R., & Reijnders, P. J. (2003). The immunocompetence handicap hypothesis in two sexually dimorphic pinniped species—is there a sex difference in immunity during early development?. *Developmental & Comparative Immunology*, 27(6-7), 629-637.

Halvorsen, S., & Bechensteen, A. G. (2002). Physiology of erythropoietin during mammalian development. *Acta Pædiatrica*, 91, 17-26.

Hanni, K. D., Long, J., Pyle, P., & Morgan, L. (1997). Sightings and strandings of Guadalupe fur seals in central and northern California, 1988–1995. *Journal of Mammalogy*, 78(2): 684-690.

Harcourt, R. G., Bradshaw, C. J., Dickson, K., & Davis, L. S. (2002). Foraging ecology of a generalist predator, the female New Zealand fur seal. *Marine Ecology Progress Series*, 227, 11-24.

Harvell, C. D., Kim, K., Burkholder, J. M., Colwell, R. R., Epstein, P. R., Grimes, D. J., & Porter, J. W. (1999). Emerging marine diseases--climate links and anthropogenic factors. *Science*, 285(5433), 1505-1510.

Harvell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S., & Samuel, M. D. (2002). – Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296 (5576), 2158-2162.

Hastings, K., Testa, J., & Rexstad, E. (1999). Interannual variation in survival of juvenile Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*) from McMurdo Sound, Antarctica: effects of cohort, sex and age. *Journal of Zoology*, 248(3): 307-323.

Haulena, M. & Heath, R. B. (2001). Marine mammal anesthesia. Pages 655–688 in L. A. Dierauf and F. M. D. Gulland, eds. CRC handbook of marine mammal medicine. CRC Press, Boca Raton, FL

Hedrick, M. S. & Duffield, D. A. (1991). Haematological and rheological characteristics of blood in seven marine mammal species: physiological implications for diving behaviour. *Journal of Zoology*, 225(2), 273-283.

Hernández, J. (2009) Distribución, abundancia y estructura alimentaria del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*) en Isla Guadalupe, México. MSc dissertation, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Ensenada Baja California, Mexico

Hoegh-Guldberg, O. & Bruno, J. F. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328(5985), 1523-1528.

Horning, M. & Trillmich, F. (1997). Development of hemoglobin, hematocrit, and erythrocyte values in Galapagos fur seals. *Marine Mammal Science*, 13(1), 100-113.

Horning, M. & Trillmich, F. (1999). Lunar cycles in diel prey migrations exert a stronger effect on the diving of juveniles than adult Galapagos fur seals. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 266(1424), 1127-1132.

Houser, D. S. & Costa, D. P. (2003). Entrance into stage III fasting by starveling northern elephant seal pups. *Marine mammal science*, 19(1), 186-197.

Hubbs, C. L. (1979). Guadalupe fur seal. FAO. Advisory committee on Mar. Res. Working Party on Marine Mammals. FAO Fish. Ser. 5(2):24-27.

Hufschmid, J., Beveridge, I., & Handasyde, K. A. (2014). Haematology and serum biochemistry of adult free-ranging mountain brushtail possums (*Trichosurus cunninghami*), including correlations with season, sex, age, habitat type and disease status. *Australian journal of zoology*, 61(6), 430-445.

Ince, B. W., & Thorpe, A. (1976). The effects of starvation and force-feeding on the metabolism of the Northern pike, *Esox Lucius*. L. *Journal of Fish Biology*, 8(1), 79-88.

Jacox, M. G., Hazen, E. L., Zaba, K. D., Rudnick, D. L., Edwards, C. A., Moore, A. M., & Bograd, S. J. (2016). Impacts of the 2015–2016 El Niño on the California Current System: Early assessment and comparison to past events. *Geophysical Research Letters*, 43(13), 7072-7080.

Jeglinski, J. W., Werner, C., Robinson, P. W., Costa, D. P., & Trillmich, F. (2012). Age, body mass and environmental variation shape the foraging ontogeny of Galapagos sea lions. *Marine Ecology Progress Series*, 453, 279-296.

Juárez-Ruiz, A., Elorriaga-Verplancken, F. R., Moreno-Sánchez, X. G., Aguiniga-García, S., Amador-Capitanachi, M. J. & Gálvez, C. (2018). Diversification of

foraging habits among Guadalupe fur seals from their only well-established breeding colony, Guadalupe Island, Mexico. *Marine biology*, 165(5), 86.

Kaneko, J. J. (1997). Serum proteins and the dysproteinemias. In *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5th Edition, J. J. Kaneko, J. W. Harvey and M. L. Bruss (eds.). Academic Press Inc., London, UK, pp. 117–138.

Kelly, T. R., Greig, D., Colegrove, K. M., Lowenstine, L. J., Dailey, M., Gulland, F. M., & Haulena, M. (2005). Metastrongyloid nematode (*Otostrongylus circumlitus*) infection in a stranded California sea lion (*Zalophus californianus*)—A new host-parasite association. *Journal of wildlife diseases*, 41(3), 593-598.

Keogh, M.J., Maniscalco, J., & Atkinson, S. (2010). Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*) pups undergo a decrease in circulating white blood cells and the ability of T cells to proliferate during early postnatal development. *Vet Immunol Immunopathol* 137:298–304.

King, D. P., Sanders, J. L., Nomura, C. T., Stoddard, R. A., Ortiz, C. L., & Evans, S. W. (1998). Ontogeny of humoral immunity in northern elephant seal (*Mirounga angustirostris*) neonates. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 121(4), 363-368.

King, J. C., Gelatt, T. S., Pitcher, K. W., & Pendleton, G. W. (2007). A field-based method for estimating age in free-ranging Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) less than twenty-four months of age. *Marine mammal science*, 23(2), 262-271.

Kintisch, E. (2015). 'The Blob' invades Pacific, flummoxing climate experts. *Science*, 348(6230): 17-18.

Kuhn, C. E., Auriolles-Gamboa, D., Weise, M. J., & Costa, D. P. (2006). Oxygen stores of California sea lion pups: implications for diving ability. *Sea Lions of the world*. Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska, Fairbanks, 31-44.

Lalancette, A., Morin, Y., Measures, L., & Fournier, M. (2003). Contrasting changes of sensitivity by lymphocytes and neutrophils to mercury in developing grey seals. *Developmental & Comparative Immunology*, 27(8), 735-747.

Lander, M. E., Gulland, F. M., & DeLong, R. L. (2000). Satellite tracking a rehabilitated Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*). *Aquatic Mammals*, 26(2), 137-142.

Lander, M. E., Harvey, J. T., & Gulland, F. M. (2003). Hematology and serum chemistry comparisons between free-ranging and rehabilitated harbor seal (*Phoca vitulina richardsi*) pups. *Journal of Wildlife Diseases*, 39(3), 600-609.

Lander, E., T. Loughlin, M. Logsdon, VanBlaricom, G. & B. Fadely. (2010). Foraging effort of juvenile Steller sea lions *Eumetopias jubatus* with respect to heterogeneity of sea surface temperature. *Endangered Species Research*, 10: 145-158.

Lander, M. E., Fadely, B. S., Gelatt, T. S., Rea, L. D., & Loughlin, T. R. (2013). Serum chemistry reference ranges for Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*) pups from Alaska: Stock differentiation and comparisons within a North Pacific sentinel species. *EcoHealth*, 10(4), 376-393.

Le Boeuf, B. & J. Reiter. (1991). Biological effects associated with El Nino Southern Oscillation, 1982–83, on northern elephant seals breeding at Año Nuevo, California. In *Pinnipeds and El Niño*. Springer Berlin Heidelberg. 206-218.

Le Boeuf, B. J., Morris, P. A., Blackwell, S. B., Crocker, D. E., & Costa, D. P. (1996). Diving behavior of juvenile northern elephant seals. *Can. J. Zool.*, 74(9):1632–1644

Learmonth, J. A., MacLeod, C. D., Santos, M. B., Pierce, G. J., Crick, H. Q. P., & Robinson, R. A. (2006). Potential effects of climate change on marine mammals. *Oceanography and Marine Biology*, 44, 431.

Lee, P. C., Majluf, P., & Gordon, I. J. (1991). Growth, weaning and maternal investment from a comparative perspective. *Journal of Zoology*, 225(1), 99-114.

Lee, P. C. (1996). The meanings of weaning: growth, lactation, and life history. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, 5(3), 87-98.

Leising, A.W., Schroeder, I.D., Bograd, S.J., Peterson, W.T., Brodeur, R., Barcelo, C., Auth, T.D., Daly, E.A., Suryan, R.M., Gladics, A.J. (2014). State of the California Current 2013-14: El Niño looming. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report (CALCOFI), Data Report* 55, 51–87

Leising, A. W., Schroeder, I. D., Bograd, S. J., Abell, J., Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., & Goericke, R. (2015). State of the California Current 2014-15: Impacts of the "Warm-Water" Blob". *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, 56.

Leung, E. S., Chilvers, B. L., Nakagawa, S., & Robertson, B. C. (2014). Size and experience matter: diving behavior of juvenile New Zealand sea lions (*Phocarctos hookeri*). *Polar biology*, 37(1), 15-26.

Lewis, M., Campagna, C., Uhart, M., & Ortiz, C. L. (2001). Ontogenetic and seasonal variation in blood parameters in southern elephant seals. *J. Marine mammal science*, 17(4), 862-872.

Lindenfors, P., Tullberg, B., & Biuw, M. (2002). Phylogenetic analyses of sexual selection and sexual size dimorphism in pinnipeds. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 52(3): 188-193.

Lloyd-Smith, J. O., Greig, D. J., Hietala, S., Ghneim, G. S., Palmer, L., St Leger, J., & Gulland, F. M. (2007). Cyclical changes in seroprevalence of leptospirosis in California sea lions: endemic and epidemic disease in one host species?. *BMC Infectious Diseases*, 7(1), 125.

Lochmiller, R. L. & Deerenberg, C. (2000). Trade-offs in evolutionary immunology: just what is the cost of immunity?. *Oikos*, 88(1), 87-98.

Locquin, M. & Langeron, M. (1978). manual de microscopia. Editorial Masson. Paris, Francia, 373 pp.

Loughlin, T. R., Sterling, J. T., Merrick, R. L., Sease, J. L., & York, A. E. (2003). Diving behavior of immature Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*). *Fishery Bulletin*, 101(3), 566-582.

Lunn, N., Boyd, L. & Croxall, J. (1994). Reproductive performance of female Antarctic fur seals: the influence of age, breeding experience, environmental variation and individual quality. *Journal of Animal Ecology*, 827-840.

Lyons, E.T., Melin, S. R, DeLong, R. L., Orr, A. J., Gulland, F. M., & Tolliver, S.C. (2001). Current prevalence of adult *Uncinaria spp.* in northern fur seal (*Callorhinus ursinus*) and California sea lion (*Zalophus californianus*) pups on San Miguel Island, California, with notes on the biology on these hookworms. *Vet. Parasitology*, 97:309–318

Lyons, E. T., DeLong, R. L., Spraker, T. R., Melin, S. R., Laake, J. L., & Tolliver, S. C. (2005). Seasonal prevalence and intensity of hookworms (*Uncinaria spp.*) in California sea lion (*Zalophus californianus*) pups born in 2002 on San Miguel Island, California. *Parasitology Research*, 96(2), 127-132.

Majluf, P. (1992). Timing of births and juvenile mortality in the South American fur seal in Peru. *Journal of Zoology*, 227(3), 367-383.

Makinodan, T., & Kay, M. M. (1980). Age influence on the immune system. In *Advances in immunology* (Vol. 29, pp. 287-330). Academic Press.

Maniscalco, J. M., Calkins, D. G., Parker, P., & Atkinson, S. (2008). Causes and extent of natural mortality among Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*) pups. *Aquatic Mammals*, 34(3), 277.

Maniscalco, J. M. (2014). The effects of birth weight and maternal care on survival of juvenile Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*). *PLoS One*, 9(5), e96328.

Marcogliese, D. J., Boily, F., & Hammill, M. O. (1996). Distribution and abundance of stomach nematodes (Anisakidae) among grey seals (*Halichoerus grypus*) and harp seals (*Phoca groenlandica*) in the Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(12), 2829-2836.

Marcogliese, D. J. (2008). The impact of climate change on the parasites and infectious diseases of aquatic animals. *Rev Sci Tech*, 27(2), 467-484.

Marcus, A. D., Higgins, D. P., & Gray, R. (2014). Epidemiology of hookworm (*Uncinaria stenocephala*) infection in free-ranging Australian sea lion (*Neophoca cinerea*) pups. *Parasitology research*, 113(9), 3341-3353.

Marcus, A. D., Higgins, D. P., & Gray, R. (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.

Mazzaro, M., J. Dunn, Furr, H., & Clark, R. (1995). Study of vitamin A supplementation in captive northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) and its effect on serum vitamin E. *Marine mammal science*, 11(4): 545-553.

Mazzaro, L. M., Dunn, J. L., St. Aubin, D. J., Andrews, G. A., & Chavey, P. S. (2004). Serum indices of body stores of iron in northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) and their relationship to hemochromatosis. *Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, 23(3), 205-218.

McCabe, R. M., Hickey, B. M., Kudela, R. M., Lefebvre, K. A., Adams, N. G., Bill, B. D., & Trainer, V. L. (2016). An unprecedented coastwide toxic algal bloom linked to anomalous ocean conditions. *Geophysical Research Letters*, 43(19), 10-366.

McCauley, D. J., Pinsky, M. L., Palumbi, S. R., Estes, J. A., Joyce, F. H., & Warner, R. R. (2015). Marine defaunation: Animal loss in the global ocean. *Science*, 347(6219), 1255-641.

McCue, M. D. (2010). Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 156(1), 1-18.

McHuron, E. A., Block, B. A., & Costa, D. P. (2018). Movements and dive behavior of juvenile California sea lions from Año Nuevo Island. *Marine Mammal Science*, 34(1), 238-249.

McNAB, A. G. & Crawley, M. C. (1975). Mother and pup behavior of the New Zealand fur seal, *Arctocephalus forsteri* (Lesson). *Mauri Ora* 3, 77–88.

Melin, S. R. & DeLong, R. L. (1999). Observations of a Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*) female and pup at San Miguel Island, California. *Marine Mammal Science*, 15(3), 885-888.

Mellish, J. E., Calkins, D. G., Christen, D. R., Horning, M., Rea, L.D., & Atkinson, S. (2006). Temporary captivity as a research tool: comprehensive study of wild pinnipeds under controlled conditions. *Aquat Mamm*, 32(1):58–65.

Mellish, J., D. Calkins, D., Christen, M., Horning, Rea, L., & Atkinson, S. (2006). Temporary captivity as a research tool: comprehensive study of wild pinnipeds under controlled conditions. *Aquatic Mammals*, 32(1): 58

Mellish, J. A., Thomson, J., & Horning, M. (2007). Physiological and behavioral response to intra-abdominal transmitter implantation in Steller sea lions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 351(1-2), 283-293.

Merrick, R. L. & Loughlin, T. R. (1997). Foraging behavior of adult female and young-of-the-year Steller sea lions in Alaskan waters. *Can. J. Zool.* 75(5):776–786

Moles, A., & Heintz, R. A. (2007). Parasites of forage fishes in the vicinity of Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*) habitat in Alaska. *Journal of wildlife diseases*, 43(3), 366-375.

Moore, E., Lyday, S., Roletto, J., Litle, K., Parrish, J. K., Nevins, H., & Hermance, A. (2009). Entanglements of marine mammals and seabirds in central California and the north-west coast of the United States 2001–2005. *Marine Pollution Bulletin*, 58(7), 1045-1051.

Mori, J., Kubodera, T., & Baba, N. (2001). Squid in the diet of northern fur seals, *Callorhinus ursinus*, caught in the western and central North Pacific Ocean. *Fisheries Research*, 52(1): 91-97.

Mos, L., B. Morsey., S. Jeffries, M., Yunker, S., Raverty, Guise, D., & Ross, S. (2006). Chemical and biological pollution contribute to the immunological profiles of free-ranging harbor seals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(12): 3110-3117.

Mueller B., U. Pörschmann, Wolf J., & Trillmich, F. (2011). Growth under uncertainty: the influence of marine variability on early development of Galapagos sea lions. *Mar Mamm Sci*, 27: 350–365.

Nadler, S. A., D'Amelio, S., Dailey, M. D., Paggi, L., Siu, S., & Sakanari, J. A. (2005). Molecular phylogenetics and diagnosis of *Anisakis*, *Pseudoterranova*, and *Contracaecum* from northern Pacific marine mammals. *Journal of Parasitology*, 91(6), 1413-1430

Neale, J. C., Gulland, F. M. D., Schmelzer, K. R., Harvey, J. T., Berg, E. A., Allen, S. G., & Tjeerdema, R. S. (2005). Contaminant loads and hematological correlates in the harbor seal (*Phoca vitulina*) of San Francisco Bay, California. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 68(8), 617-633.

NOAA, 2019a (National Oceanic and Atmospheric Administration Fisheries) Guadalupe Fur Seal Unusual Mortality Event in California 2015-2018 [Link](#)

<https://www.fisheries.noaa.gov/national/marine-life-distress/2015-2018-guadalupe-fur-seal-unusual-mortality-event-california>

NOAA, 2019b (National Oceanic and Atmospheric Administration Fisheries) California Sea Lion Unusual Mortality Event (UME) In California 2013-2017 Link <https://www.fisheries.noaa.gov/national/marine-life-distress/2013-2017-california-sea-lion-unusual-mortality-event-california>

Norberg, S. E., Burkanov, V. N., Tuomi, P., & Andrews, R. D. (2011). Hematology of free-ranging, lactating northern fur seals, *Callorhinus ursinus*. *Journal of wildlife diseases*, 47(1), 217-221.

Nordstrom, C. A., Battaile, B. C., Cotte, C., & Trites, A. W. (2013). Foraging habitats of lactating northern fur seals are structured by thermocline depths and submesoscale fronts in the eastern Bering Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 88, 78-96.

Norman, S. A., DiGiacomo, R. F., Gulland, F. M., Meschke, J. S., & Lowry, M. S. (2008). Risk factors for an outbreak of leptospirosis in California sea lions (*Zalophus californianus*) in California, 2004. *Journal of wildlife diseases*, 44(4), 837-844.

Nyhus, P. J. (2016). Human–wildlife conflict and coexistence. *Annual Review of Environment and Resources*, 41, 143-171.

Ochoa-Acuña, H., Francis, J., & O. Oftedal. (1999). Influence of long intersuckling interval on composition of milk in the Juan Fernandez fur seal, *Arctocephalus philippii*. *Journal of mammalogy*, 80(3): 758-767

Ono, K. A., Boness, D. J., & Oftedal, O. T. (1987). The effect of a natural environmental disturbance on maternal investment and pup behavior in the California sea lion. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 21(2), 109-118.

Ortiz, R. M., Wade, C., & Ortiz, C. L. (2000). Prolonged fasting increases the response of the renin–angiotensin–aldosterone system, but not vasopressin levels, in postweaned northern elephant seal pups. *General and Comparative Endocrinology* 119:217–223

Page, B., McKenzie, J., & Goldsworthy, S. D. (2005). Inter-sexual differences in New Zealand fur seal diving behaviour. *Marine ecology Progress series*, 304, 249-264.

Page, B., McKenzie, J., Sumner, M. D., Coyne, M., & Goldsworthy, S. D. (2006). Spatial separation of foraging habitats among New Zealand fur seals. *Marine Ecology Progress Series*, 323, 263-279.

Peterson, W., Robert, M., & Bond, N. (2015). The warm Blob conditions in the northeastern Pacific Ocean. *PICES Press* 23, 36.

Pickles, R. S., Thornton, D., Feldman, R., Marques, A., & Murray, D. L. (2013). Predicting shifts in parasite distribution with climate change: a multitrophic level approach. *Global Change Biology*, 19(9), 2645-2654.

Polizzi, P. S., Boudet, L. C., de León, A. P., Quiroga, M., Rodríguez, D. H., Atkinson, S., & Gerpe, M. S. (2016). Reference Intervals of Mineral Elements in Plasma of Anesthetized Free-Ranging Adult Females of South American Sea Lion, *Otaria flavescens*. *Biological trace element research*, 174(2), 325-327.

Pörschmann, U., F. Trillmich, Mueller, B., & Wolf, J. (2010). Male reproductive success and its behavioural correlates in a polygynous mammal, the Galapagos sea lion (*Zalophus wollebaeki*). *Molecular Ecology*, 19(12): 2574-2586.

Promislow, E. & Harvey, P. (1990). Living fast and dying young: A comparative analysis of life-history variation among mammals. *Journal of Zoology*, 220(3): 417-437.

Rausch, R. L., George, J. C., & Brower, H. K. (2007). Effect of climatic warming on the Pacific walrus, and potential modification of its helminth fauna. *Journal of Parasitology*, 93(5), 1247-1252.

Rea, L. D., Berman-Kowalewski, M., Rosen, D. A., & Trites, A. W. (2009). Seasonal differences in biochemical adaptation to fasting in juvenile and subadult Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*). *Physiological and Biochemical Zoology*, 82(3), 236-247.

Rea, L. D., Castellini, M. A., Fadely, B. S., & Loughlin, T. R. (1998). Health status of young Alaska Steller sea lion pups (*Eumetopias jubatus*) as indicated by blood chemistry and hematology. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 120(4), 617-623.

Rea, L., Rosen, D., & Trites, A. (2000). Metabolic response to fasting in 6-week-old Steller sea lion pups (*Eumetopias jubatus*). *Canadian Journal of Zoology*, 78(5): 890-894.

Rea, L., Berman-Kowalewski, M., Rosen, D., & Trites, A. (2009). Seasonal differences in biochemical adaptation to fasting in juvenile and subadult Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*). *Physiological and Biochemical Zoology*, 82(3): 236-247.

Reif, J. S., Bachand, A., Aguirre, A. A., Borjesson, D. L., Kashinsky, L., Braun, R., & Antonelis, G. (2004). Morphometry, hematology and serum chemistry in the Hawaiian monk seal (*Monachus schauinslandi*). *Mar Mamm Sci*, 20(4):851–860.

Richmond, J. P., Burns, J. M., & Rea, L. D. (2006). Ontogeny of total body oxygen stores and aerobic dive potential in Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*). *Journal of Comparative Physiology B*, 176(6), 535-545.

Riedman, M. (1990). The pinnipeds: seals, sea lions, and walruses (Vol. 12). Univ of California Press.

Robinson, R. A., Crick, H. Q., Learmonth, J. A., Maclean, I. M., Thomas, C. D., Bairlein, F., & Harwood, J. (2009). Travelling through a warming world: climate change and migratory species. *Endangered species research*, 7(2), 87-99.

Roletto, J. (1993). Hematology and serum chemistry values for clinically healthy and sick pinnipeds. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 145-157.

Rosen, D. & Trites, A. W. (2000). Pollock and the decline of Steller sea lions: testing the junk-food hypothesis. *Canadian Journal of Zoology*, 78(7): 1243-1250.

Rosen, D. A., Hastie, G. D., & Trites, A. W. (2004). Searching for stress: hematological indicators of nutritional inadequacies in Steller sea lions. In Symposia of the Comparative Nutrition Society 2004 (Vol. 5, pp. 145-149).

Rosen, D., Hastie, G., & Trites, A. W. (2004). Searching for stress: hematologic indicators of nutritional inadequacies in Steller sea lions. *In: Proc Comp Nutr Soc*; p. 145–149.

Ross, P. S., Pohajdak, B., Bowen, W. D., & Addison, R. F. (1993). Immune function in free-ranging harbor seal (*Phoca vitulina*) mothers and their pups during lactation. *Journal of Wildlife Diseases*, 29(1), 21-29.

Ryan, J. P., Kudela, R. M., Birch, J. M., Blum, M., Bowers, H. A., Chavez, F. P., & Pennington, J. T. (2017). Causality of an extreme harmful algal bloom in Monterey Bay, California, during the 2014–2016 northeast Pacific warm anomaly. *Geophysical Research Letters*, 44(11), 5571-5579.

Sarran, D., Greig, D., Rios, C., Zabka, T., & Gulland, F. (2008). Evaluation of aqueous humor as a surrogate for serum biochemistry in California sea lions (*Zalophus californianus*). *Aquat Mamm*. 34:157–165

Schultz, R. D., Thiel, B., Mukhtar, E., Sharp, P., & Larson, L. J. (2010). Age and long-term protective immunity in dogs and cats. *Journal of comparative pathology*, 142, S102-S108.

Schwacke, L.H., Twiner, J., & DeGuise, S. (2010). Eosinophilia and biotoxin exposure in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from a coastal area impacted by repeated mortality events. *Environ Res*;110:548–555.

Seal, U. S., Erickson, A. W., Siniff, D. B., & Cline, D. R. (1971). Blood chemistry and protein polymorphisms in three species of Antarctic seals (*Lobodon carcinophagus*, *Leptonychotes weddelli*, and *Mirounga leonina*). *Antarctic Pinnipedia*, 18, 181-192.

Seguel, M., Muñoz, F., Keenan, A., Perez-Venegas, D. J., DeRango, E., Paves, H., & Müller, A. (2016). Hematology, serum chemistry, and early hematologic changes in free-ranging South American fur seals (*Arctocephalus australis*) at Guafo Island, Chilean Patagonia. *Journal of wildlife diseases*, 52(3), 663-668.

Sepúlveda, M. S. (1998) Hookworms (*Uncinaria* sp.) in Juan Fernandez fur seal pups (*Arctocephalus philippii*) from Alejandro Selkirk Island, Chile. *J. Parasitol* 84:1305–1307.

Sepúlveda, M. S., Ochoa-Acuña, H., & Homer, B. L. (1999). Age-related changes in hematocrit, hemoglobin, and plasma protein in Juan Fernandez fur seals (*Arctocephalus philippii*). *Marine mammal science*, 15(2), 575-581.

Shero, M. R., Andrews, R. D., Lestyk, K. C., & Burns, J. M. (2012). Development of the aerobic dive limit and muscular efficiency in northern fur seals (*Callorhinus ursinus*). *Journal of Comparative Physiology B*, 182(3), 425-436.

Sherrill, J., Peavy, G. M., Kopit, M. J., Garner, M. M., Gardiner, C. H., & Adams, L. M. (2004). Use of laser rhinoscopy to treat a nasal obstruction in a captive California sea lion (*Zalophus californianus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 35(2), 232-242.

Shukhgalter, O. A. & Nigmatullin, C. M. (2001). Parasitic helminths of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in open waters of the central east Pacific. *Fisheries Research*, 54(1), 95-110.

Skinner, P., Tuomi, P., & Mellish, J. (2015). The influence of time in captivity, food intake and acute trauma on blood analytes of juvenile Steller sea lions, *Eumetopias jubatus*. *Conservation Physiology*, 3(1): 98-109.

Slupe, L., Freeman, M., & J. Rush. (2008). Association of body weight and body condition with survival in dogs with heart failure. *Journal of veterinary internal medicine*, 22(3): 561-565.

Soto, K. H., Trites, A. W., & Arias-Schreiber, M. (2004). The effects of prey availability on pup mortality and the timing of birth of South American sea lions (*Otaria flavescens*) in Peru. *Journal of Zoology*, 264(4), 419-428.

Soto, K. H., Trites, A. W., & Arias-Schreiber, M. (2006). Changes in diet and maternal attendance of South American sea lions indicate changes in the marine environment and prey abundance. *Marine Ecology Progress Series*, 312, 277-290.

Spence-Bailey, L. M., Verrier, D., & Arnould, J. P. Y. (2007). The physiological and behavioral development of diving in Australian fur seal (*Arctocephalus pusillus doriferus*) pups. *Journal of Comparative Physiology B*, 177(4), 483-494.

Stewart, J. S., Hazen, E. L., Bograd, S. J., Byrnes, J. E., Foley, D. G., Gilly, W. F. & Field, J. C. (2014). Combined climate-and prey-mediated range expansion of Humboldt squid (*Dosidicus gigas*), a large marine predator in the California Current System. *Global change biology*, 20(6), 1832-1843.

Stockham, L. & Scott, M. (2013). Fundamentals of veterinary clinical pathology. 2 Ed. Wiley-Blackwell editorials. West Sussex, UK. 2920 pp.

Swenson, M. J. (1990). Physiological properties and cellular and chemical constituents of blood. En: Swenson, M. J. (ed.) Dukes' physiology of domestic animals. Pp. 15-40. 10th ed. Cornell University Press. E.U.A. 34

Testa, J. & Adams, G. (1998). Body condition and adjustments to reproductive effort in female moose (*Alces alces*). *Journal of Mammalogy*, 79(4), 1345-1354.

Thompson, D., Moss, S. E., & Lovell, P. (2003). Foraging behavior of South American fur seals *Arctocephalus australis*: extracting fine scale foraging behavior from satellite tracks. *Marine Ecology Progress Series*, 260, 285-296.

Thompson, P. M., Tollit, D. J., Corpe, H. M., Reid, R. J., & Ross, H. M. (1997). Changes in haematological parameters in relation to prey switching in a wild population of harbour seals. *Functional Ecology*, 11(6), 743-750.

Thompson, J. & Mellish, J. (2007). Haptoglobin concentrations in free-range and temporarily captive juvenile Steller sea lions. *Journal of wildlife diseases*, 43(2): 258-261.

Thrall, M. A., Weiser, G., Allison, R., & Campbell, T. (Eds.). 2012. Veterinary hematology and clinical chemistry. John Wiley & Sons. 784 pp.

Tift, M. S., Houser, D. S., & Crocker, D. E. (2011). High-density lipoprotein remains elevated despite reductions in total cholesterol in fasting adult male elephant seals (*Mirounga angustirostris*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 159(4), 214-219.

Trillmich, F. & Limberger, T. (1985). Drastic effects of on Galapagos pinnipeds. *Oecologia*, 67(1), 19-22.

Trillmich, F. (1986) Attendance behavior of Galapagos fur seals. In: Fur Seals: Maternal Strategies on Land and at Sea (Ed. by R.L. Gentry & G.L. Kooyman), pp. 168–185. Princeton University Press, Princeton, NJ

Trillmich, F. (1990). The behavioral ecology of maternal effort in fur seals and sea lions. *Behaviour*, 114(1-4), 3-20.

Trillmich, F., Ono, K. A., Costa, D. P., DeLong, R. L., Feldkamp, S. D., Francis, J. M., & York, A. E. (1991). The effects of El Niño on pinniped populations in the eastern Pacific. In Pinnipeds and El Niño (pp. 247-270). Springer, Berlin, Heidelberg.

Trillmich, F., L. Rea, Castellini, M., & Wolf, J. (2008). Age-related changes in hematocrit in the Galápagos sea lion (*Zalophus wolfebaeki*) and the Weddell seal (*Leptonychotes weddellii*). *Marine Mammal Science*, 24(2): 303-314

Trites, A. W. (1991). Fetal growth of northern fur seals: life history strategy and sources of variation. *Canadian Journal of Zoology*, 69: 2608–2617.

Trites, A. & Donnelly, C. (2003). The decline of Steller sea lions *Eumetopias jubatus* in Alaska: a review of the nutritional stress hypothesis. *Mammal review*, 33(1): 3-28.

Trivers, R. L. (1972). Parental investment and sexual selection. Pp. 136–179 in *Sexual selection and the descent of man* (B. Campbell, ed.). Heinemann Educational Books Ltd., London, United Kingdom

Trumble, S. & Castellini, M. (2002). Blood chemistry, hematology, and morphology of wild harbor seal pups in Alaska. *The Journal of wildlife management*, 1197-1207

Trumble, J., M. Castellini, Mau, T., & Castellini, M. (2006). Dietary and seasonal influences on blood chemistry and hematology in captive harbor seals. *Marine mammal science*, 22(1), 104-123.

Tryland, M., Krafft, B. A., Lydersen, C., Kovacs, K. M., & Thoresen, S. I. (2006). Serum chemistry values for free-ranging ringed seals (*Pusa hispida*) in Svalbard. *Veterinary clinical pathology*, 35(4), 405-412.

Tryland, M., Nymo, I. H., Nielsen, O., Nordøy, E. S., Kovacs, K. M., Krafft, B. A., & Lydersen, C. (2012). Serum chemistry and antibodies against pathogens in antarctic fur seals, Weddell seals, crabeater seals, and Ross seals. *Journal of wildlife diseases*, 48(3), 632-645.

Umminger, B. L. (1975). Body size and whole blood sugar concentrations in mammals. *Comp Biochem Physiol A*, 52:455–458

Vázquez-Medina, J. P., Zenteno-Savín, T., Forman, H. J., Crocker, D. E., & Ortiz, R. M. (2011). Prolonged fasting increases glutathione biosynthesis in postweaned northern elephant seals. *Journal of Experimental Biology*, 214(8), 1294-1299.

Verrier, D., Groscolas, R., Guinet, C., & Arnould, J.P.Y. (2009). Physiological response to extreme fasting in subantarctic fur seal (*Arctocephalus tropicalis*) pups: metabolic rates, energy reserve utilization, and water fluxes. *Am J Physiol*, 297:R1582–R1592

Villegas-Zurita, F., Castillejos-Moguel, F., & Elorriaga-Verplancken, F. R. (2015). Southernmost presence of the Guadalupe fur seal (*Arctocephalus townsendi*) in the Mexican South Pacific. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(4), 1107-1109

Warneke, R. M. (1982). The distribution and abundance of seals in the Australasian region, with summaries of biology and current research. *FAO Fish. Ser.* No. 5, Vol. 4. pp. 431–475

Weathers, W. W. & Sullivan, K. A. (1989). Juvenile foraging proficiency, parental effort, and avian reproductive success. *Ecol Monogr*, 59: 223–246

Weckerly, F. W. (1998). Sexual-size dimorphism: influence of mass and mating systems in the most dimorphic mammals. *Journal of Mammalogy*, 79:33–52.

Weise, M. & Costa, D. P. (2007). Total body oxygen stores and physiological diving capacity of California sea lions as a function of sex and age. *Journal of Experimental Biology*, 210(2): 278-289.

Weise, M. J., Harvey, J., & Costa, D. P. (2010). The role of body size in individual-based foraging strategies of a top marine predator. *Ecology*, 91(4), 1004-1015.

Wheatley, E., Bradshaw, C., Davis, L., Harcourt, R., & Hindell, M. (2006). Influence of maternal mass and condition on energy transfer in Weddell seals. *Journal of Animal Ecology*, 75(3): 724-733.

Wickham, L., Costa, D., & Elsner, R. (1990). Blood rheology of captive and free-ranging northern elephant seals and sea otters. *Canadian journal of zoology*, 68(2): 375-38

Williams, K. (2013). Clinical Values of Blood Variables in Wild and Stranded California Sea Lions (*Zalophus Californianus*) And Blood Sample Storage Stability. MS Thesis. 95pp. Tesis de doctorado. Universidad de California. Bahía de Monterey. EE.UU., 95pp.

Winship, A. J., Trites, A. W., & Calkins, D. G. (2001). Growth in body size of the Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*). *Journal of Mammalogy*, 82(2), 500-519.

Worthy, G. A., & Lavigne, D. M. (1982). Changes in blood properties of fasting and feeding harp seal pups, *Phoca groenlandica*, after weaning. *Canadian Journal of Zoology*, 60(4), 586-592.

Yeh, J., Kug, B., Dewitte, M., Kwon, B., Kirtman., & Jin. F. (2009). El Niño in a changing climate. *Nature*, 461 pp. 511–514.

Yochem, P. K., Stewart, B. S., Mazet, J. A., & Boyce, W. M. (2008). Hematologic and serum biochemical profile of the northern elephant seal (*Mirounga angustirostris*): variation with age, sex, and season. *Journal of wildlife diseases*, 44(4), 911-921

Yochem, K., Stewart, T., & Siniff, D. (2009). Health Assessment of Weddell Seals, *Leptonychotes weddellii*, in McMurdo Sound, Antarctica. In *Health of Antarctic Wildlife* Springer Berlin Heidelberg. 123-138pp.

Zuerner, R. L., Cameron, C. E., Raverty, S., Robinson, J., Colegrove, K. M., Norman, S. A., & Gulland, F. (2009). Geographical dissemination of *Leptospira interrogans* serovar Pomona during seasonal migration of California sea lions. *Veterinary microbiology*, 137(1-2), 105-110.