

cigren
Centro de Investigación y
Gestión de Recursos Naturales



**Universidad
de Valparaíso**
CHILE

**FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO**

**PROGRAMA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS MENCIÓN
CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Distribución espacial y estructura de unidades reproductivas de
Lobo Marino Sudamericano, *Otaria byronia* (de Blainville, 1820),
durante la temporada reproductiva en la lobería de Punta
Chaiguaco, Isla de Chiloé.**

TESIS

DANIEL ALEJANDRO CÁRCAMO SEGOVIA

2017

DANIEL ALEJANDRO CÁRCAMO SEGOVIA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
para obtener el grado académico de Licenciado en Ciencias mención
Biología

COMISIÓN DE TÍTULO

Doris Oliva Ekelund
Director
Universidad de Valparaíso

Dra. Kathleen Whitlock
Miembro de la Comisión
Universidad de Valparaíso

Dra. Maritza Sepúlveda Martínez
Miembro de la Comisión
Universidad de Valparaíso

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	11
<i>Otaria byronia</i> (de Blainville, 1820): Un ejemplo de depredador tope marino.....	11
Distribución del Lobo Marino Común en el Continente Americano.	16
Isótopos Estables: Técnica y Aplicaciones en Ecología.	20
Marcas de Ácidos Grasos: Reconstrucción de Dieta y Otras Aplicaciones.	22
Casos de estudio con $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$: Reconstrucción de Dieta y Sobreposición de Nicho.	25
Genética de Poblaciones: Microsatélites y éxito reproductivo.	30
Comportamiento Social en <i>Otaria byronia</i> : Unidades reproductivas y poliginia.....	34
PROBLEMA	37
OBJETIVOS	38
HIPÓTESIS.....	39
MATERIALES Y MÉTODOS	40
RESULTADOS.....	51
DISCUSIÓN	67
CONCLUSIONES	76
PROYECCIONES.....	77
LITERATURA CITADA.....	78
ANEXOS.....	87

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Kathleen Whitlock, por su buena disposición mientras cursaba primer año de la carrera, para conversar sobre mis capacidades y posibilidades de comenzar tempranamente a colaborar con algún profesor que abordara las temáticas de mi interés; llegando de este modo al laboratorio de la Prof. Doris Oliva, investigadora con la cual trabajo hasta el día de hoy.

Otro pilar fundamental dentro de mi formación académica fue la Dra. Marisol Tejos, a quien le debo los conocimientos más concretos y sólidos en torno a química. Además por enseñarme el valor del mérito y que no basta con ser el mejor científico si no existen en un país las condiciones adecuadas para el desarrollo de la ciencia, dándome una lección de vida sobre lo importante y crítico que resulta una buena gestión en torno a la creación de conocimiento.

A la Dra. Maritza Sepúlveda, por su invitación a cursar el ramo de Mamíferos Marinos junto a la carrera de Biología Marina, el cual fue de provecho para esta tesis. Además por la confianza depositada en mi durante el Congreso SOLAMAC 2016.

A mi Prof. Doris Oliva, quien me acogió en su laboratorio durante los cuatro años de carrera universitaria, transmitiéndome no solo conocimientos en torno a ecología sino que también indirectamente formándome como persona y profesional. Siempre le estaré agradecido por las oportunidades y satisfacciones académicas que vivimos durante este proceso, gracias por hacerme creer en mis capacidades a través de propuestas que muchas veces encontré inalcanzables. Junto a Ud. aprendí el real valor del trabajo en equipo y de la capacidad para trabajar bien bajo presión; la admiro por sus ideas, liderazgo pero sobre todo por su sencillez y humildad. La confianza depositada en mí durante todos estos años la agradezco, espero haber estado a la altura de las circunstancias; y realmente anhelo que gracias a todo lo vivido, nuestra relación siga prosperando con el transcurso de los años.

Finalmente a mi familia, por el apoyo e incondicionalidad durante todo mi proceso universitario.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracteres secundarios para diferenciar sexo y clase de edad funcional en el lobo marino común. (Oliva <i>et al.</i> 2012).	43
Tabla 2. Fecha y hora de sobrevuelos e información oceanográfica de la localidad de Ancud y Castro, Isla de Chiloé (Chile). Para los censos realizados en los años 2012, 2013 y 2016.	49
Tabla 3. Estructura poblacional bruta de la lobería de Punta Chaiguaco, para los años 2012, 2013 y 2016.	51
Tabla 4. Estructura poblacional corregida, a partir de individuos indeterminados, de la lobería de Punta Chaiguaco, para los años 2012, 2013 y 2016.	51
Tabla 5. Número de unidades reproductivas (UR) analizadas por año y hábitat, y conteos poblacionales en UR por año de estudio (LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura).	54
Tabla 6. Número de unidades reproductivas (UR) analizadas, longitud estándar de machos y hembras por UR y longitud máxima de las UR, por año de estudio.	62
Tabla 7. Resultados del test-t no pareado, para longitud estándar de machos y hembras, entre hábitats por año de estudio. Se indican en negrita y con asteriscos (*) las diferencias significativas ($P < 0.05$). (Hábitats. LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura).	64
Tabla 8. Estructura poblacional, longitud estándar de machos y hembras en periodo reproductivo y longitud máxima de las unidades reproductivas (UR) por hábitat (LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura) y año de sobrevuelo.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica del lobo marino sudamericano (<i>Otaria byronia</i>). (Dans <i>et al.</i> 2012).	17
Figura 2. Ubicación geográfica y abundancia poblacional del lobo marino sudamericano en las loberas reproductivas (parideros) de Chile Austral, durante el censo de verano 1998, 2007 y 2012. (Oliva <i>et al.</i> 2012).	18
Figura 3. Biplot $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{15}\text{N}$, para cada segmento de las nueve vibrisas obtenidas de ejemplares de LMS de Calbuco y Chullec (Chile Austral). Puntos negros representan el valor isotópico promedio para las presas. Barras representan la respectiva desviación estándar. (Sepúlveda <i>et al.</i> 2015).	27
Figura 4. Nicho isotópico para periodo pre-reproductivo y año completo, para población de LMS en Isla de Lobos (Uruguay). Áreas de elipse estándar Bayesiana (líneas sólidas) y metodología de las áreas convexas (líneas punteadas) para la población de LMS. a) Para el periodo pre-reproductivo (piel) y b) para el año completo (hueso). (Drago <i>et al.</i> 2015).	29
Figura 5. Median-joining network de haplotipos del Atlántico (círculos blancos) y Pacífico (círculos grises) basados en sitios de polimorfismo de la región D-loop de DNA mitocondrial. Las áreas circulares son proporcionales a la frecuencia de los haplotipos indicados. (Artico <i>et al.</i> 2010).	30
Figura 6. Vista aérea de la lobería de Punta Chaiguaco, ubicada en la costa expuesta de la Isla Grande de Chiloé, X Región de Los Lagos, Chile.	40
Figura 7. Conteo y categorización de individuos usando el programa Adobe Photoshop CS6. Puntos azules corresponden a machos adultos, verdes a machos subadultos, rojos a hembras, celestes a juveniles, morados a crías y amarillos a animales indeterminados.	42
Figura 8. Mapa de la lobería de Punta Chaiguaco. En colores se evidencian los cuatro hábitats definidos. (Hábitats. LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura).	44

Figura 9. Hábitats o categorías de terreno en altura. a) Plataforma Rocosa Lisa en Altura (RP). b) Plataforma Rocosa Rugosa en Altura (RPRT).....	45
Figura 10. Hábitats o categorías de terreno en plataformas bajas. a) Terraza Lisa (LT). b) Terraza Inclinada (IT).	46
Figura 11. Ejemplo de una unidad reproductiva (UR), siguiendo parámetros de comportamiento. En círculo negro se destaca UR aislada.	48
Figura 12. Número de animales categorizados por clase de edad funcional para los años 2012, 2013 y 2016. Al tope de las barras se muestra el número total de individuos registrados en la lobería, a partir de los datos corregidos por indeterminados.	52
Figura 13. Comparación de estructura poblacional expresada como porcentaje de individuos por categoría para el total de animales en la colonia y las unidades reproductivas analizadas. Al tope de las barras se muestra el total de animales (solo machos, hembras y crías; categorías que ingresaron en nuestro estudio de UR).....	53
Figura 14. Distribución de frecuencias de número de hembras por macho en unidades reproductivas (UR), para 2012, 2013 y 2016. (n: número de UR analizadas).....	55
Figura 15. Representación porcentual de las unidades reproductivas (UR), por número de hembras por macho (tomando la totalidad de la UR analizadas). En colores se observa la contribución por hábitat en dicho porcentaje (Hábitats. LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura).	56
Figura 16. Estructura poblacional por tipo de hábitat y año. Marcas al tope de barras, representan diferencias significativas en Test G. Líneas representan proporción esperada (Hábitats. LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura).	57
Figura 17. Valores propios arrojados por el análisis de componentes principales empleando 10 variables. Las cifras sobre los puntos indican el porcentaje acumulado del total de la varianza.	60

Figura 18. Principales variables que contribuyen en los componentes 1 y 2 del análisis de componentes principales.	60
Figura 19. Dispersión de los puntajes arrojados por el análisis de componentes principales, empleando la TSM como la variable categórica para agrupación.	61
Figura 20. Dispersión de los puntajes arrojados por el análisis de componentes principales, empleando el tipo de hábitat o categoría de terreno como la variable categórica para agrupación.	61
Figura 21. Longitud estándar de machos y hembras para 2012, 2013 y 2016. Test-t no pareado sustenta diferencias significativas entre todos los años por sexo.	63
Figura 22. Estructura y abundancia poblacional del LMS en las principales loberías reproductivas en la X y XI Regiones para el año 2013 (Chile Austral).....	66
Figura 23. Esquema de localización geográfica de la Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste. (Waters 2008).	67
Figura 24. Principales corrientes presentes en la costa de Chile: Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste (CDO), Corriente Subsuperficial Perú-Chile (CSPC), Corriente del Cabo de Hornos (CCH), Contra Corriente Perú-Chile (CCPC), Corriente Costera de Chile (CCC), Corriente Perú-Chile (CPC). (Gatica <i>et al.</i> 2009 modificado de Leth & Shaeffer, 2001).	68

ABSTRACT

Spatial distribution and structure of reproductive units of the Southern sea lion, *Otaria byronia* (de Blainville, 1820), during the mating season in Punta Chaiguaco rookery, Southern Chile.

The southern sea lion (SSL) *Otaria byronia* has a wide distribution in South America with an estimated abundance of 500,000 animals. In the Pacific coast, the rookery of Punta Chaiguaco, located in the south west coast of Chiloé Island, is one of the main breeding colonies in austral Chile as well as Isla Doña Sebastiana, Isla Metalqui, Isla Guafo and Isla Guamblin. The aim of this study was to analyze the population structure of Punta Chaiguaco colony during the reproductive season, to assess the distribution and structure of polygynous reproductive units (PRU). We hypothesized that larger males will use the most suitable area in the rookery with a higher number of estrous females and newborn pups. Aerial surveys were conducted in April 2012, February 2013 and February 2016; and three independent observers counted the animals from digital photographs defining 28, 31 and 28 PRU, respectively. PRU occurred in four main habitats and different measurements (Image J) and population counts were made in each unit.

A Principal Component Analysis (PCA) was performed considering ten variables, the first five components explained 92.1% of cumulative variance. The first component explained the 35.6% of the variance and accounts for male and female standard length, sea surface temperature, and the total number of animals in the colony. The variables which are inversely related were terrain categories (habitat), level of PRU and tide level. The population structure of PRU differ significantly per habitats in 2012 and 2016 (Goodness of fit test), and a t-test suggested that the size of males and females varied across habitats in the same years. Our study shows that the distribution in the rookery, the structure of the PRU and the size of the breeding animals vary according to environmental conditions, such as tide level and habitat suitability. Differences in male length among seasons could be explained by daily and annual circarhythms and related too with overfly during April,

completely delayed from reproductive season. Additionally we suggest that reproductive units with large males include a high number of robust females and newborn pups.

Finally, from 2013 data of totals of animals by functional age category, we determine that the population structure of the study area is representative of the main reproductive colonies of Southern Chile (Test of Independence using G-Test). Reaching the conclusion, from data of population structure, that Isla Metalqui, Isla Guamblin and Punta Chaiguaco are the main areas in austral Chile where the conservation of the specie should be focused.

Key words: Polygyny, Breeding success, Standard length, Terrain categories/habitats, Chiloé, Chile, West Wind Drift, ENSO.

INTRODUCCIÓN

***Otaria byronia* (de Blainville, 1820): Un ejemplo de depredador tope marino.**

El lobo marino sudamericano (LMS) o también llamado lobo marino común (LMC), es un mamífero adaptado a la vida acuática, ya que desarrolla la mayoría de sus actividades diarias en contacto directo con el mar y sus alrededores. Entre los carnívoros, la familia Otariidae se diferencia de Phocidae por presentar orejas visibles y por su facilidad para desplazarse sobre la tierra, ya que presentan extremidades posteriores dirigidas hacia adelante. Cabe destacar que junto a los cetáceos, sirenidos, fócidos y odobénidos, sumando algunas especies de mustélidos y úrsidos, representan la totalidad de los mamíferos adaptados a la vida acuática (Hoelzel *et al.* 2002; Berta *et al.* 2005; Walton 2008).

El estudio que aborda el reanálisis de los epítetos más utilizados para nombrar al lobo marino común, *jubata*, *leonina*, *flavescens* y *byronia*; nos lleva a incluir como parte fundamental de este marco teórico introductorio, cuál es la correcta denominación específica. Así, se puede mencionar que los epítetos *jubata* y *leonina*, fueron acuñados incorrectamente. En cuanto al primero, se supuso que el LMS y el lobo marino del norte pertenecían a la misma categoría, asignando dicho epíteto como homónimo respecto de otra especie. En cuanto al segundo, a pesar de que las características aplicaban para la denominación, ésta había sido previamente utilizada para nombrar al elefante marino del sur (*Mirounga leonina*). Actualmente, son dos los epítetos que se mantienen para nombrar al LMS; primero está el criterio inglés que favorece el nombre *byronia*, y por otro lado el criterio americano que valida *flavescens*. El epíteto *flavescens* (Shaw, 1800), resulta incorrecto ya que el holotipo en el que se basa no corresponde al de un lobo marino sudamericano, sino más bien al de un lobo marino de dos pelos albino (*Arctocephalus australis*). Finalmente, de Blainville (1820) describió el cráneo de un lobo marino sudamericano que denominó *Phoca byronia*; si bien la localidad de hallazgo del cráneo es incierta, se supone que como la expedición recorrió el estrecho de Magallanes antes de visitar las Islas Marianas, debe haber existido un error en la marcación del lugar de recolección, por lo que se reconoce como correcto y prioritario el epíteto *byronia*. (Oliva 1988; SMM Committee on Taxonomy 2016).

De esta forma, la especie se puede clasificar bajo los taxa; ANIMALIA - CHORDATA - MAMMALIA - CARNIVORA - OTARIIDAE - *Otaria – byronia* (Oliva 1988; Cárdenas *et al.* 2016; *SMM Committee on Taxonomy* 2016).

La especie ha sido históricamente considerada como oportunista, por lo que ecólogos han tratado de responder interrogantes asociadas a dicho concepto, llegando a concluir que la dieta a lo largo de la costa Chilena, es diversa y su composición depende de la latitud (Hückstädt *et al.* 2007; Muñoz *et al.* 2013).

En contraste, George-Nascimento *et al.* (1985) analiza el contenido estomacal de 29 ejemplares de LMS, de la zona central de Chile durante primavera de 1980 y 1981. 25 de los cuales poseían restos de alimento en el tracto digestivo, registrando un total de 820 individuos presa (en 24 LMS). La recolección de 1.436 otolitos permitió la caracterización de 732 peces, mientras que cráneos y partes de huesos permitieron la identificación de otros 83, las 5 presas restantes correspondieron a cefalópodos. De este modo, cabe destacar que la mayoría de los contenidos estomacales contenían más de un taxón de presas; demostrando que para el caso de la determinación de al menos 2 taxa, la dominante logra dar cuenta del 79,8% del número total de presas, y el 71,2% del total del peso del alimento por tracto digestivo en un individuo. Los resultados muestran que la merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, frecuentemente sobrepasaba en número y peso a otros taxa de presas con también alta representación en la dieta. Lo que junto a datos de tablas de disponibilidad, distribución en la columna de agua y ranking de elección de las posibles presas; revela que dichos depredadores no seleccionan sus presas dependiendo de las abundancias relativas de ellas en el ambiente acuático.

Los resultados indican que el grueso de la dieta de *O. byronia* se compone principalmente de presas demersales y mesopelágicas (sur de Chile), capturadas a profundidades no mayores de 300 m. Logrando tres de estas presas (merluza de cola, *Macruronus magellanicus*; merluza común, *Merluccius gayi*; y congrio, *Genypterus spp.*) una representación del 75% en peso del total de alimento encontrado en los ejemplares bajo estudio. Se debe destacar que entre los animales pelágicos, los cefalópodos también fueron

una presa de alta representación en la dieta (segunda posición en el ranking de elección), lo que refuerza los resultados publicados con anterioridad para otras especies de pinnípedos (George-Nascimento *et al.* 1985).

La metodología más utilizada en la actualidad para el estudio de dieta en depredadores, se basan en la teoría y en el análisis cuantitativo de isótopos estables de carbono y nitrógeno; para así mediante el uso de modelos Bayesianos como MixSIR, calcular la contribución porcentual de las diversas posibles presas (Tollit *et al.* 2010). Así se han logrado establecer niveles tróficos, basándose en el estudio isotópico de pelo y vibrisas de ejemplares de la zona centro de Chile en conjunto con el análisis de muestras de músculo de las posibles presas. Demostrando que la comunidad se compone de al menos 5 niveles tróficos, con el lobo marino sudamericano como depredador tope, regulando así de manera considerable el ecosistema marino por efecto Top-Down sobre la abundancia de especies con niveles tróficos inferiores, especialmente sobre presas que conforman el sistema pelágico del ecosistema marino de Chile central (Hückstädt *et al.* 2007; Cappozzo & Perrin 2009).

Otros autores, utilizando muestras de pelo y piel para análisis isotópico del lobo marino sudamericano en diversas localidades de Chile (tomando además muestras de músculo de las diversas potenciales presas), establecieron la contribución porcentual en la dieta de dicho depredador. Del análisis de pelo, se infiere que el LMS toma ventaja de la mayor abundancia de determinadas presas durante algunas estaciones del año por sobre otras, en zonas específicas de Chile. Lo que nos indica que frente a una mayor abundancia y disponibilidad de los recursos, dicho depredador presenta una alta plasticidad en la alimentación. También argumentan que existe, entre individuos de la misma especie, diferencias considerables en el consumo de determinadas presas, lo que indica una cierta especialización cuyo fin último sería reducir la competencia intraespecífica (Muñoz *et al.* 2013).

Por otro lado, el estudio del análisis de isótopos estables conjugado con rastreo satelital, proporciona algunas conclusiones relevantes en cuanto a los hábitos alimentarios de *O. byronia*. Los resultados específicos del análisis de movimiento y de dieta en ejemplares de esta especie, muestran que ésta es capaz de adaptarse para obtener una presa de fácil

acceso, reforzando la idea de una alta plasticidad. Es fundamental resaltar que existe una variabilidad sustancial entre los individuos analizados en este estudio, en cuanto a hábitos de alimentación; demostrando que evidentemente algunos de ellos están consumiendo salmónidos de cultivo en el sur de Chile, sugiriendo la idea de que existe interferencia con la salmonicultura. Cabe destacar la gran habilidad para recorrer grandes distancias y realizar viajes de alimentación en periodos relativamente cortos, que para el estudio en cuestión fueron de una duración promedio de 2.5 ± 1.4 días; lo que sustenta la idea previa de la alta eficiencia del buceo característico de la especie (Sepúlveda *et al.* 2015).

Riet-Sapriza *et al.* (2013) estudia 10 hembras de LMS en periodo de lactancia, con el objetivo de analizar la interacción biológica entre estos mamíferos y pesquerías en Isla de Lobos, Uruguay. A dichos individuos se les realizó un rastreo satelital, sumado al análisis de fecas en la misma localidad bajo estudio para la cuantificación de dieta. La sobreposición de nicho analizada a través del índice de sobreposición Morisita-Horn, durante el verano austral de 2009; otorga altos valores para la interacción entre LMS y ambas actividades pesqueras. El 84% de las actividades de buceo registradas, tienen una duración de entre 1-2.5 min; el 70% de ellas fueron entre 15-25 m, el 23% entre 5-10 m y el 7% entre 30-55 m. Desprendiendo que estas acciones son independientes de la hora del día, exhibiendo un patrón de frecuencia de buceo poco predecible. De este modo, el estudio muestra que las áreas que más utilizan las hembras, se restringen a las cercanías de la colonia; con sitios de forrajeo cercanos a la plataforma continental. Caracterizando el buceo de los individuos como bentónico de poca profundidad, cortos y con gran proporción de tiempo gastado en el fondo marino. Haciendo las condiciones de forrajeo menos favorables para las hembras en periodo de lactancia (Riet-Sapriza *et al.* 2013).

La presencia de circarritmos en la especie, ha sido estudiada gracias a la realización de censos diarios y anuales. En Chile central, se ha podido concluir que las poblaciones presentan fluctuaciones asociadas a dichos rangos temporales, con una tendencia caracterizada por el incremento de individuos en todas las clases de edad durante el día con un decaimiento de noche, comportamiento asociado a los hábitos de alimentación nocturnos; mientras que para el caso del circarritmo anual en el paradero estudiado, se

observó una considerable baja en la población durante el inicio del periodo reproductivo, a partir del mes de Diciembre, evidenciando claros ritmos biológicos en estos depredadores (Sepúlveda *et al.* 2001).

Distribución del Lobo Marino Común en el Continente Americano.

El lobo marino sudamericano o común posee una amplia distribución en Sudamérica. En el Océano Pacífico, se puede mencionar que la especie abarca desde Tierra del Fuego hasta la localidad de los Zorritos en Perú (4°S). Mientras que en el Océano Atlántico, la distribución se enmarca desde Tierra del Fuego hasta Torres (29,33°S; 49,71°O), localidad ubicada al sur de Brasil (Dans *et al.* 2012) (Figura 1).

En cuanto al estado de situación actual del LMS en Chile, se puede establecer claramente que tras censos realizados durante 2007 a lo largo de la costa chilena, es posible llegar a cuantificar la totalidad de los individuos que habitan aguas del Océano Pacífico Sud-Oriental. Siendo la población del norte (18°-32°S) de 70.286 individuos con 40 colonias reproductivas, en la zona central (32°-39°23'S) de 18.179 individuos con 6 colonias reproductivas y en la zona austral (39°23'-55°48'S) de 48.351 individuos con un total de 75 colonias reproductivamente activas. Y para el caso particular de la abundancia de ejemplares en Perú (04°10,36'-17°42'S), se destaca el censo realizado durante 2006 llevado a cabo por el Instituto del Mar del Perú, que arroja un total de 118.220 individuos. De este modo, la totalidad de la población a lo largo de la costa pacífica, puede ser estimada en 255.036 individuos; cuantificación de considerable importancia para mantener un monitoreo de este importante depredador (Dans *et al.* 2012).

En Chile Austral, el 85% de la natalidad del LMS se concentra en solo cinco loberas: Isla Doña Sebastiana, Isla Metalqui, Punta Chaiguaco, Isla Guafo e Isla Guamblin. Estas cinco loberas, son fundamentales para la estimación regional o global de la abundancia del LMS en esta área geográfica (Figura 2). Además, el mayor número de loberas como de individuos de LMS, se registran en la costa expuesta de la X y XI regiones. Lo cual puede tener su explicación en que los animales preferirían áreas de difícil acceso para las actividades reproductivas. De este modo, se puede afirmar que la abundancia poblacional de la especie para cada Región de interés es de 47.053 para la X Región y 19.085 para la XI Región. Datos que evidencian una notoria alza en la abundancia de la especie en el sur de Chile, y que se estima aumente sostenidamente en el tiempo (Oliva *et al.* 2012).

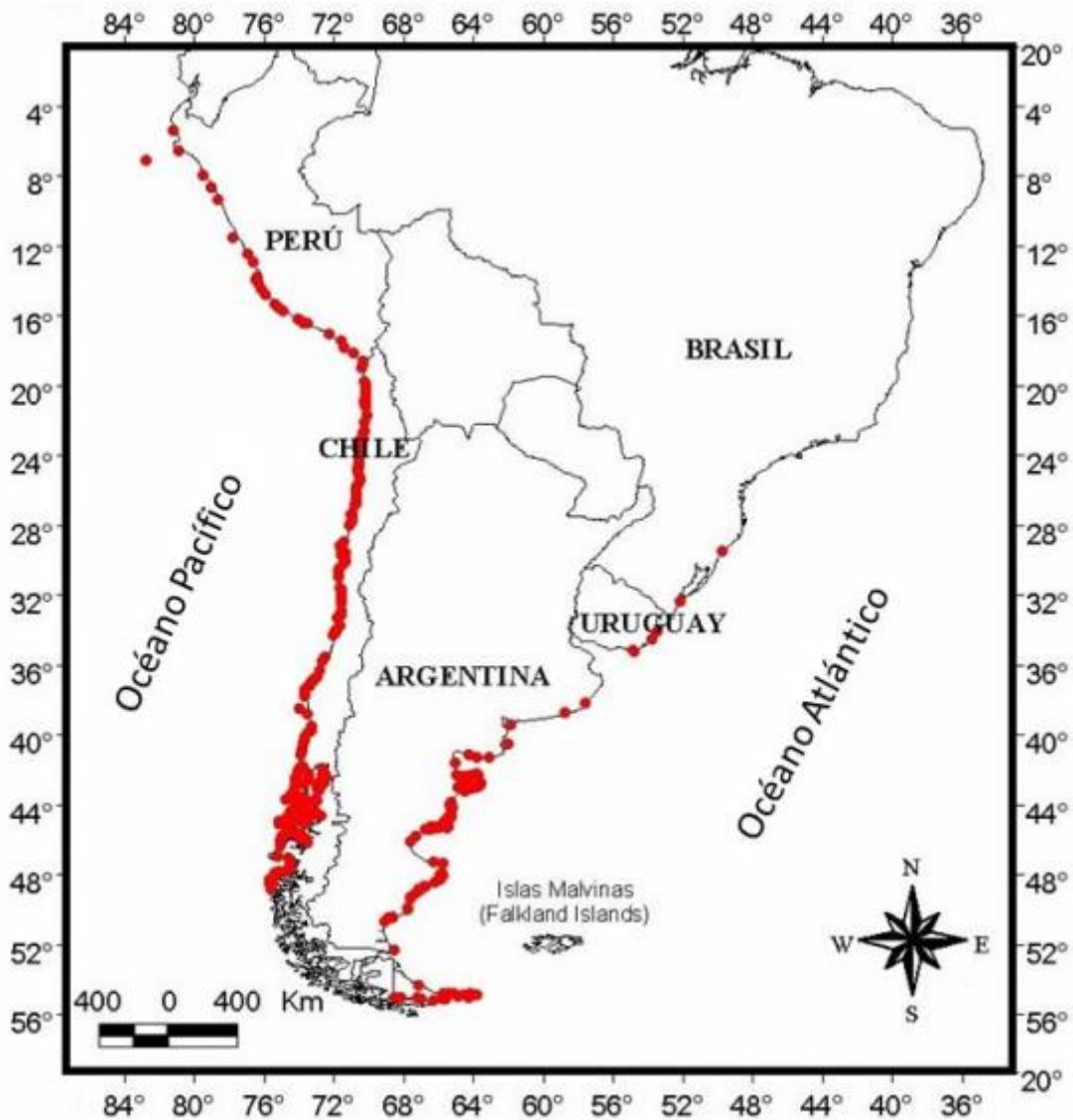


Figura 1. Distribución geográfica del lobo marino sudamericano (*Otaria byronia*). (Dans *et al.* 2012).

A partir de los censos históricos realizados en territorio chileno, se determinó mediante la aplicación de diversos factores de corrección y unificación de datos, que la población de LMS alcanza los 95.322 (zona norte), 28.098 (zona centro), 66.619 (zona sur) y 2.945 individuos (Magallanes), respectivamente. Para otorgar una abundancia total estimada de la especie en Chile, de 192.984 ejemplares (Pizarro 2016).

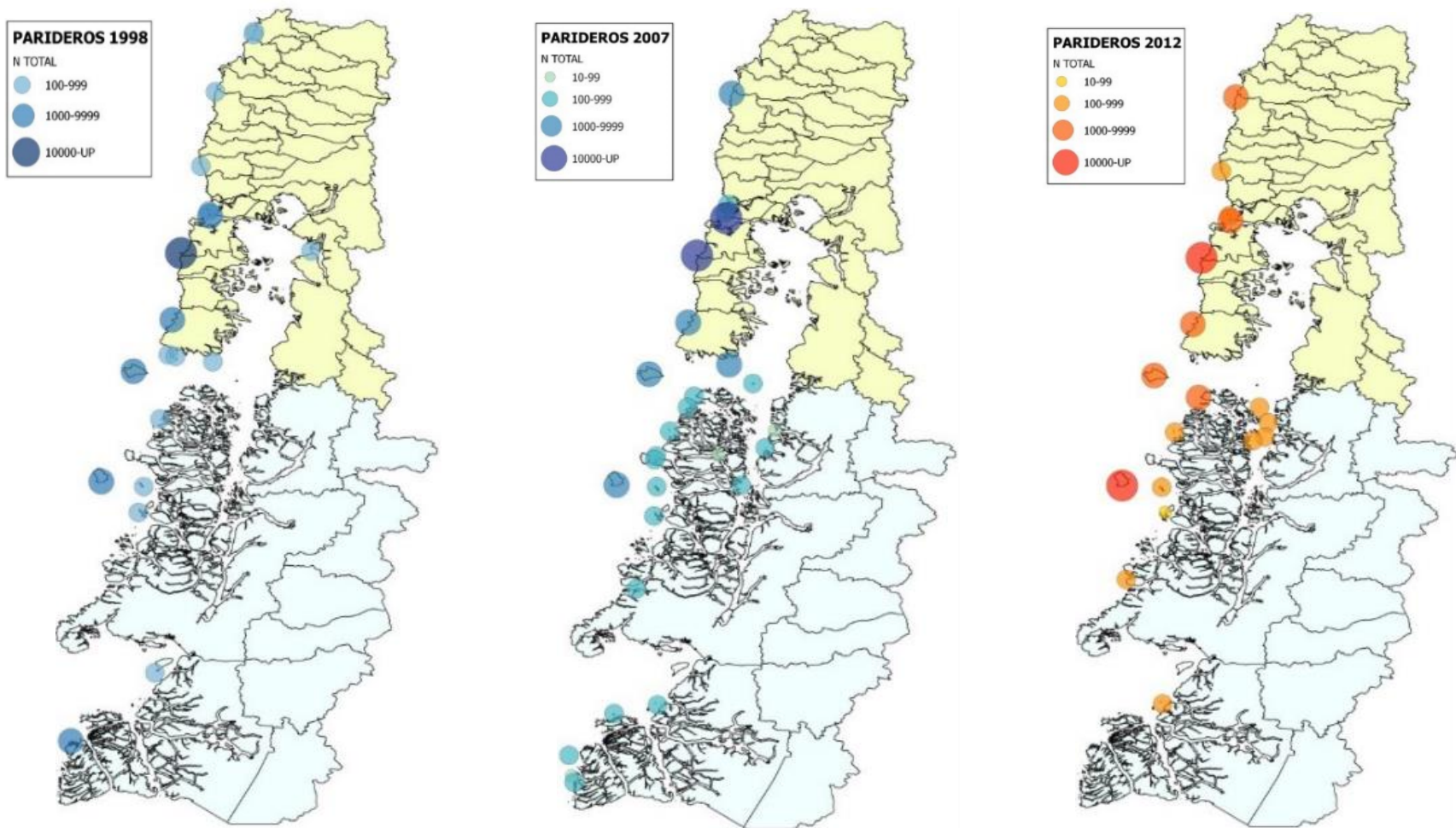


Figura 2. Ubicación geográfica y abundancia poblacional del lobo marino sudamericano en las loberas reproductivas (parideros) de Chile Austral, durante el censo de verano 1998, 2007 y 2012. (Oliva *et al.* 2012).

Datos poblacionales recientes, indican que la población de LMS en la costa de Brasil no alcanzaría más de 200 individuos. Para el caso específico de Uruguay, se estima que la población estaría comprendida entre los 12.000-13.000 individuos. En Argentina, la abundancia de la especie que se restringe a la costa norte y Patagonia, presentaría aproximadamente 2.500 y 120.700 animales, respectivamente. Adicionalmente, la población de las Islas Falkland/Malvinas se estima alcance los 7.500 animales. Para el caso particular en la costa Chilena, se llega aproximadamente a los 197.000 individuos; mientras que para la costa de Perú, se estima que esta sea por lo menos de 105.000 individuos. Otorgando un total de al menos 445.000 ejemplares de LMS, a lo largo de la parte sur del Continente Americano (Cárdenas *et al.* 2016).

Datos anteriores que al ser contrastados con resultados de sobrevivencia, nos entregan señales claras de un mejoramiento sostenido de la abundancia poblacional (varía a nivel regional). Resulta esencial entonces resaltar el análisis acerca de sobrevivencia para el caso del LMS en el norte de la Patagonia Argentina; lugar donde hubo constante caza y faenamiento entre los años 1920 a 1960, y que derivó en la reducción considerable de la abundancia de esta especie.

A partir de censos realizados cuando la población estaba en una fase estacionaria y de otros censos más recientes (población en recuperación); lograron dilucidar que las colonias cambiaron su composición social junto con el incremento específico en los ejemplares juveniles. Demostrando que el patrón de sobrevivencia es similar al de otros pinnípedos; que para este caso particular, se evidenció en el incremento de la sobrevivencia tanto de ejemplares juveniles como adultos. En cuanto a las curvas de sobrevivencia para las hembras (2000-2008), los índices son muy elevados en comparación con machos a cualquier rango etario, sugiriendo que las hembras con el transcurso de los años han aumentado el consumo de presas pelágicas; lo que hace incrementar su propia tasa de sobrevivencia en conjunto con el mejoramiento en el proceso de gestación y de mantención de sus crías. Si dichas sugerencias las sumamos al evidente cese de captura en la zona, se puede afirmar que posiblemente alguno de estos factores o ambos lograron incrementar la sobrevivencia de estos individuos en el tiempo (Grandi *et al.* 2016).

Isótopos Estables: Técnica y Aplicaciones en Ecología.

Los elementos en la naturaleza se pueden encontrar en más de una forma estable, debido a pequeñas diferencias en la masa atómica. Dichas versiones difieren en el número de neutrones, haciendo variar el número másico; esta pequeña diferencia en el núcleo de los elementos se traduce en comportamientos distintivos a la hora de analizar reacciones biogeoquímicas en las que éstos se ven involucrados.

Muchas veces un neutrón extra hace la diferencia, ya que resulta difícil empujar moléculas más pesadas a niveles energéticos superiores, por lo que productos de reacciones químicas, se ven enriquecidos del isótopo más liviano. La cinética asociada a procesos en los que se ven involucrados, hace que las abundancias del isótopo liviano y pesado puedan ir cambiando de reservorio en el cuerpo de un animal. Así, las distribuciones isotópicas en nuestro planeta, proporcionan la base para trazar el origen de los elementos y moléculas en un espacio determinado y por supuesto a través de interacciones tróficas.

Los elementos más utilizados para el estudio de isótopos estables en mamíferos acuáticos son: H, C, N, O y S. Éstos son típicamente fijados e ingresados a la trama trófica por productores primarios, y pueden presentar de entre 2 a 3 formas: ^1H , ^2H , ^{12}C , ^{13}C , ^{14}N , ^{15}N , ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , ^{32}S , ^{34}S . Las mediciones de abundancias relativas para las diversas formas de isótopos, son posibles gracias a técnicas espectroscópicas de masas. Las cuales involucran la comparación entre la abundancia relativa del isótopo pesado con la del isótopo liviano (de un elemento en una muestra), expresado en notaciones internacionales. De esta forma, los datos son presentados en notación delta (δ) en partes por mil (‰), como se detalla:

$$\delta^{13}\text{C} \text{ or } \delta^{15}\text{N} = \left[\frac{R_{\text{sample}} - R_{\text{standard}}}{R_{\text{standard}}} \right] \times 10^3$$

Dónde R_{sample} y R_{standard} son la proporción $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ o $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ de la muestra y del estándar, respectivamente. Los valores estándar, para el caso del Carbono están dados en base a Vienna-Pee Dee Belemnite limestone (VPDB), para el Nitrógeno en base a N_2 atmosférico y para el caso del Oxígeno de acuerdo a Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW).

Los valores isotópicos en las tramas tróficas están determinados principalmente por los valores en los substratos inorgánicos, y se debe tener en cuenta que en el proceso de fijación existe discriminación isotópica; por lo cual estos isótopos son diferencialmente incorporados. Además, existe discriminación isotópica entre presa y depredador, con menores o mayores cambios mientras se asciende en la cadena trófica. Existiendo tasas de discriminación específicas para cada tejido de un animal, de esta manera la información de dieta se incorpora a diferentes tasas dependiendo del tejido, pudiendo ser días en el caso de la sangre, meses en el músculo e incluso años para el hueso. Dichos factores de discriminación deben tenerse en cuenta para reconstrucciones de dieta, y así poder emplear modelos estadísticos Bayesianos (Mixing Models) para el cálculo de las contribuciones relativas de los distintos grupos de presa en el estudio de dieta de un depredador (Tollit *et al.* 2010).

En cuanto al Oxígeno en el mar, se debe mencionar que como más del 99% es ^{16}O , casi todas las dinámicas ocurren como flujos de ^{16}O . $\delta^{18}\text{O}$ sirve para registrar las dinámicas menores de ^{18}O . El O_2 producido por la fotosíntesis posee el mismo valor $\delta^{18}\text{O}$ que el agua (0‰). Mientras que el oxígeno disuelto en el agua, posee $\delta^{18}\text{O}$ de 24.2‰, valor establecido por el equilibrio con la atmósfera. La respiración logra entonces remover el isótopo más liviano rápidamente, dejando el isótopo más pesado como residuo; siendo determinante para el estudio de otras dinámicas asociadas (Fry 2010).

Marcas de Ácidos Grasos: Reconstrucción de Dieta y Otras Aplicaciones.

Los ácidos grasos (AGs) son los constituyentes más abundantes de los lípidos neutros, como los triacilglicéridos, ésteres céreos y fosfolípidos polares. Todos los ácidos grasos consisten en largas cadenas de carbono, que comúnmente son caracterizados dependiendo de su longitud e insaturaciones; conteniendo entre 14-24 átomos de carbono y entre 0-6 enlaces dobles, con un metil terminal (CH_3) en uno de los extremos y un grupo ácido (carboxyl, COOH) en el otro. Los ácidos grasos de 14 carbonos o más, pasan a la circulación de manera intacta y generalmente son aceptados por los diversos tejidos bajo las mismas condiciones. A pesar del metabolismo asociado a los AGs, la composición de estos en los tejidos del depredador nunca coincidirá exactamente con los de sus presas, por lo cual muchos ácidos grasos son depositados en el tejido adiposo con muy pequeñas modificaciones y generalmente de un modo bastante predecible.

Tres características de los AGs y de su almacenaje, permiten utilizarlos como buenos marcadores tróficos. Primero, como sólo un número limitado de ácidos grasos pueden ser biosintetizados por los animales (especialmente a niveles tróficos superiores), es posible distinguir recursos que forman parte de la dieta versus de los que no. Segundo, a diferencia de las proteínas y carbohidratos, que son completamente desintegrados durante el proceso de digestión, los AGs generalmente no se degradan durante la digestión y son incorporados a los tejidos bajo su forma original. Tercero, los AGs son almacenados en animales dentro de reservorios, los que pueden llegar a ser muy abundantes. Así, estos AGs se acumulan a lo largo del tiempo y representan una integración de la dieta que consume un animal durante días, semanas o meses; dependiendo de la especie, gasto energético y tasas de almacenaje.

El Tejido Adiposo (incluyendo la gruesa capa de tejido adiposo vascularizado que se encuentra bajo la piel de todos los cetáceos, pinnípedos y sirenios), leche, y sangre, contienen la información más importante y directa respecto de la dieta de depredadores. En cambio, para el caso de las presas se debe tener un muestreo representativo de los hábitos del predador en relación a ellas; para así tener un registro de variabilidad de composición

y/o sobreposición (tomando grasa de un número suficiente de individuos). Entonces, es posible estudiar dieta en mamíferos acuáticos de tres modos. Primero, examinando cambios en la distribución de AGs sólo del depredador, para responder preguntas cualitativas respecto de variaciones temporales o espaciales. Segundo, analizar la presencia de AGs inusuales en el tejido del depredador para trazar consumo de presas específicas. Tercero, pueden emplearse para cuantificar dieta, lo que implica modelos estadísticos para calcular la combinación más apropiada de marcas en las presas, para llegar a calzar con lo observado en el depredador. El análisis de composición de AGs se realiza utilizando cromatografía de gases programada por temperatura, y es crucial seleccionar una columna capilar polar que permita la adecuada separación de todos los *peaks* de interés de los diversos compuestos orgánicos a estudiar (Tollit *et al.* 2010).

El estudio de composición de AGs en pinnípedos, particularmente en el lobo marino de Steller o del norte (*Eumetopias jubatus*), logra dar respuestas relacionadas con estacionalidad; así entre grupos demográficos en Alaska fue posible determinar diferencias en la dieta de crías durante primavera (marzo-mayo), sugiriendo diferencias regionales en la dieta de hembras adultas, las cuales proveen de leche a sus crías. Esto junto a la diferencias de composición, entre los individuos de ambas poblaciones y para algunos estados del desarrollo entre sexos; logra hacer consistente el argumento diferencial de los movimientos de alimentación de la hembra-cachorro. Lo que hace suponer que dichas diferencias en los perfiles de AGs hacen variar los tiempos de maduración de las crías entre ambas poblaciones estudiadas (Beck *et al.* 2007).

Lambert (2013), analiza la distribución de AGs en distintas regiones corporales del lobo marino de Nueva Zelanda (*Phocarctos hookeri*). Para lo cual a 28 individuos se les tomó muestras de tejido adiposo vascularizado (que se encuentra bajo la piel) de la zona torácica ventral (T) y se separó en dos capas (interna y externa), con el objetivo de analizar una posible estratificación y por ende diferencias en la contribución de AGs obtenidos de la dieta. Además a 16 de los 28 individuos iniciales, se les tomó muestras de la zona pélvica dorsal (P). Los resultados arrojaron diferencias mínimas entre la zona T y P, con solo 3 AGs diferentes de un total de 29. Para el caso de la capa externa, se evidenció que ésta

concentra principalmente AGs de cadena corta monoinsaturados y una menor proporción de AGs saturados, pero el grado de estratificación en ella fue mínimo. La predicción de dieta a partir del análisis cuantitativo de señales de AGs (QFASA), aplicado separadamente a muestras provenientes de diversas regiones del cuerpo de los ejemplares estudiados, arrojó resultados similares (Lambert *et al.* 2013).

El tejido adiposo, juega un importante rol como barrera física en la termoregulación de los mamíferos. A pesar de aquello, cambios moleculares en dicho tejido, específicamente a nivel de ácidos grasos saturados (AGS), resultarían fundamentales para comprender este complejo proceso de regulación endotérmica. Con el objetivo de corroborar dicha hipótesis, se calculó el índice de desaturación de AGs de 42 especies de mamíferos; y además se analizó la contribución de los factores térmicos en los índices obtenidos, mediante la utilización de regresiones filogenéticas. Los índices de desaturación para el caso de mamíferos acuáticos fueron los más altos, mientras que para mamíferos terrestres se obtuvieron los más bajos. Para mamíferos semi-acuáticos se registraron altos niveles de ácidos grasos desaturados, cuando éstos habitan en zonas con bajas temperaturas. Así, al aumentar los dobles enlaces en una molécula, se genera un incremento en la desaturación, lo que conlleva una disminución en el punto de solidificación de la molécula. De este modo, se evidencia que estos mamíferos que re-invadieron el ambiente acuático, adquirieron como un componente más de las estrategias termoregulatorias, la modificación de AGs por medio de la desaturación, para así poder llegar a habitar exitosamente en latitudes frías (Guerrero; paper en revisión).

Casos de estudio con $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$: Reconstrucción de Dieta y Sobreposición de Nicho.

Investigaciones recientes (Muñoz *et al.* 2013), han buscado a través del uso de proporciones isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, lograr estimar contribuciones de diversos grupos de presas en la dieta del lobo marino sudamericano a lo largo de la costa de Chile. De este modo, el estudio que aborda la temática de plasticidad en la dieta de *O. byronia*, se basó en el muestreo de tres localidades de Chile: Isla Choros y Chañaral (zona norte), Cobquecura (zona centro) y diversos sectores de Chiloé (zona sur). Para lo cual fue necesario la recolección de muestras de pelo y piel de los ejemplares, para el posterior análisis isotópico (n= 94). Además, las potenciales presas también fueron recolectadas, con el objetivo de tomar secciones de músculo y analizar concentración isotópica.

Para determinar la contribución relativa de los grupos de presas en la dieta del LMS, se utilizó MixSIR (Bayesian stable isotope mixing model). El que incorpora fuentes de incertidumbre como la varianza en la composición isotópica de las presas, y el error asociado a la discriminación isotópica propia de tejidos para una especie dada (TDFs). Cabe destacar, que para que el análisis de contribución porcentual sea lo más certero posible, es necesario agrupar a presas con similares valores isotópicos y función ecológica; de este modo la representatividad del modelo resulta ser más acertada.

Los resultados de este estudio, radican en los porcentajes de mayor contribución en la dieta del LMS en las tres zonas geográficas estudiadas. Zona norte: *Isacia conceptionis* (19.5%) y *Cilus gilberti* (23.3%); zona centro: *Thyrsites atun* (40.1%) y *Strangomera bentincki* (31.1%); zona sur: *T. atun*, *Trachurus murphyi* (20.8%) y Salmónidos de cultivo (20.7%). Contribuciones porcentuales de presas, para el caso del análisis de piel y pelo, respectivamente.

Como se esperaba, en las 3 zonas estudiadas las principales presas de LMS fueron peces, lo que coincide con los datos de otros autores. La única excepción fue lo arrojado en piel de los ejemplares del sur, donde el grupo S6 (cangrejo/jaiba) también fue un grupo de presas representativo en la dieta de dichos ejemplares. Del análisis de pelo en la zona centro, se infiere que el LMS toma ventaja de la mayor abundancia de *S. bentincki* durante los meses

de otoño. Lo que nos evidencia los hábitos de este depredador, frente a una mayor abundancia y disponibilidad de los recursos; existiendo una alta plasticidad en la alimentación de esta especie frente a condiciones ambientales, que ocasionan alteraciones en las abundancias de las presas que consumen habitualmente. Caracterizando a la especie como generalista con estrategias de forrajeo específicas en determinados individuos, sugiriendo una habilidad cuyo fin último sería reducir la competencia entre ejemplares de la especie (Muñoz *et al.* 2013).

El reciente desarrollo y adopción de dos tecnologías complementarias, telemetría GPS y Análisis de Isótopos Estables (SIA), ha permitido a ecólogos compatibilizar los registros de movimiento de alta resolución con información de dieta. Bajo la utilización de estas metodologías, investigadores han planteado la resolución de la problemática de si las áreas de alimentación del LMS, se sobreponen con los sectores altamente productivos dedicados a la acuicultura del salmón (zona sur de Chile). Para probar dicha hipótesis se capturaron 8 individuos (2 machos y 6 hembras), durante julio 2009 y junio del 2010 en Calbuco y Pichicolo. A los cuales se les colocó un instrumento satelital (Sea Mammal Research Unit-Satellite Relay Data Logger). Para SIA, se realizó la recolección de vibrisas de 5/8 individuos, que habían sido marcados con el GPS. Y se complementó con otras muestras de 4 individuos machos provenientes de la localidad de Chullec (se escogió la vibrisa más larga de cada ejemplar). Se tomaron sub muestras de las vibrisas, recolectando segmentos de app 0,5 mg cada 0,33 cm. Y para la estimación del periodo de tiempo representado en cada segmento, se utilizó una tasa de $0,16 \text{ mmd}^{-1}$; estimada a partir de valores documentados para lobo marino de Steller, lobo marino de California y lobo marino fino Antártico. También se recolectó piel y pelo de los animales capturados, para análisis isotópico y se recolectó muestras de las 16 posibles presas nativas y de 3 especies de salmones (durante agosto de 2009 y enero de 2010), para aplicación del modelo MixSIR y calcular así la contribución porcentual de grupos de presas en la dieta del LMS.

Los principales hotspots, tras el análisis satelital, fueron las siguientes localidades: Golfo de Ancud, Seno de Reloncaví, Costa interior de Chiloé (cercana a Quemchi) y aguas alrededor de Pichicolo y Hornopirén. Un total de 160 viajes de alimentación se registraron, con una

duración promedio de 2.5 ± 1.4 días, los cuales se concentraron mayormente entre la colonia Doña Sebastiana y las aguas que quedan entre Chiloé y el continente. En promedio, LMS gasta 3.5% del tiempo en el mar recorriendo distancias cercanas a los cultivos menores a 1 km, a distancias de 5 km gasta 41.7%, mientras que a distancias de 10 km, gasta 69.1% de tiempo. Si se contrastan los valores de distancia cercana a cultivos, con los valores isotópicos de ejemplares donde los salmónidos de cultivo sí se vieron reflejados en la dieta; no existe una relación causal directa entre ellos.

La contribución de salmón en la dieta (vibrisas) fluctuó entre 2.8% y 70.4% (CH-02). Las muestras de pelo y piel, indicaron que crustáceos y salmones fueron las principales presas consumidas. Para pelo: crustáceos bentónicos y salmónidos de cultivo. Mientras que para piel: peces pelágicos y salmónidos de cultivo. El análisis individual de cada segmento de vibrisa dentro de cada individuo, mostró un alto grado de variabilidad; lo que se puede evidenciar en los biplots de la Figura 3.

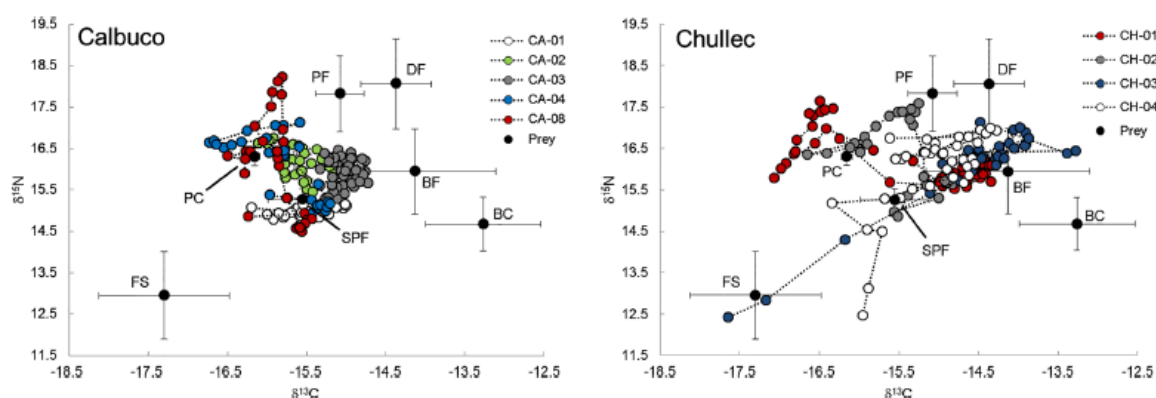


Figura 3. Biplot $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{15}\text{N}$, para cada segmento de las nueve vibrisas obtenidas de ejemplares de LMS de Calbuco y Chullec (Chile Austral). Puntos negros representan el valor isotópico promedio para las presas. Barras representan la respectiva desviación estándar. (Sepúlveda *et al.* 2015).

Se desprende a partir de los biplots para los ejemplares de Calbuco y Chullec, que los individuos de Chullec, están comprendidos entre un más amplio rango de $\delta^{15}\text{N}$, lo que nos indica que están consumiendo presas de diversos niveles tróficos; a diferencia de los ejemplares de Calbuco, los cuales están dentro de un rango mucho más acotado. En cuanto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$, se puede decir que los individuos de Chullec alcanzan una utilización

del hábitat mucho más extensa que los de Calbuco. Pudiendo suponer una sobreposición de nicho ecológico para ellos, en contraste con los de Chullec; los que aparentemente cuentan con más tipos de presas disponibles para su consumo.

En cuanto a los cultivos de salmónidos, que se ubican mayoritariamente en el mar interior de Chiloé, se puede mencionar que el LMS saca ventaja de la abundancia de recursos en dicha zona; reduciendo viajes de alimentación más prolongados que involucren gastos innecesarios de energía. La situación de presentar alta interacción con los cultivos y baja contribución de salmónidos en la dieta, se puede deber al consumo de peces nativos que aprovechan las condiciones de los cultivos. También no se puede descartar que el LMS esté consumiendo salmón silvestre, el cual posee valores isotópicos similares (Sepúlveda *et al.* 2015).

Para el caso particular del estudio de nicho isotópico, utilizando radios isotópicos de ^{13}C y ^{15}N ; se puede mencionar que ecólogos han logrado cuantificar dimensiones de nichos basándose en dichos parámetros. El nicho isotópico es comparable con un espacio de n-dimensiones que contiene las variables más relevantes que logran explicar la persistencia de una especie (nicho ecológico) (Hutchinson 1957). Lo anterior, ya que la composición química de un animal se ve directamente influenciada por el lugar donde vive y por lo que también consume (Newsome *et al.* 2007).

Drago *et al.* (2015), demuestra siguiendo la metodología de las áreas convexas y las áreas de elipse (elipses Bayesianas en R), para el análisis de nicho isotópico (a partir de muestras de hueso recolectados de animales varados en la costa sur de Brasil y de muestras de piel de animales de Isla de Lobos en Uruguay), que tanto machos y hembras utilizan durante gran parte del año diversas estrategias de alimentación. A diferencia de lo que sucede en periodo pre-reproductivo, donde se observó una segregación de nicho que evidencia una reducción considerable en las estrategias de ambos sexos, los cuales adoptan distintivamente una ecología de dieta similar y más acotada (Drago *et al.* 2015), como se evidencia en la Figura 4.

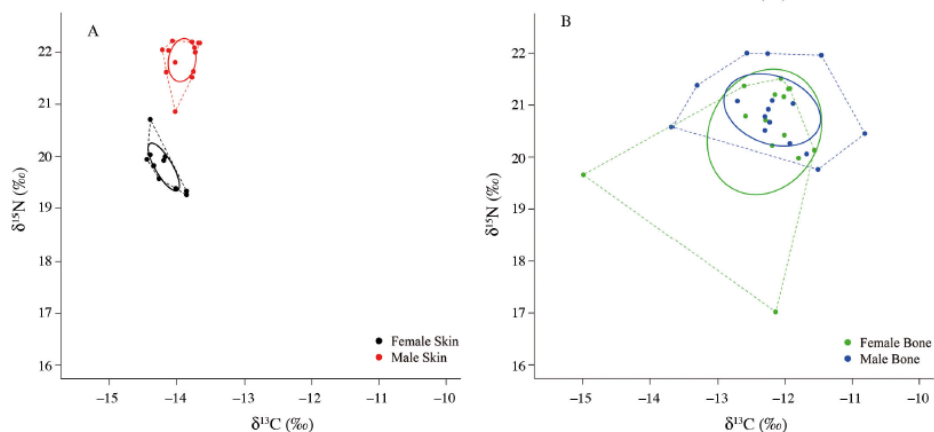


Figura 4. Nicho isotópico para periodo pre-reproductivo y año completo, para población de LMS en Isla de Lobos (Uruguay). Áreas de elipse estándar Bayesiana (líneas sólidas) y metodología de las áreas convexas (líneas punteadas) para la población de LMS. a) Para el periodo pre-reproductivo (piel) y b) para el año completo (hueso). (Drago *et al.* 2015).

Continuando el análisis en torno al periodo reproductivo de *O. byronia*, es relevante mencionar que estudios basados en contenido isotópico (suero y células sanguíneas) en individuos de la localidad de Punta León (Provincia de Chubut), comprobó que particularmente las hembras adoptan durante la etapa de gestación una dieta basada en presas pelágicas con un notable cambio tras el parto, con un evidente giro en la estrategia hacia el consumo de presas bentónicas y costeras; surgiendo esta adaptación como parte fundamental en el proceso de crianza, lo que se traduce positivamente en una baja tasa de mortalidad de cachorros (Drago *et al.* 2010).

En relación a los casos de estudio anteriores, ampliamente en la literatura se ha descrito que los machos adultos gastan aproximadamente 40 días en la colonia, durante la temporada reproductiva (Campagna 1985), y que realizan un ayuno prolongado durante dicho periodo (Campagna *et al.* 2001). Por el contrario, las hembras reducen considerablemente su alimentación tras ser fertilizadas por un macho (Campagna & Leboeuf 1988), comenzando a alternar viajes de forrajeo en las cercanías del lugar del parto y en donde además cuidan de sus crías (Campagna *et al.* 2001). Los animales que ayunan prolongadamente dependen entonces del metabolismo de las grasas, y secundariamente de metabolismo de proteínas, para de este modo mantener un balance de agua adecuado (Worthy & Lavigne 1982).

Genética de Poblaciones: Microsatélites y éxito reproductivo.

Ártico *et al.* (2010), con el objetivo de estudiar la diversidad genética del LMS en la costa sur de Brasil (debido a la escasa información al respecto), analiza muestras de piel de 52 individuos muertos, encontrados a lo largo de la costa de Rio Grande do Sul entre mayo 2005 y septiembre 2006; muestras adicionales de 4 individuos también fueron analizadas, proporcionadas por la organización no gubernamental NEMA, recolectadas entre junio 2002 y junio 2004. De este modo, se realizó extracción de DNA y se amplificó por PCR un fragmento de la región control de DNA mitocondrial de 287-pb.

Del total de 56 secuencias de la región control de DNA mitocondrial, se obtuvo 7 nuevos y diferentes haplotipos, siendo el más común el OFA1, compartido por 29 individuos, representando el 47,54% del total de la muestra. Difiriendo estos 7 completamente de los previamente estudiados para la costa Pacífica, evidenciando un clado recíproco monofilético para los haplotipos encontrados en Brasil, de acuerdo al método Median-joining network, como se puede ver en la Figura 5. Sugiriendo que los haplotipos de los individuos de Perú y Brasil no son compartidos, indicando que estas poblaciones de LMS podrían haber sido aisladas tiempo atrás, determinando una posible diferenciación entre los individuos del Atlántico y Pacífico (Artico *et al.* 2010).

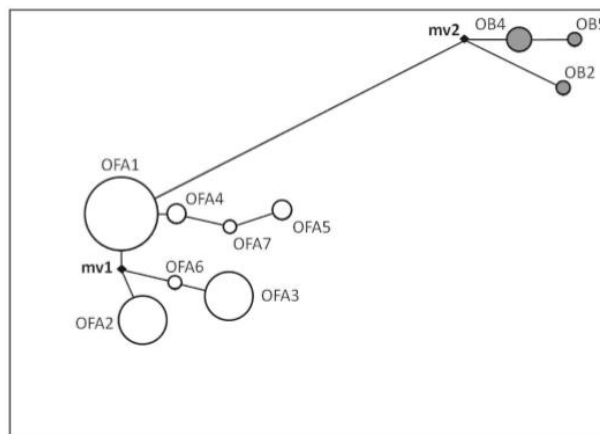


Figura 5. Median-joining network de haplotipos del Atlántico (círculos blancos) y Pacífico (círculos grises) basados en sitios de polimorfismo de la región D-loop de DNA mitocondrial. Las áreas circulares son proporcionales a la frecuencia de los haplotipos indicados. (Artico *et al.* 2010).

Feijoo *et al.* (2011), complementa el análisis de marcadores mitocondriales con microsatélites nucleares, para estudiar la estructura poblacional y la historia demográfica del LMS. De este modo, se analizaron secuencias de la región control de DNA mitocondrial y la diversidad alélica de 13 microsatélites loci de individuos muestreados en cinco regiones; las que en conjunto logran satisfactoriamente abarcar el rango de distribución de la especie en la parte sureste del Océano Antártico. Los resultados arrojaron para el caso de las secuencias de la región control de DNA mitocondrial analizadas, una alta diversidad de haplotipos por región; mientras que en cuanto a la diversidad alélica por área de estudio y locus se halló patrones bastante similares. Concluyendo que la idea más plausible tras los resultados encontrados, sería la tendencia de las hembras a permanecer o retornar a un área en particular y la dispersión característica asociada a los machos (Feijoo *et al.* 2011).

Franco-Trecu *et al.* (2015), cuantifica el éxito reproductivo del LMS en un roquerío al lado noroeste de Isla de Lobos (Uruguay), de acuerdo al sitio de asentamiento en la colonia (línea de marea vs. piscinas internas). Ésta concentra el 20-25% del total de cachorros nacidos en Isla de Lobos y además presenta aproximadamente 30 territorios reproductivos, que han sido activamente defendidos por diferentes machos durante los últimos 9 años.

Se obtuvo muestras de piel del 91% de los machos marcados previamente en 2011, y pequeñas muestras de piel de aleta del 83% de cachorros nacidos en enero y febrero de 2012. Se realizó extracción de DNA para seguir la metodología de tipificación por microsatélite (12 dinucleotid-repeat microsatellite loci), y así estimar con la mayor exactitud posible paternidad.

La varianza global del éxito reproductivo en machos (paternidad) fue de 2.6, siendo 1.4 para los machos que utilizan áreas cercanas a la línea de marea y 1.1 para los machos de piscinas internas. Mientras que el promedio de cachorros por presunto padre, fue de 2.5 (s.d= 1.6, Rango= 0-5). Con este estudio que logra combinar exitosamente información molecular y de comportamiento, se logra concluir la coexistencia de dos tipos de poliginia, que ocurren simultáneamente pero en diferentes sitios del roquerío. La primera con machos en la línea de marea monopolizando un número estable de hembras (en un territorio

flotante); y la segunda, con machos en piscinas internas defendiendo un territorio fijo. Siendo los machos del primer tipo de poliginia, los que logran el mayor beneficio al poseer un menor riesgo de sobrecalentamiento, al estar cercanos al mar; lo que permite que el agua actúe como un importante factor termorregulatorio tanto en su fisiología como conducta (Franco-Trecu *et al.* 2015).

Franco-Trecu *et al.* (2014), estudia poliginia en el lobo marino de dos pelos (*Arctocephalus australis*) en Isla de Lobos, localidad que concentra aproximadamente el 60% de la abundancia de la especie en Uruguay. Para ello, a partir de observaciones de comportamiento y tácticas reproductivas en ejemplares machos de la especie, sumado a un análisis de paternidad; se buscó dilucidar éxito reproductivo con el objetivo final de comprender a cabalidad el sistema de apareamiento de esta especie de mamífero en el área bajo estudio.

Las observaciones de cópulas, tácticas territoriales, conductas de retraimiento, tiempo de permanencia en un área particular, interacciones macho-macho y macho-hembra; para cada ejemplar macho bajo estudio (n= 62), permitieron obtener información relevante de comportamiento en periodo reproductivo para el posterior análisis (modelos lineales generalizados). El cual se complementó con información de paternidad, la cual se recabó tras un análisis genético de 10 microsatélites, efectuado a machos (n= 36) y cachorros (n= 220) de la colonia, a partir de muestras de piel y de pequeñas muestras de piel de aleta, respectivamente.

Los resultados indican que el número de cópulas no difiere entre machos territoriales y periféricos, con un promedio de cachorros para machos territoriales de 3.4 ± 3.1 y para machos periféricos de 1.9 ± 1.53 , los cuales entre sí no presentan diferencia estadística significativa. Mientras que a partir del análisis de interacciones complejas (comportamiento), se obtuvo que machos periféricos logran éxito reproductivo cuando la ponderación de permanencia en un área, es menor al promedio; además de ser el número de cópulas un factor de éxito para ambas categorías de machos. Concluyendo que el sistema de apareamiento es coherente a una agrupación de machos que compite por el apareamiento

con hembras, y que una importante proporción de los machos territoriales tiene un bajo éxito reproductivo en comparación con los que son desplazados y que presentan tácticas reproductivas alternativas. Entendiendo que un menor gasto energético por parte de estos últimos, resultaría en una potencial inversión en atributos postcopulatorios; mejorando así por ejemplo, la cantidad y calidad del fluido preseminal en beneficio directo de su fitness (Franco-Trecu *et al.* 2014).

Comportamiento Social en *Otaria byronia*: Unidades reproductivas y poliginia.

La acción de parir en tierra y la alimentación marina en alta mar, parecen haber sido elementos cruciales en la adaptación de los otáridos; alcanzando de esta forma la poliginia, como una forma de interacción social en la tierra, al igual que otras de las muchas conductas sociales descritas en mamíferos (Bartholomew 1970). Bajo esta misma perspectiva, cabe resaltar que mamíferos acuáticos a lo largo de su distribución geográfica, se establecen en sitios de asentamiento que se encuentran cercanos a lugares con alta abundancia de especies presa y que conjuntamente, tienden a evadir áreas con altos índices de irrupción antrópica, como lo es el caso de la *Phoca vitulina*. Evidenciando este estudio, que existe un claro patrón de selección en cuanto a lugares de residencia con las características anteriormente descritas, adicionando que la selección de hábitat también se basa considerablemente en la preferencia por sustratos rocosos y sobre aquellos que se encuentran cercanos a aguas profundas (Montgomery *et al.* 2007).

Vaz-Ferreira & Sierra (1961); describen ampliamente la estructura de una agrupación social reproductora de *O. byronia*; concluyendo a partir del estudio gráfico durante la estación reproductiva en el extremo noreste de la Isla de Lobos (Uruguay) en 1959, que la zona de descanso de animales se encuentra establecida sobre un lugar abierto, de suelo plano, directamente soleado, formando una estructura definida, compacta y continua. Con una zona de cría restringida principalmente a la proximidad del agua, con la representación de machos adultos, numerosas hembras y cachorros; siendo la proporción de 7.6 hembras y 2.8 cachorros por cada macho. Finalmente se destaca que rodeando esta zona de cría, se encuentran machos subadultos sin hembras, los que realizan continuamente esfuerzos por retener hembras que se encuentran cercanas. Se desprende entonces que la zona explícita de apareamiento y cría, se compone de machos adultos, hembras y cachorros (Vaz-Ferreira & Sierra 1961).

Diversos autores han abordado la temática de la conformación de unidades reproductivas, comúnmente también llamados harenes. De este modo la literatura dicta que durante los meses de enero y febrero se separan y se hacen visibles estas unidades, con la presencia de

crías de un año que aún siguen a sus madres (temporada anterior) y de hembras que no se encuentran en periodo reproductivo. Partiendo esta conducta de poliginia durante los meses de octubre y noviembre, y con la desintegración total en el mes de marzo. Cada hembra tras la gestación de 330 días tendrá una nueva cría (Gallardo 1973). Por su lado, otros autores dictaminan que dicho proceso parte durante los meses de noviembre y diciembre, presentando un *peak* en el mes de enero. Con los últimos nacimientos registrándose durante los primeros días de febrero y las últimas cópulas a finales del mismo mes; con la desintegración de dichas unidades reproductivas alrededor de finales de febrero y comienzos de marzo (Vaz-Ferreira 1975).

En cuanto a la relación y reconocimiento materno-filial en *O. byronia*, investigadores han descrito que entre los primeros cuatro a diez días de vida del cachorro, la madre adopta la conducta de no acercarse al mar y de proteger a su cría ante cualquier posible amenaza, comportamiento que comienza incipientemente desde las 24 horas de vida del cachorro (puerperio). Estableciéndose esta clara diada hembra-cría, con la particularidad de que las hembras durante este periodo inicial presentan un alta adherencia territorial, que durará por alrededor de un año. Reconociendo entonces los cachorros a su madre mediante la característica vocalización mutua (balidos), tras incluso una separación prolongada entre ambos (Vaz-Ferreira & Achaval 1979).

Al abordar el comportamiento antisocial de los machos subadultos en una colonia, se debe mencionar que sus hábitats se restringen principalmente a la periferia de ésta, desplazados completamente del área de cría. Estos realizan numerosos esfuerzos por retener hembras y robar cachorros, mediante la ejecución de acciones de agresión individual, grupal o masiva; que terminan finalmente alterando de algún u otro modo el equilibrio territorial. Ocasionalmente machos subadultos logran retener exitosamente a hembras y matar crías, propiciando de esta manera la conformación de nuevos grupos de reproducción (Vaz-Ferreira 1965).

Se debe destacar que cambios meteorológicos tienen un efecto directo sobre las agrupaciones terrestres de otáridos, con el claro ejemplo descrito para *O. byronia*. Al

producirse elevaciones considerables de temperatura, dichas agrupaciones se desplazan de forma masiva hacia la orilla, hasta incluso llegando algunos individuos a permanecer con parte del cuerpo bajo el agua. Por su lado, las que permanecen en tierra se disgregan, aumentando el espacio individual entre los animales que permanecen en dicho sustrato (Vaz-Ferreira & Palerm 1961).

Investigadores en el Golfo de Alaska (Isla Chiswell) entre los años 2001-2009, desarrollaron un estudio conductual con el objetivo de evaluar en el lobo marino de Steller (*Eumetopias jubatus*) si la antigüedad y comportamientos territoriales, logran influenciar en algún aspecto el éxito reproductivo en individuos machos. Para dicho estudio, se utilizó la metodología de sistemas de video, análisis de clusters o de agrupamiento y análisis de árboles de regresiones; para el estudio de diversas variables que definen antigüedad y tácticas territoriales, en los 15 individuos machos seleccionados. Se desprende que las principales características de las estrategias más exitosas, fueron por un lado machos copulando el primer año y manteniendo el territorio por al menos 3 años seguidos estando estos ubicados más céntricamente en la colonia (donde un alto porcentaje de hembras dio a luz); y por otro lado, machos copulando recién tras tres años y ocupando territorios periféricos, los cuales proporcionalmente acumulan menor número de nacimientos. Lo que sugiere que el éxito no solamente se alcanza por el tiempo gastado en el área reproductiva, sino que más bien por una combinación de antigüedad y tácticas territoriales. Con las hembras realizando la elección del macho más apto en un hábitat más céntrico y protegido, y que a su vez esta dinámica no tiene relación alguna con los años de permanencia en la colonia (Parker & Maniscalco 2014).

PROBLEMA

Las principales loberías reproductivas de Chile Austral, que se concentran en torno a la Isla de Chiloé; definen un área importante para el estudio tanto demográfico como conductual de *O. byronia*.

La problemática surge a partir de la idea de estudiar estructuras de poliginia, a un nivel multifactorial, empleando material fotográfico obtenido durante los sobrevuelos de verano en dicha zona geográfica (para la realización de censos poblacionales). Desprendiendo a partir de ellas que en la lobería de Punta Chaiguaco se evidencia un claro patrón de distribución de unidades reproductivas (UR), que se definen como un grupo de individuos ocupando un territorio determinado, con un macho adulto monopolizando un número variable de hembras en periodo reproductivo. Pudiendo por las condiciones de la lobería, agregar diversas variables a dicho análisis. Temática anterior no abordada para esta especie en dicha localidad tan productiva y con tanto dinamismo.

Así surge el cuestionamiento en torno a estructuras de poliginia, para lograr responder preguntas respecto a estacionalidad, efectos ambientales y distribución de animales, en una colonia continental completamente aislada y con características únicas en cuanto a tipos de hábitats.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar el éxito reproductivo del Lobo Marino Sudamericano (*Otaria byronia*), mediante la determinación y caracterización de unidades reproductivas, incorporando factores de estacionalidad, durante los años 2012, 2013 y 2016, en la lobería de Punta Chaiguaco (Chiloé), Chile.

A partir del objetivo general de estudio, se desprenden cuatro objetivos específicos:

- 1.- Analizar la estructura poblacional de la lobería de Punta Chaiguaco, durante las temporadas reproductivas de 2012, 2013 y 2016.
- 2.- Determinar las unidades reproductivas (UR) y su composición en diferentes hábitats, incorporando factores ambientales para dichos años de estudio en la lobería.
- 3.- Evaluar la composición de tallas de machos y hembras en las UR por hábitat en la lobería.
- 4.- Comparar la estructura poblacional de esta colonia, con las principales loberías reproductivas del sur de Chile.

HIPÓTESIS

1.- En este estudio se hipotetiza que los machos que alcanzan las mayores tallas, logran establecer unidades reproductivas con más representación de hembras en determinados hábitats de la lobería de Punta Chaiguaco.

2.- Los distintos hábitats en la lobería de Punta Chaiguaco, determinarían variaciones en el número total de hembras en las unidades reproductivas, definiendo lugares de asentamiento más óptimos en las temporadas estudiadas.

3.- Cambios en los factores abióticos, estrechamente relacionados con los efectos climáticos, podrían explicar desviaciones en los patrones de distribución poblacional a lo largo del tiempo en la lobería de Punta Chaiguaco.

4.- Si la estructura poblacional de Punta Chaiguaco es representativa de las colonias de Chile Austral, entonces la relación de animales analizados en esta lobería explicaría una tendencia en torno a las categorías de edad funcional del LMS y su abundancia en el sur de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

La lobería de Punta Chaiguaco ($42^{\circ}59'10''\text{S}$ - $74^{\circ}15'14''\text{O}$) (Figura 6), se ubica en la zona suroeste de la Isla Grande de Chiloé ($42^{\circ}40'36''\text{S}$ - $73^{\circ}59'36''\text{O}$), en la X Región de Los Lagos, Chile.



Figura 6. Vista aérea de la lobería de Punta Chaiguaco, ubicada en la costa expuesta de la Isla Grande de Chiloé, X Región de Los Lagos, Chile.

La costa expuesta de la Isla Grande de Chiloé, se caracteriza por presentar en general hábitats rocosos (roca sedimentaria); con una riqueza, abundancia y composición de especies de importancia biogeográfica con un alto grado de endemismo (Velásquez *et al.* 2016).

Esta localidad posee la particularidad de encontrarse completamente aislada, a pesar de no ser una isla o islote; con un acceso restringido casi completamente al aéreo. La geografía

inherente a la zona, hace imposible entonces alcanzar la lobería por mar o tierra, teniendo en consideración que las inestables condiciones climáticas en Chiloé, agregan factores que imposibilitan aún más alcanzar esta área geográfica.

Punta Chaiguaco es una lobería de gran extensión (500 m), en la cual los animales se distribuyen desde una zona cercana a bosques en una plataforma en altura sobre un acantilado, hasta una plataforma baja cercana al nivel del mar (Figura 6). Además los animales se apostan en playas adyacentes.

Cabe destacar que ésta además se caracteriza por ser un paridero continental (lugar geográfico al que llegan hembras próximas a dar a luz), la cual junto a Isla Doña Sebastiana, Isla Metalqui, Isla Guafo e Isla Guamblin, concentran el 85% de la natalidad de la especie en Chile Austral (Oliva *et al.* 2012). Estas últimas cuatro loberas, son ampliamente descritas por la literatura como islas o islotes, que también se encuentran distribuidas a lo largo del mar expuesto de la Isla Grande de Chiloé, pero que debido a sus características geográficas la hacen diferir considerablemente de Punta Chaiguaco; lo cual hace a esta última, una localidad única para realizar un seguimiento en torno a la abundancia del LMS.

Objetivo 1: Analizar la estructura poblacional de la lobería de Punta Chaiguaco, durante las temporadas reproductivas de 2012, 2013 y 2016.

a. Recolección de datos.

La recolección de datos para determinación de abundancia para los años 2012, 2013 y 2016 en la lobería de Punta Chaiguaco; fueron posible gracias a la realización de censos aéreos, financiados por Fondo de Administración Pesquera (FAP ID 4728-46-LP11) y Fondo de la Dirección de Investigación de la Universidad de Valparaíso (Proyecto DIUV 38/2013).

Durante los censos aéreos se fotografió en toda su extensión el área geográfica, material con el que posteriormente en laboratorio, tres observadores llevaron a cabo el conteo total de individuos y categorización de los mismos, de acuerdo a la clase de edad funcional. El conteo fue realizado utilizando el programa Adobe Photoshop CS6, como se puede observar en la Figura 7.

La categorización para cada año se estableció de acuerdo a las edades funcionales del lobo marino común: macho adulto, macho subadulto, hembra, juvenil y cría, de acuerdo a los caracteres secundarios señalados por diversos autores (Hamilton 1934; Carrara 1952; Scheffer 1958, King 1983; Oliva 1983) (Tabla 1).



Figura 7. Conteo y categorización de individuos usando el programa Adobe Photoshop CS6. Puntos azules corresponden a machos adultos, verdes a machos subadultos, rojos a hembras, celestes a juveniles, morados a crías y amarillos a animales indeterminados.

Tabla 1. Caracteres secundarios para diferenciar sexo y clase de edad funcional en el lobo marino común. (Oliva *et al.* 2012).

Individuos	Caracteres Secundarios
Machos adultos	Longitud superior a 2 metros, melena larga amarillenta evidente alrededor del cuello, hocico romo, cuello macizo. Cintura pélvica estrecha en relación a la cintura escapular.
Machos subadultos	Longitud inferior a 2 metros, cuello grueso, hocico romo y cintura pélvica estrecha. Sólo indicios de melena.
Hembras	Raramente más de 1.8 metros. Cuello esbelto, perfil aguzado, sin indicio de melena. Cintura pélvica ancha, zona de la cintura escapular redondeada. Variedad de color en el pelaje (pardo o amarillento).
Juveniles	Comprende a machos y hembras de entre 1 y 3 años de edad, variando su longitud entre 120 y 150 cms. para los machos; y 112 a 125 cms. para las hembras.
Crías	Animales nacidos durante la temporada reproductiva (diciembre a marzo). Presentan pelaje oscuro lustroso durante su primera etapa.
Indeterminados*	Individuos que por su ubicación no pueden ser asignados a ninguna de las categorías anteriores.

*Indeterminado no es una clase de edad funcional en sí. En los censos se considera para contabilizar aquellos individuos no identificables. Luego, esta cantidad de individuos se corrige para estimar abundancia y estructura de clase de edad funcional.

b. Corrección de la abundancia por ejemplares no identificados.

La categoría de animales indeterminados que presenta esta lobería, corresponde por un lado a individuos que por su disposición en la colonia no logran ser completamente clasificados dentro de alguna clase de edad funcional, existiendo también la posibilidad de que debido a características de tamaño y coloración, algunos ejemplares sean muy parecidos a machos subadultos, hembras adultas o juveniles, sin ser asignados a alguna categoría

preestablecida. Por lo anterior, para conocer la estructura poblacional del lobo marino común en un área determinada, la totalidad de los individuos de dicha categoría debe ser asignada proporcionalmente a las clases de edad de machos subadultos, hembras y juveniles. Dicha corrección fue realizada para los censos de verano realizados en 2012, 2013 y 2016 (Oliva et al. 2012).

Objetivo 2: Determinar las unidades reproductivas (UR) y su composición en diferentes hábitats, incorporando factores ambientales para dichos años de estudio en la lobería.

a. Determinación de hábitats o categorías de terreno.

Tras la visualización total de las fotografías, tanto panorámicas como de los sectores específicos de la lobería de Punta Chaiguaco, se definieron cuatro hábitats o categorías de terreno (Figura 8). Dos de ellos en altura, Plataforma Rocosa Lisa en Altura (RP) y Plataforma Rocosa Rugosa en Altura (RPRT) (Figura 9). Y dos en plataformas bajas, Terraza Lisa (LT) y Terraza Inclinada (IT) (Figura10).



Figura 8. Mapa de la lobería de Punta Chaiguaco. En colores se evidencian los cuatro hábitats definidos. (Hábitats. LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura).

A



B



Figura 9. Hábitats o categorías de terreno en altura. a) Plataforma Rocosa Lisa en Altura (RP). b) Plataforma Rocosa Rugosa en Altura (RPRT).

A



B



Figura 10. Hábitats o categorías de terreno en plataformas bajas. a) Terraza Lisa (LT). b) Terraza Inclinada (IT).

b. Determinación de Unidades Reproductivas (UR).

Para la determinación de UR en los cuatros hábitats descritos anteriormente para 2012, 2013 y 2016, se utilizaron las mejores fotografías en toma vertical sobre la colonia. Posteriormente, tres observadores definieron UR considerando ciertos parámetros de comportamiento, tales como, evidente aislamiento de la unidad de poliginia, observación por parte de las hembras a un macho adulto en particular y asentamiento de los animales cerca de un macho adulto (últimos dos parámetros empleados cuando no existía un evidente aislamiento de la UR). Tomando en cuenta, que al menos existiera un cachorro completamente extendido, en una posición similar a la del macho adulto y hembras, con el objetivo de facilitar el posterior análisis de medición (Figura 11). Cabe mencionar que de acuerdo a lo establecido por la literatura, avalado por registros observacionales, es frecuente encontrar a machos subadultos conformando unidades reproductivas o harenes, y siendo por ende también protagonistas dentro de la estructura social reproductora (Vaz-Ferreira 1965). Razón por la cual en nuestro estudio, para la representación de UR y comparación del muestreo, se sumó a los individuos machos y machos subadultos dentro de la misma categoría, ya que estos últimos pueden efectivamente conformar unidades exitosas dentro de una colonia reproductiva.



Figura 11. Ejemplo de una unidad reproductiva (UR), siguiendo parámetros de comportamiento. En círculo negro se destaca UR aislada.

c. Conteos poblacionales, mediciones y datos oceanográficos.

Por cada UR se realizó el conteo total de hembras y cachorros (de manera independiente), empleando el programa Adobe Photoshop CS6 (Figura 11). Se realizó una distribución de frecuencias para el número de hembras por macho. Utilizando el programa computacional Image J, se midió la Longitud Estándar (King 1954; King 1983) del macho adulto y de tres hembras seleccionadas al azar por UR, para de este modo obtener un promedio para el caso de las últimas por unidad descrita. Además se determinó el espacio utilizado por la UR, realizando la medición del eje máximo de la misma (Longitud Máxima UR). Por otro lado, se estableció una categorización numérica tanto para el hábitat, como para el nivel donde se encontraban ubicadas las UR (con respecto al mar: bajo, medio y alto). Para lograr registrar exitosamente todas estas mediciones en Image J, fue necesario establecer previamente una escala de medición para cada UR (tomando una cría en particular por UR), para lo cual se empleó la longitud estándar de cachorros de *O. byronia* de 86 cm (± 5 cm), basado en datos publicados con anterioridad (Oliva 1988). Solamente para una UR, se estableció la escala de medición con la longitud estándar de 120 cm (correspondiente al promedio de longitud

estándar de juveniles), obtenido a partir de las referencias y datos expuestos en el informe final del proyecto FAP (Oliva *et al.* 2012).

Con el fin de contar con datos oceanográficos para las fechas específicas en que se realizaron los censos aéreos, se utilizó la información oficial del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), sobre Temperatura Superficial del Mar (TSM), Nivel de Mar (NM) (ajustados a un plano de referencia estable en tierra “cota”) y Pleamar – Bajamar (Tabla 2).

Tabla 2. Fecha y hora de sobrevuelos e información oceanográfica de la localidad de Ancud y Castro, Isla de Chiloé (Chile). Para los censos realizados en los años 2012, 2013 y 2016.

Fecha sobrevuelo	Hora de sobrevuelo	Altura de Marea estimada (m)	Hora de Marea Alta	Marea Alta (m)	Hora de Marea Baja	Marea Baja (m)	Temperatura Superficial del Mar (°C) / Time
04.23.2012	15:20	1,90	01:30 13:39	1,59 1,95	07:32 20:29	0,39 0,25	12,0 / 15:00
02.13.2013	17:30	1,09	02:09 14:53	2,37 2,41	08:34 21:20	0,63 0,87	12,9 / 17:00
02.28.2016	11:40	0,99	03:52 16:25	1,53 1,92	10:09 23:33	0,95 0,97	13,8 / 12:00

d. Análisis estadístico.

Para evaluar la composición de las UR por hábitat, se llevó a cabo una prueba Goodness of fit, con el objetivo de analizar si la proporción de animales observada por hábitat, variaba respecto de la proporción esperada (número global de animales incorporados en este estudio por año). Siendo las proporciones observadas la totalidad de machos, hembras y cachorros por hábitat bajo estudio, para cada año. Dicho análisis fue desarrollado manualmente utilizando el programa Excel 2013 (Sokal & Rohlf 2011).

Utilizando el programa Past3, se demostró si los datos corregidos de los censos en Punta Chaiguaco seguían una distribución normal, para lo cual se aplicó el test de normalidad Shapiro-Wilks.

Se realizó un análisis de componentes principales en el programa Minitab17, incluyendo las variables recabadas por cada UR descrita: número de hembras, número de crías, longitud

estándar del macho, longitud estándar promedio de hembras, espacio utilizado por la UR (máxima longitud), nivel de la UR, categoría de terreno/hábitats, temperatura superficial del mar, altura de marea y total de animales en la colonia. Estadística que se realizó con la finalidad de reducir la dimensionalidad de los datos y evaluar a través de los diversos componentes, qué variable logra explicar la mayor correlación de los datos.

Objetivo 3: Evaluar la composición de tallas de machos y hembras en las UR por hábitat en la lobería.

Al set de datos de tallas tanto de hembras como de machos (por año de estudio), se les aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilks (Past3) y Levene test (Minitab17) para verificar homogeneidad de varianzas. Luego, se realizó en el programa GraphPad Prism 6 un test-t no pareado, con la finalidad de comparar separadamente longitud estándar de machos y hembras entre los años 2012, 2013 y 2016; para finalmente aplicar el mismo test al set de datos de tallas depurado por hábitats, para hembras y machos para cada año por separado. En el caso de diferencias significativas de varianza, se aplicó un test-t no pareado con corrección de Welch.

Objetivo 4: Comparar la estructura poblacional de esta colonia, con las principales loberías reproductivas del sur de Chile.

La estructura poblacional de una colonia, se define como la abundancia descrita por clase de edad funcional en un área geográfica determinada. Con esta información, se llevó a cabo un test de independencia utilizando una prueba G (tabla de contingencia), empleando las observaciones por múltiples variables categóricas en Excel 2013. En donde las filas (principales loberías de Chile Austral) y columnas (machos, machos subadultos, hembras, juveniles y cachorros) de la tabla corresponden a estas variables categóricas; finalmente se aplicó la corrección de Williams (Sokal & Rohlf 2011). Los datos utilizados para esto, fueron los correspondientes a la temporada reproductiva 2013 (previamente corregidos), obtenidos de los sobrevuelos de dicho año por las principales loberías reproductivas de Chile Austral.

RESULTADOS

Objetivo 1: Abundancia y estructura poblacional de *Otaria byronia*, en la lobería de Punta Chaiguaco.

A partir del conteo total y categorización de individuos por clase de edad funcional, se obtuvo la estructura poblacional bruta de la lobería de Punta Chaiguaco (Tabla 3), con una población total de 4.577 (2012), 5.940 (2013) y 5.137 (2016) animales. Se debe resaltar que durante el año 2013, se registraron los más altos valores para la mayoría de las categorías estudiadas, a excepción del número de hembras que fue mayor en el año 2016, y de los cachorros que alcanzaron una mayor abundancia en los años 2012 y 2016. De los datos corregidos por individuos indeterminados, se logra observar la misma tendencia (Tabla 4).

Tabla 3. Estructura poblacional bruta de la lobería de Punta Chaiguaco, para los años 2012, 2013 y 2016.

Categoría	2012	2013	2016
Machos	32	111	75
Machos Subadultos	46	47	17
Hembras	2.193	2.519	3.537
Juveniles	974	1.663	120
Crías	1.215	1.164	1.252
Indeterminados	117	436	135
Total	4.577	5.940	5.136

Tabla 4. Estructura poblacional corregida, a partir de individuos indeterminados, de la lobería de Punta Chaiguaco, para los años 2012, 2013 y 2016.

Categoría	2012	2013	2016
Machos	32	111	75
Machos Subadultos	48	52	18
Hembras	2.273	2.779	3.668
Juveniles	1.009	1.834	124
Crías	1.215	1.164	1.252
Total	4.577	5.940	5.137

De la Figura 12, se desprende que las hembras han experimentado un aumento progresivo en su abundancia dentro de la lobería de Punta Chaiguaco, en las temporadas reproductivas analizadas. Por otro lado, se observa para el caso del total de crías una estabilización en el tiempo. Se debe recalcar que para el año 2012, se evidenció una escasa representación de machos adultos y alta presencia de machos subadultos.

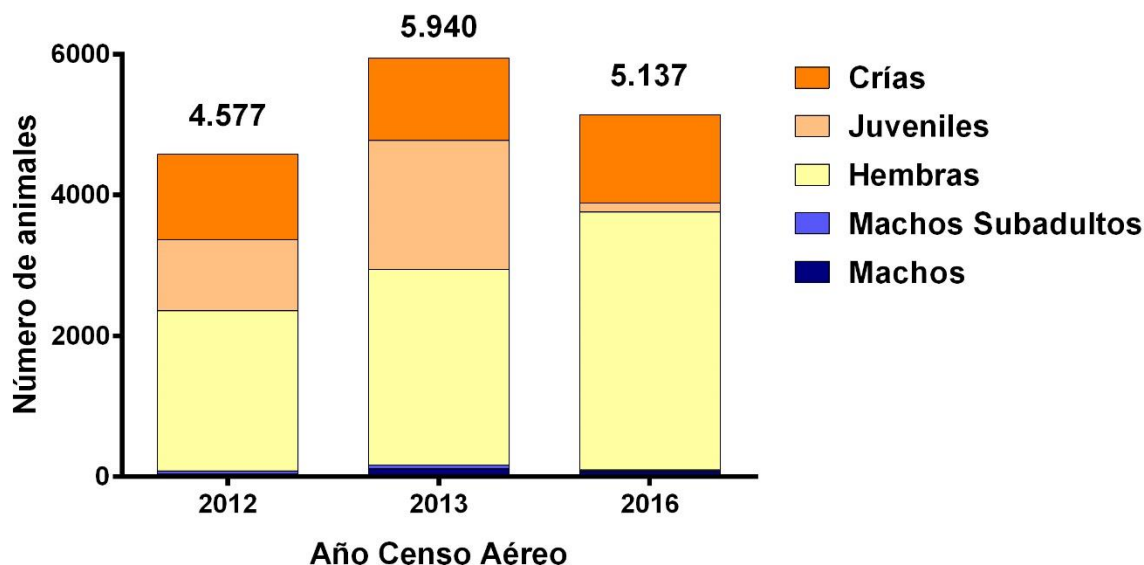


Figura 12. Número de animales categorizados por clase de edad funcional para los años 2012, 2013 y 2016. Al tope de las barras se muestra el número total de individuos registrados en la lobería, a partir de los datos corregidos por indeterminados.

Objetivo 2: Determinar las unidades reproductivas (UR) y su composición en diferentes hábitats, incorporando factores ambientales para dichos años de estudio en la lobería.

Dentro de la colonia, la proporción hembra/macho a partir de los datos corregidos por individuos indeterminados fue de 71:1 (2012), 25:1 (2013) y 49:1 (2016).

En cuanto al número de machos (suma de las categorías machos adultos y machos subadultos), hembras y cachorros dentro de la colonia, comparado con las mismas categorías incorporadas en este análisis de poliginia, debemos mencionar que nuestra muestra alcanzó un 27,35% (2012), 22,72% (2013) y un 14,62% (2016) del total de

individuos censados de dichas edades funcionales. En la Figura 13 se muestra la proporción de animales por categoría en las UR y en toda la colonia, solo empleando en ella las edades funcionales de interés. Cabe resaltar que se evidencia un alza sostenida en los animales totales de la colonia para dichas categorías.

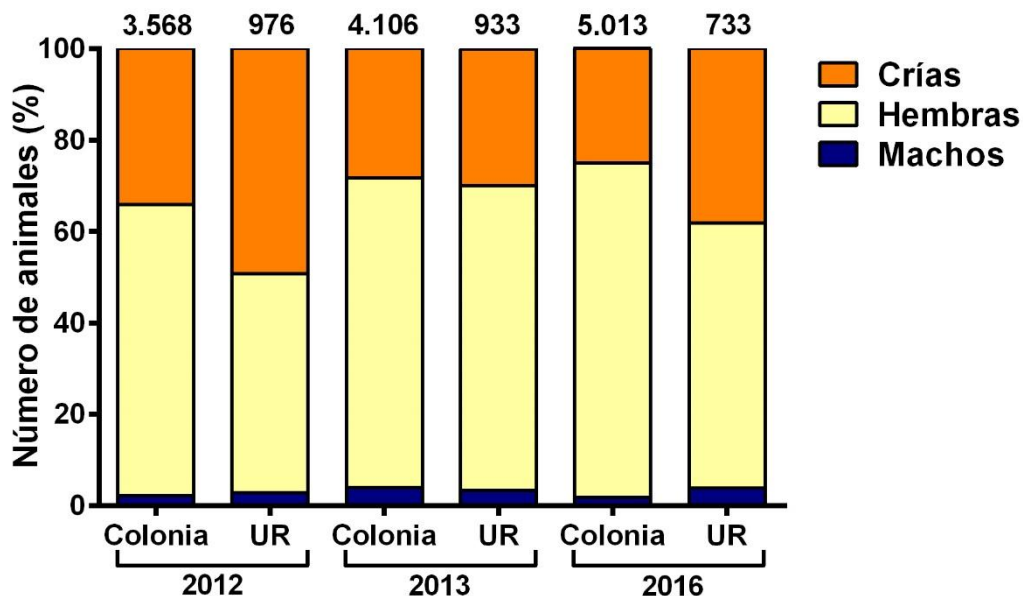


Figura 13. Comparación de estructura poblacional expresada como porcentaje de individuos por categoría para el total de animales en la colonia y las unidades reproductivas analizadas. Al tope de las barras se muestra el total de animales (solo machos, hembras y crías; categorías que ingresaron en nuestro estudio de UR).

En Tabla 5 se puede observar que en el año 2012 se analizaron 28 UR, en 2013 31 UR y en 2016 un total de 28 UR, distribuidas en cuatro hábitats. De modo preliminar, se puede establecer que dichas UR se establecieron en un 82,1% en alguno de los hábitats de la plataforma en altura en 2012 (RP y RPRT), contra un 51,6% en 2013 y un 60,7% en 2016. Además cabe recalcar que durante 2012 se registró un promedio de 17 ± 13 , en 2013 de 20 ± 18 y en 2016 de 15 ± 8 hembras por macho en UR.

Tabla 5. Número de unidades reproductivas (UR) analizadas por año y hábitat, y conteos poblacionales en UR por año de estudio (LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura).

Sobrevuelo		Parámetros observados					
Año	UR (n)	Hábitat LT	Hábitat IT	Hábitat RP	Hábitat RPRT	Hembras en UR	Crías en UR
2012	28	5	0	9	14	17 ± 13	17 ± 14
2013	31	5	10	10	6	20 ± 18	9 ± 11
2016	28	11	0	9	8	15 ± 8	10 ± 8

La distribución de frecuencias para número de hembras por macho, nos otorga una primera visión de la estructura de estas unidades reproductivas para los años 2012, 2013 y 2016. Pudiendo fácilmente identificar en ellos, cómo es la estructura poblacional de las hembras en las UR analizadas, y por consiguiente, la tendencia de tamaños de harenes en la lobería de Punta Chaiguaco (Figura 14).

Del set de datos que involucra la totalidad de las unidades reproductivas descritas, se encontró que el rango dentro del cual se encasillaron los valores, fue entre 2-83 ($\mu= 17 \pm 14$ s.d) hembras por macho; y de entre 0-55 ($\mu= 12 \pm 12$ s.d) cachorros por macho.

En 2012, se observa la principal agrupación de los datos en el rango con marca de clase 15. Siendo la tónica que las unidades tiendan a agruparse dentro de los primeros tres intervalos, con dos claras UR que se escapan considerablemente de la tendencia inicial (Figura 14).

En 2013, el intervalo con marca de clase 5 agrupa la mayor parte de los datos dentro de la distribución. Se puede decir que durante este año las hembras por macho de las UR descritas, logran abarcar una gran cantidad de intervalos que además se encuentran bien representados, pudiendo decir que se logra una estabilización y homogeneidad a lo largo de la distribución, con una UR que cae dentro de la marca de clase 85 (Figura 14).

En 2016, se observa la mayor representación de los datos dentro del rango con marca de clase 15. Siendo la tendencia similar a la del año 2012, en donde las unidades tienden a agruparse dentro de los primeros cuatro intervalos, estableciendo una distribución altamente concentrada (Figura 14).

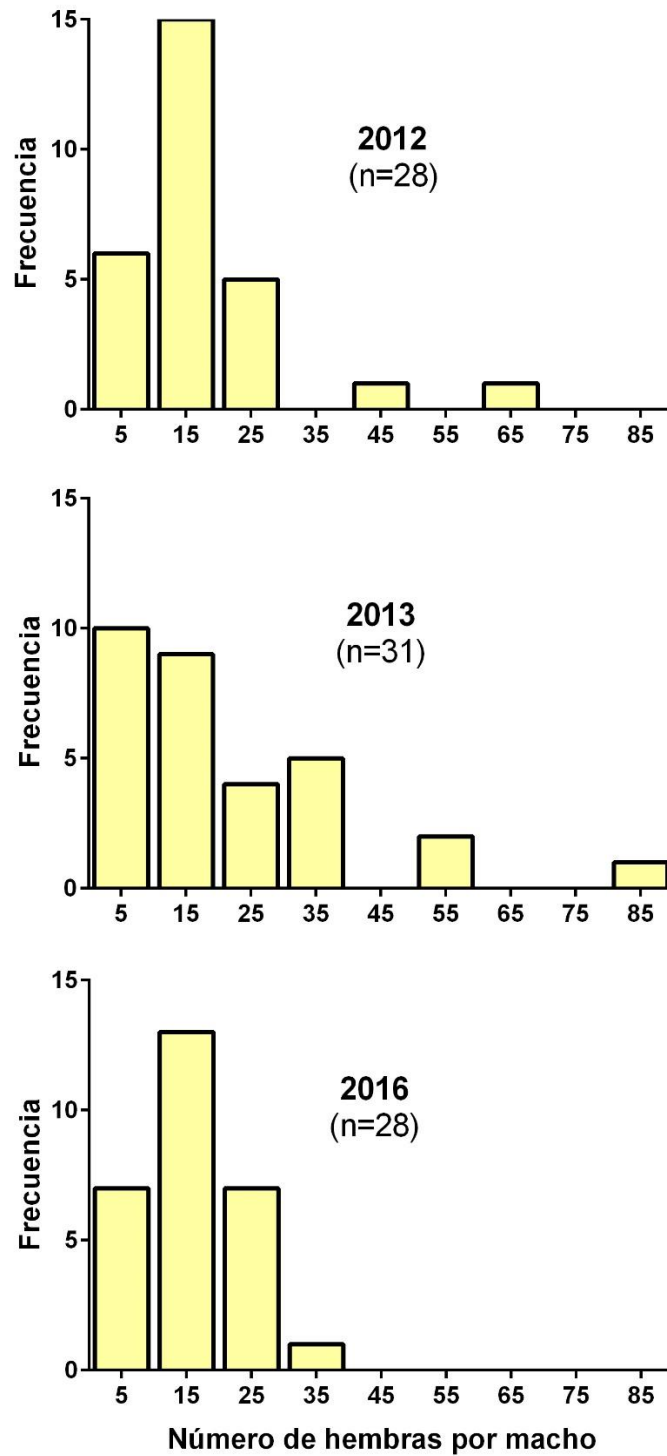


Figura 14. Distribución de frecuencias de número de hembras por macho en unidades reproductivas (UR), para 2012, 2013 y 2016. (n: número de UR analizadas).

Al realizar un análisis porcentual gráfico de representación total de unidades reproductivas (UR), utilizando el número de hembras como los valores de categorización, se observa que las unidades reproductivas que más contribuyen son las que poseen entre 5 a 25 hembras por macho, resaltando en la gráfica las UR con 12 y 23 hembras por macho. Tras determinar la contribución en dichos porcentajes por hábitat, se desprende que la Plataforma Rcosa Lisa en Altura (RP) y la Plataforma Rcosa Rugosa en Altura (RPRT) concentraron la mayor cantidad de unidades, ambos con un 32%, seguido por el hábitat Terraza Lisa (LT) con un 24%, y finalmente por el hábitat terraza inclinada (IT) con un 12% del total de la contribución (Figura 15).

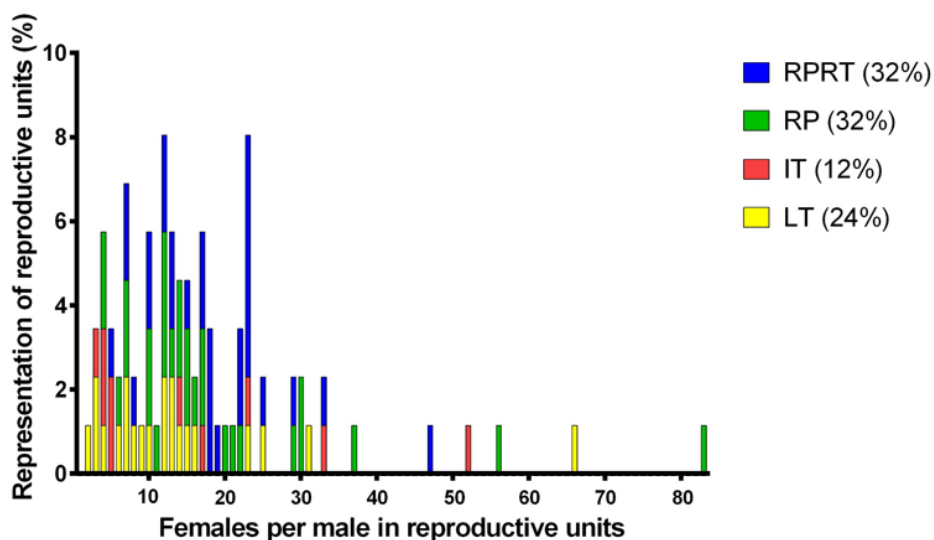


Figura 15. Representación porcentual de las unidades reproductivas (UR), por número de hembras por macho (tomando la totalidad de la UR analizadas). En colores se observa la contribución por hábitat en dicho porcentaje (Hábitats. LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rcosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rcosa Rugosa en Altura).

En cuanto a la estructura poblacional analizada por hábitat y año, la prueba de Goodness of fit arrojó que existen diferencias significativas en la proporción observada por hábitat versus la proporción esperada de animales para el año de estudio (Figura 16). Siendo relevante para el año 2012 la diferencia en el hábitat RPRT, y para el caso del año 2016 los hábitats LT y RPRT. Resultados que coinciden con los hábitats que presentaron mayor contribución porcentual, al ser analizadas todas las UR definidas en este estudio (Figura 15).

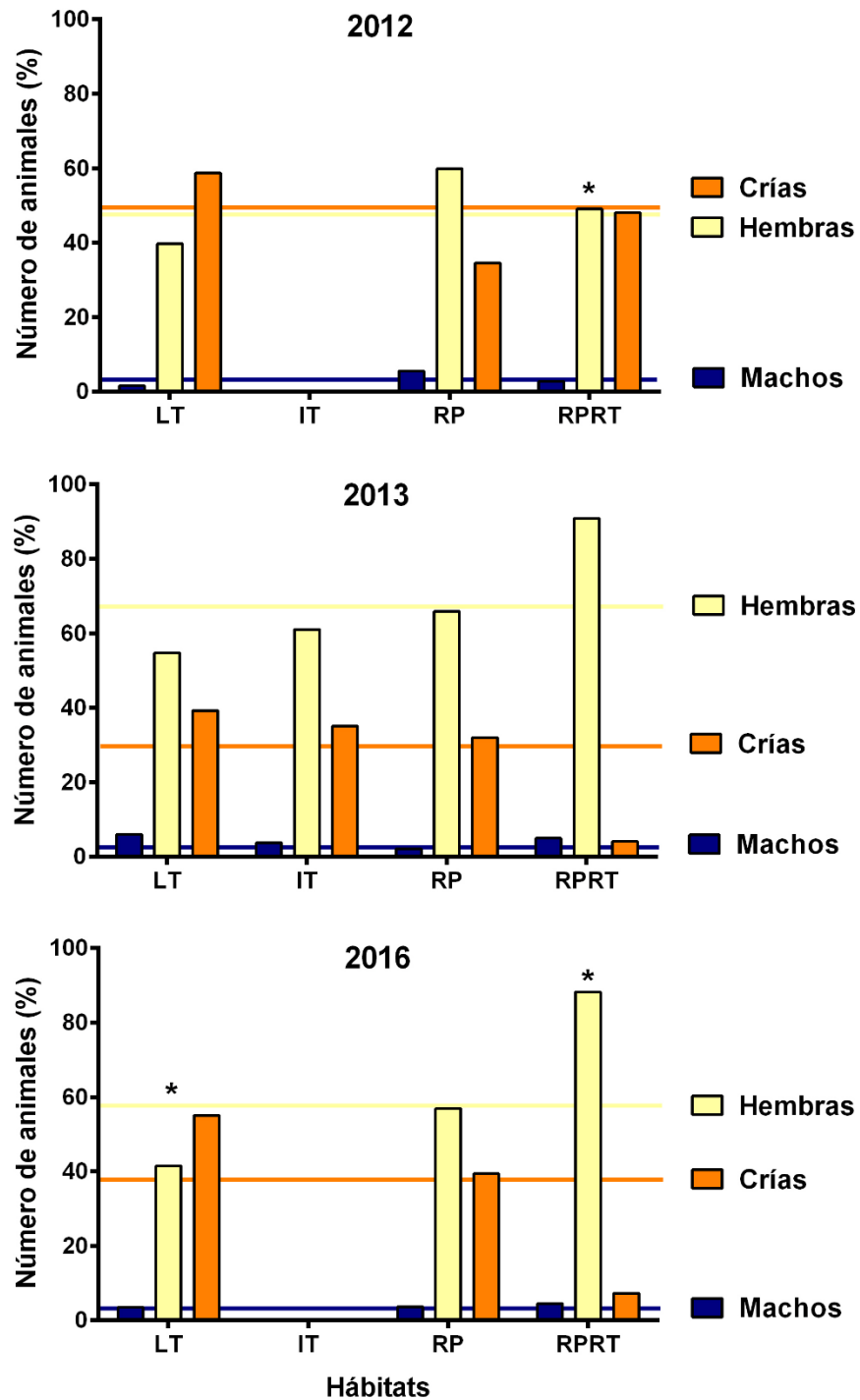


Figura 16. Estructura poblacional por tipo de hábitat y año. Marcas al tope de barras, representan diferencias significativas en Test G. Líneas representan proporción esperada (Hábitats. LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura).

Durante 2012 la estructura poblacional en LT y RP ($\chi^2_{[2]} > 1.199$ and $\chi^2_{[2]} > 1.068$) fue significativamente diferente en comparación con RPRT ($\chi^2_{[2]} < 0.0345$, $P < 0.025$). En 2016, la estructura de UR en RPRT ($\chi^2_{[2]} > 2.162$) fue significativamente diferente a LT y RP ($\chi^2_{[2]} < 0.101$, $P < 0.05$; y $\chi^2_{[2]} < 0.078$, $P < 0.05$). Finalmente para el caso del año 2013, no se registró diferencias significativas en la estructura poblacional entre hábitats. Adicionalmente, el total de animales por categoría de terreno y año de sobrevuelo explican de cierta manera el mismo patrón del Test G ejecutado. Proporcionando una clara diferencia visual entre las poblaciones analizadas por hábitat, a través de los conteos poblacionales por UR, explicado mayormente por el número total de hembras y cachorros (Figura 16).

El análisis de componentes principales, evidencia que los primeros 5 componentes logran explicar el 92.1% de la varianza acumulada (Figura 17). El primer componente explica el 35.6% de la varianza, y contribuyen en él principalmente las variables, total de animales en la colonia, TSM, longitud estándar del macho, longitud estándar de las hembras y longitud máxima de la UR. Por otra parte, las variables que contribuye inversamente en el modelo, es la altura de marea, tipo de plataforma y nivel de la UR. El segundo componente explica el 21,7% de la varianza, y contribuyen en él las variables, número de hembras, número de crías, longitud máxima de la UR. Siendo la variable que contribuye inversamente en este componente, principalmente la TSM (Figura 18). El tercer componente explica el 19.1% de la varianza, y contribuyen en él principalmente las variables, número de crías y altura de marea. Siendo la variable que contribuye inversamente en este componente, el nivel del harén y el tipo de plataforma. El cuarto componente explica el 9.0%, de la varianza, contribuyendo en éste las variables altura de marea, longitud estándar de las hembras y total de animales en la colonia; inversamente se asocia la TSM. Finalmente el quinto componente explica el 6.6% de la varianza, contribuyendo las variables longitud estándar de las hembras y número de crías. Siendo las variables que contribuye inversamente en este componente, longitud máxima de la UR, número de hembras, total de animales en la colonia y altura de marea.

La reducción de la dimensionalidad otorgada por los primeros 2 componentes, nos indica que las variables que más contribuyen en explicar la correlación de nuestros datos, es la longitud estándar del macho y la TSM; y el tipo de hábitat o categoría de terreno y la altura de marea como las que contribuyen inversamente. Siendo éstas últimas las variables responsables de segregar nuestra nube de datos y proporcionar grupos fácilmente distinguibles en los gráficos de dispersión (Figura 19 y Figura 20), logrando orientar nuestro modelo; esto en cuanto a la contribución de cada una de las variables en el total de la varianza, representada en los componentes principales arrojados.

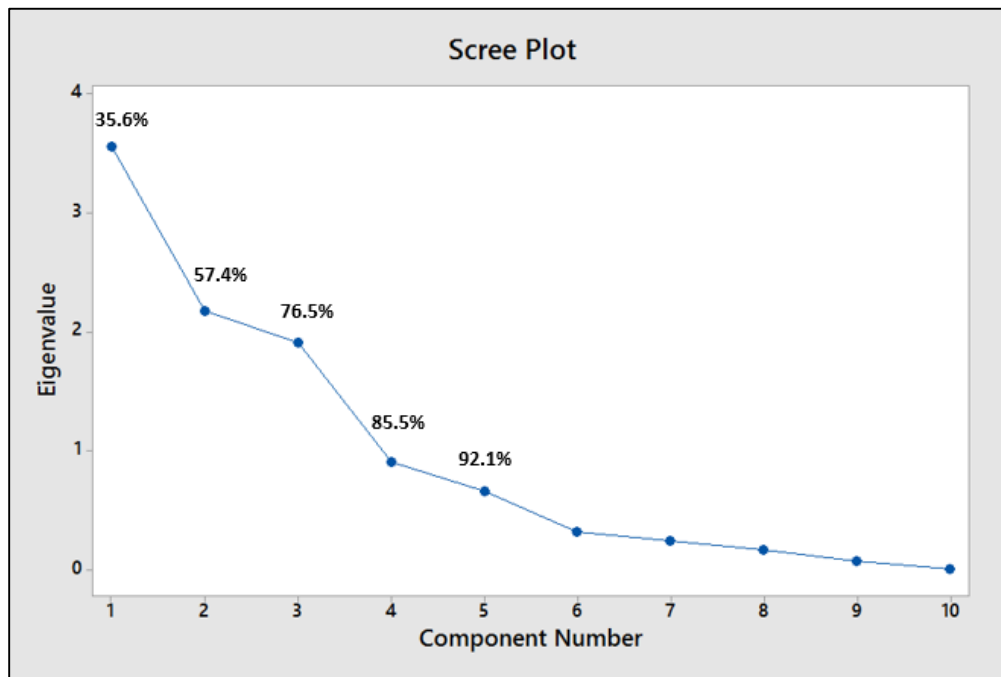


Figura 17. Valores propios arrojados por el análisis de componentes principales empleando 10 variables. Las cifras sobre los puntos indican el porcentaje acumulado del total de la varianza.

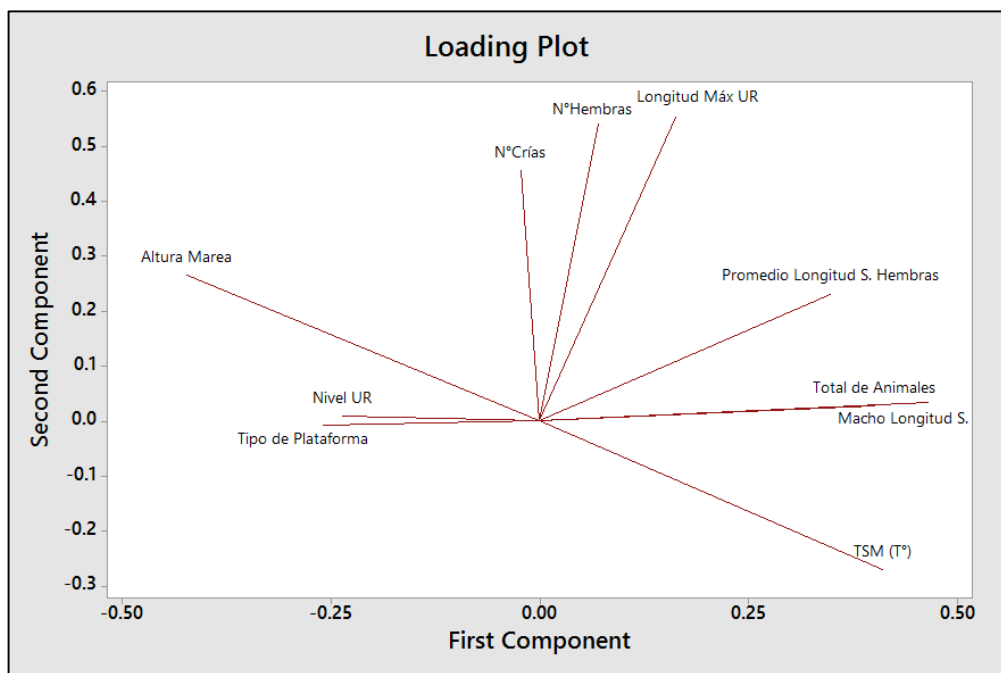


Figura 18. Principales variables que contribuyen en los componentes 1 y 2 del análisis de componentes principales.

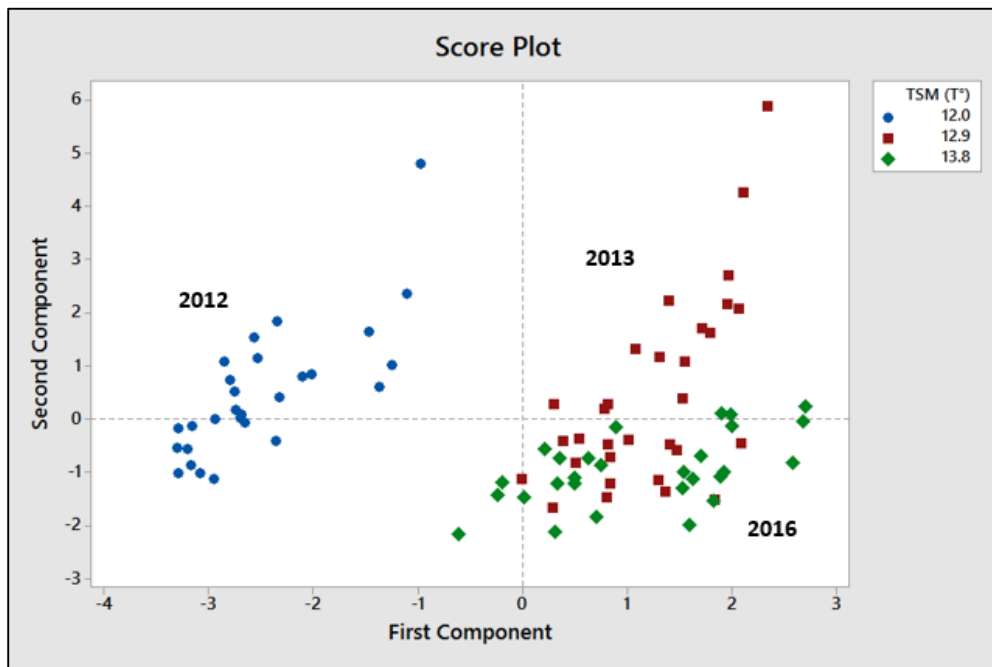


Figura 19. Dispersión de los puntajes arrojados por el análisis de componentes principales, empleando la TSM como la variable categórica para agrupación.

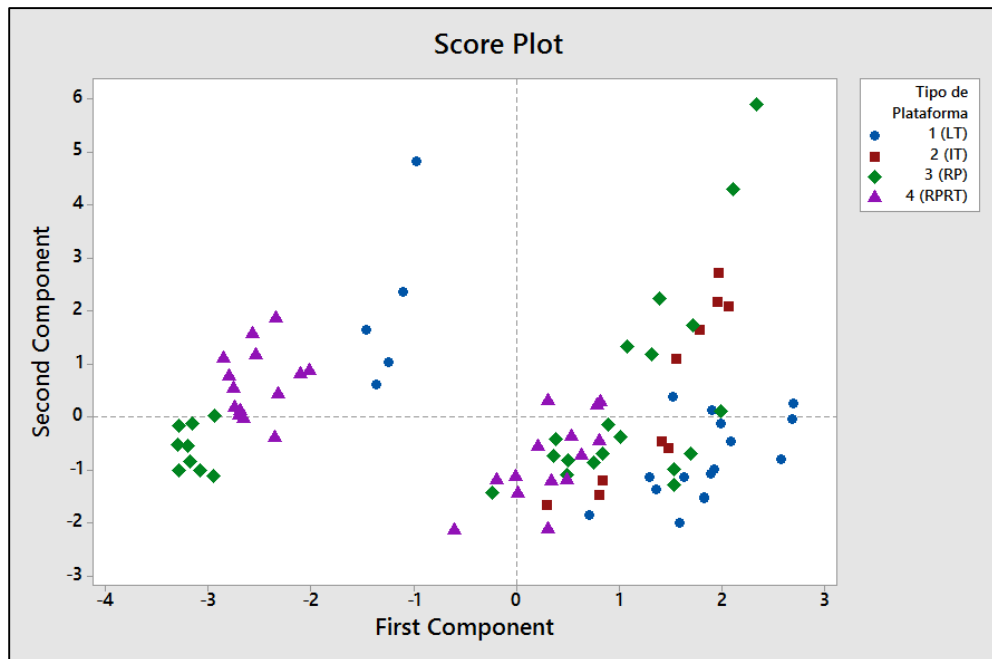


Figura 20. Dispersión de los puntajes arrojados por el análisis de componentes principales, empleando el tipo de hábitat o categoría de terreno como la variable categórica para agrupación.

Objetivo 3: Evaluar la composición de tallas de machos y hembras en las UR por hábitat en la lobería.

En cuanto a la composición de tallas de machos y hembras, y a la longitud máxima de las UR, se debe destacar que se alcanzaron los mayores valores dentro del año 2013. Con machos alcanzando en promedio 242 ± 19 cm y hembras 168 ± 16 cm de longitud estándar; mientras que para el caso de la utilización del espacio, se registró también dicho año el mayor valor de 1156 ± 682 cm (Tabla 6). Pudiendo extrapolar que en esa fecha particular se registraron las UR con mayores dimensiones en cuanto a la utilización del hábitat.

Tabla 6. Número de unidades reproductivas (UR) analizadas, longitud estándar de machos y hembras por UR y longitud máxima de las UR, por año de estudio.

Sobrevuelo		Parámetros observados		
Año	UR (n)	Macho Longitud (cm)	Hembras Longitud (cm)	Máx. Longitud UR (cm)
2012	28	167 ± 19	141 ± 14	824 ± 352
2013	31	242 ± 19	168 ± 16	1156 ± 682
2016	28	225 ± 34	155 ± 22	789 ± 218

En la Figura 21 se muestran las longitudes estándar de machos y hembras en las UR. En 2013 para el caso de los machos, se alcanzó el mayor valor promedio, seguido por 2016 y finalmente por 2012. En el caso de las hembras, se mantiene el mismo patrón en los datos de longitud estándar por año.

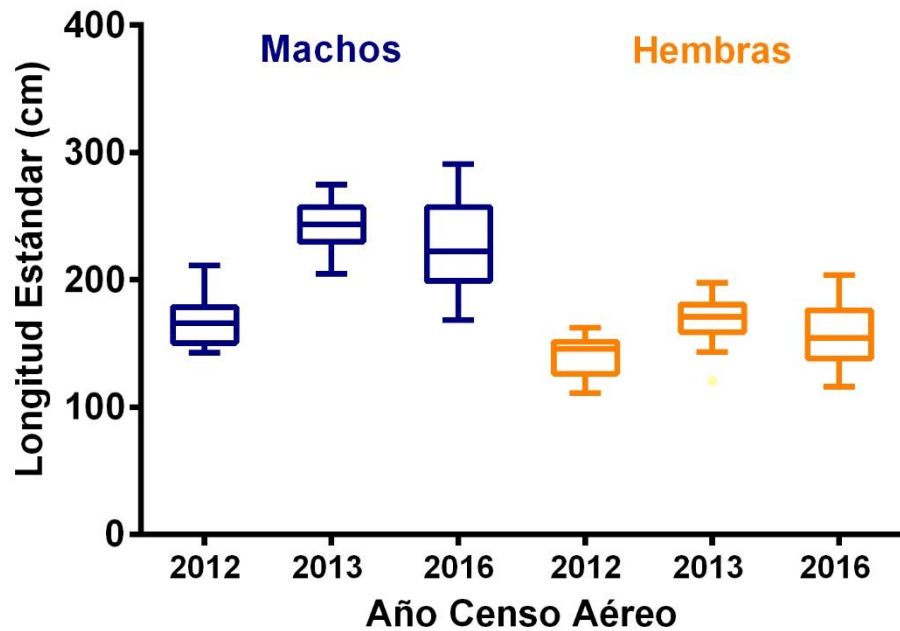


Figura 21. Longitud estándar de machos y hembras para 2012, 2013 y 2016. Test-t no pareado sustenta diferencias significativas entre todos los años por sexo.

Test-t demuestra diferencias significativas en tallas de machos entre 2012 y 2013 ($t_{56.53} = 15.39$, $P < 0.0001$), 2012 y 2016 ($t_{42.02} = 7.991$, $P < 0.0001$), como también entre 2013 y 2016 ($t_{41.38} = 2.342$, $P = 0.0241$). Para el caso de las tallas de hembras se dio el mismo patrón, entre 2012 y 2013 ($t_{57} = 6.962$, $P < 0.0001$), 2012 y 2016 ($t_{54} = 2.949$, $P = 0.0047$), y finalmente entre 2013 y 2016 ($t_{57} = 2.610$, $P = 0.0116$).

Los resultados del test-t no pareado por hábitat y año bajo estudio, indican diferencias significativas en la composición de tallas de animales entre hábitats para el año 2012 y 2016. Sin embargo, para el año 2013, se observa una homogeneidad en dichos valores, demostrando que entre hábitats la composición de tallas fue similar tanto para machos y hembras (Tabla 7 y Tabla 8). El mismo patrón se identifica en el set de datos por hábitat y año de estudio, tanto para longitud estándar de machos y hembras. Además, en cuanto a los espacios utilizados por las UR en las diversas categorías de terreno, es evidente que existe en general una mayor utilización de los hábitats que se encuentran ubicados en la

plataforma rocosa en altura, y que las UR con los machos que registraron las mayores tallas, congregan en general mayor número de hembras y crías en sus territorios (Tabla 8).

Tabla 7. Resultados del test-t no pareado, para longitud estándar de machos y hembras, entre hábitats por año de estudio. Se indican en negrita y con asteriscos (*) las diferencias significativas ($P < 0.05$). (Hábitats. LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura).

Año (Hábitats)	Machos	Hembras
2012		
LT-RP	$t_{12} = 5.280^*$	$t_{12} = 6.190^*$
LT-RPRT	$t_{17} = 0.436$	$t_{17} = 1.584$
RP-RPRT	$t_{21} = 4.386^*$	$t_{21} = 9.458^*$
2013		
LT-IT	$t_{13} = 0.999$	$t_{13} = 0.401$
LT-RP	$t_{13} = 0.559$	$t_{13} = 1.451$
LT-RPRT	$t_9 = 0.972$	$t_9 = 0.740$
IT-RP	$t_{18} = 1.818$	$t_{18} = 1.056$
IT-RPRT	$t_{14} = 0.202$	$t_{14} = 0.066$
RP-RPRT	$t_{14} = 1.673$	$t_{14} = 1.168$
2016		
LT-RP	$t_{18} = 0.071$	$t_{18} = 0.040$
LT-RPRT	$t_{17} = 2.051^*$	$t_{17} = 2.172^*$
RP-RPRT	$t_{15} = 1.903$	$t_{15} = 1.875$

Tabla 8. Estructura poblacional, longitud estándar de machos y hembras en periodo reproductivo y longitud máxima de las unidades reproductivas (UR) por hábitat (LT: Terraza Lisa, IT: Terraza Inclinada, RP: Plataforma Rocosa Lisa en Altura, RPRT: Plataforma Rocosa Rugosa en Altura) y año de sobrevuelo.

Sobrevuelo		Parámetros observados				
Año	Hábitat	Hembras en UR	Crías en UR	Macho Longitud (cm)	Hembras Longitud (cm)	Máx. Longitud UR (cm)
2012	LT (5)	25 ± 23	37 ± 14	178 ± 16	146 ± 5	1227 ± 548
	IT (0)	-	-	-	-	-
	RP (9)	11 ± 5	6 ± 6	149 ± 5	123 ± 7	617 ± 197
	RPRT (14)	18 ± 10	17 ± 10	174 ± 17	151 ± 7	813 ± 221
2013	LT (5)	9 ± 12	7 ± 6	246 ± 13	162 ± 15	563 ± 214
	IT (10)	16 ± 16	9 ± 10	237 ± 20	166 ± 20	1319 ± 773
	RP (10)	31 ± 23	15 ± 15	251 ± 14	175 ± 16	1406 ± 771
	RPRT (6)	18 ± 9	0,8 ± 1	234 ± 25	167 ± 4	959 ± 168
2016	LT (11)	12 ± 6	15 ± 8	234 ± 35	160 ± 22	788 ± 234
	IT (0)	-	-	-	-	-
	RP (9)	16 ± 8	11 ± 6	233 ± 35	161 ± 26	838 ± 200
	RPRT (8)	20 ± 8	2 ± 2	205 ± 24	142 ± 10	737 ± 229

Objetivo 4: Comparar la estructura poblacional de esta colonia, con las principales loberías reproductivas del sur de Chile.

A partir de los datos recopilados y corregidos de los sobrevuelos de 2013, podemos mencionar que Isla Metalqui sobresale por la elevada abundancia de LMS, para el caso de todas las categorías de edad funcional incorporadas. También se debe recalcar el caso de Isla Guamblin, segunda lobería con mayor abundancia poblacional (resaltan hembras y cachorros). Para seguir en representación de individuos (decreciente), la lobería de Punta Chaiguaco, Isla Guafo y finalmente Isla Doña Sebastiana (Figura 22).

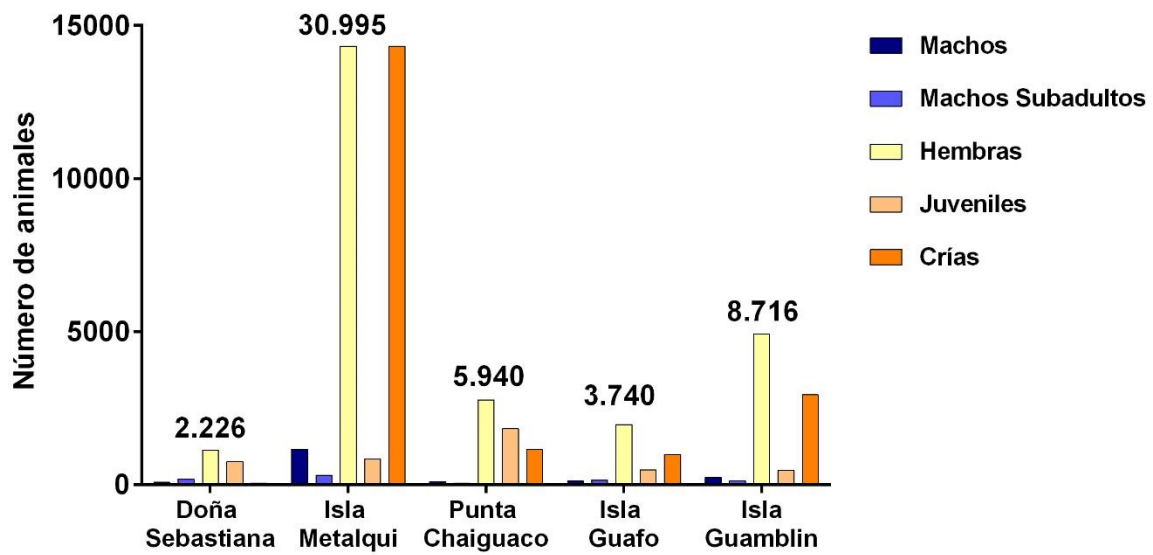


Figura 22. Estructura y abundancia poblacional del LMS en las principales loberías reproductivas en la X y XI Regiones para el año 2013 (Chile Austral).

La realización de la prueba de independencia tras la corrección de Williams arrojó un valor $G_{adj} = 8260$, que al ser comparado con una distribución $\chi^2_{[16]}$, no otorgó significancia estadística; concluyendo que la estructura poblacional de dichas colonias son iguales, al no poder rechazar la hipótesis nula de que la frecuencia por categorías de individuos es independiente de la lobería.

DISCUSIÓN

La Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste (CDO; West Wind Drift, WWD), la que se origina entre los 40°-50° S, y que se cataloga como una corriente marina de agua fría que fluye libremente de oeste a este, en la misma dirección del movimiento de rotación de la Tierra (Körner 1998) (Figura 23); podría constituir un factor fundamental en modelar la abundancia y riqueza de especies en el área de estudio.



Figura 23. Esquema de localización geográfica de la Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste. (Waters 2008).

Actualmente, las corrientes marinas son el único componente que conecta a todos los continentes del sur del planeta Tierra (antiguamente componentes contiguos de Gondwana) (Waters 2008). De esta forma la abundancia del LMS que registra la lobería de Punta Chiaguaco, sumando las otras cuatro principales colonias reproductivas de Chile Austral, sugiere una relación con zonas de alta productividad generadas por dicha corriente en el área. Lo anterior, avalado por investigaciones que describen que los procesos oceanográficos y meteorológicos de macroescala definen los patrones de distribución y abundancia de los stocks de peces (Wyllie-Echeverría & Wooster, 1998; Gatica *et al.* 2009).

Por otra parte, variaciones históricas del rendimiento de pez espada (*Xiphias gladius*) frente a la costa de Chile, están asociadas con la posición latitudinal de la Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste (Gatica *et al.* 2009), sugiriendo que este fenómeno oceanográfico repercute ampliamente en la distribución y abundancia de otras especies de peces. Entonces, es factible argumentar que gracias a la CDO existe una alta productividad marina frente a la Isla Grande de Chiloé (Figura 24), siendo el lugar propicio para que diversos mamíferos acuáticos encuentren allí lugares de forrajeo y reproducción con características únicas.

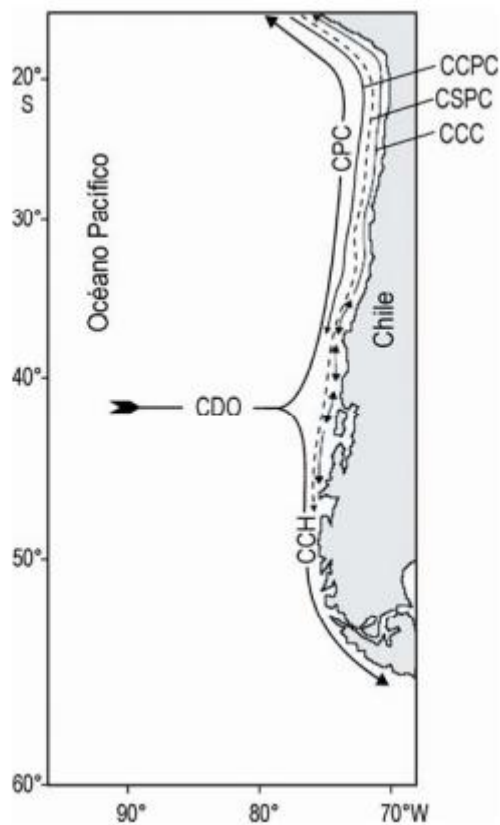


Figura 24. Principales corrientes presentes en la costa de Chile: Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste (CDO), Corriente Subsuperficial Perú-Chile (CSPC), Corriente del Cabo de Hornos (CCH), Contra Corriente Perú-Chile (CCPC), Corriente Costera de Chile (CCC), Corriente Perú-Chile (CPC). (Gatica *et al.* 2009 modificado de Leth & Shaeffer, 2001).

En cuanto a distribución geográfica, la literatura establece que los sitios de asentamiento que se encuentran cercanos a lugares con alta abundancia de especies presa y que también poseen escasa o casi nula intervención humana, resultan ser las áreas más adecuadas para realizar las actividades reproductivas. Existiendo un claro patrón de selección en cuanto a lugares de residencia mediante una selección de hábitats preferentemente de sustratos rocosos (Montgomery *et al.* 2007). Siendo este el caso de la lobería bajo estudio, la cual posee un sustrato de roca sedimentaria, ubicada en la costa expuesta de la Isla de Chiloé (Océano Pacífico). Sugiriendo que las características rocosas de las loberías, disponibilidad de hábitats (para el caso de Punta Chaiguaco) y la influencia de la CDO, determinaría que en estos territorios se concentrara una gran parte de la abundancia del LMS en Chile, registrando en la temporada reproductiva el 75% de la población y concentrando el 85% de la natalidad de la especie en Chile Austral (Oliva *et al.* 2008).

Cosa que si se contrasta con avistamientos de otras especies de mamíferos acuáticos en la zona geográfica, como foca elefante del sur (*Mirounga leonina*) y lobo fino austral (*Arctocephalus australis*); corrobora el dinamismo y productividad de la zona (Oliva, datos no publicados).

Según nuestros resultados durante 2013 y 2016, se registró el mayor número de machos adultos; se sabe que los machos permanecen cerca de 40 días en la zona de pariciones realizando un ayuno prolongado (Campagna 1985; Campagna *et al.* 2001); cosa que en nuestro caso concuerda con el *peak* de las pariciones durante el mes de febrero, mes en cual se realizaron dichos sobrevuelos. Por lo tanto, nuestros datos muestran que los monitoreos poblacionales se deben continuar realizando a mediados de febrero en el área de estudio.

De este modo, podemos sugerir que la población de Punta Chaiguaco ha experimentado un alza en el número de hembras y una mantención en el número de crías durante 2012, 2013 y 2016. Si bien los resultados de abundancia de 2012 deben tomarse con discreción por la fecha del sobrevuelo, datos de censos realizados en verano en los años 1998 y 2007, corroboran igualmente la tendencia observada (Oporto *et al.* 1999; Oliva *et al.* 2008). Siendo la explicación de este aumento en la abundancia de la especie, el evidente proceso

de recuperación poblacional por el que atraviesa *O. byronia*, tras los episodios de alta mortalidad asociada a caza indiscriminada (Grandi *et al.* 2016).

Por otra parte, a partir de los datos de 2012, se debe recalcar la escasa presencia de machos adultos en Punta Chaiguaco en comparación a machos subadultos censados. Dicho cambio poblacional lo atribuimos a la fecha de realización del sobrevuelo, el cual fue a fines de abril de 2012, fecha alejada del *peak* de formación de harenes, que se ubica en enero y febrero (Gallardo 1973; Vaz-Ferreira 1975).

La estructura de unidades reproductivas ha sido estudiada en diversas localidades de Sudamérica. En Isla de Lobos en Uruguay se encontraron en promedio 7.6 hembras y 2.8 cachorros por cada macho (Vaz-Ferreira & Sierra 1961). Si dichos números son contrastados con el promedio de 17 hembras y 12 cachorros, obtenidos de los tres años de estudio en Punta Chaiguaco, obtenemos aproximadamente 10 animales más en promedio de ambas categorías. Números que al ser depurados por año de estudio nos otorgan valores de 17 y 17 (2012), 20 y 9 (2013), 15 y 10 (2016) hembras y cachorros por macho, respectivamente.

Franco-Trecu *et al.* (2015), en Isla de Lobos (Uruguay), estima la paternidad como promedio de cachorros por presunto padre en 2.5 (s.d= 1.6, Rango= 0-5). Resulta interesante contrastar que el número de cachorros por UR en nuestro estudio, fue en promedio como ya se mencionó de 12 animales. Pudiendo ser una explicación de ello, las diferencias sustanciales entre las loberías del Pacífico y Atlántico, tasa de natalidad, recursos alimentarios, entre otros. Si bien en nuestro estudio, solo se realizó la determinación poblacional por UR, contrastar esto con datos de natalidad de Isla de Lobos y también con la estructura social reproductora de la misma colonia (Vaz-Ferreira & Sierra 1961; Franco-Trecu *et al.* 2015), puede otorgar una idea de lo que se podría esperar de un análisis genético similar en Punta Chaiguaco.

Siguiendo en esta línea, si nuestros datos son contrastados con el estudio de poliginia llevado a cabo en Punta Lobería (Costa Pacífica), se resalta que durante la temporada 1996-1997, se observó harenes que variaron entre 4 y 30 hembras por macho territorial, y en la

temporada 1997-1998, entre 9 a 25 hembras por macho territorial. Con una representación de aproximadamente 7 crías por harén en ambas temporadas. Sugiriendo que nuestro análisis de unidades reproductivas posee coherencia en relación a trabajos publicados con anterioridad (Pavés *et al.* 2005).

Dando lo anterior un indicio de que las condiciones geográficas y oceanográficas definen los tamaños relativos de las unidades reproductivas, ya que las diferencias en los sitios de asentamiento y de reproducción entre la costa Pacífica y Atlántica, son evidentes. Siendo en el caso del Pacífico principalmente islotes, grandes islas y loberías continentales de roca sedimentaria, mientras que en el Atlántico estos se caracterizan por ser sitios litorales de gran extensión, normalmente con sustratos arenosos o sedimentos gruesos como gravilla.

En 2012, se registraron machos subadultos congregando hembras en territorios claramente definidos; se ha descrito que ocasionalmente machos de esta categoría logran retener exitosamente a hembras y matar a sus crías, propiciando de esta manera la conformación de nuevos grupos de reproducción durante el comienzo de la temporada reproductiva (Vaz-Ferreira 1965). Nuestros resultados indican que debido a la fecha del sobrevuelo en abril, fue posible observar este evento social de manera masiva; intentando estos machos obtener algún tipo de beneficio, que se podría definir como un periodo de aprendizaje que formaría parte del proceso de llegar a convertirse en machos adultos con territorios y hembras estables, con el objetivo final de lograr en un futuro éxito biológico; en un ambiente donde por lo general estos están restringidos a la periferia de la colonia y no en lugares céntricos (Parker & Maniscalco 2014), constantemente perdiendo enfrentamientos con machos adultos y sometidos a un gran nivel de estrés social (Vaz-Ferreira 1965).

Si bien no sabemos qué es lo que ocurre pasado la temporada reproductiva con los machos subadultos, en cuanto a éxito reproductivo, sí queda claro que establecen territorios; por lo que este acontecimiento fue tomado como una oportunidad para corroborar información ya publicada y plantear nuevas interrogantes en torno a esta categoría de machos en la fase post-reproductiva.

La longitud estándar de los machos que conformaron unidades durante 2012, alcanzó un valor promedio de 167 cm, en contraste con los machos de las temporadas 2013 y 2016, que alcanzaron 242 cm y 225 cm, respectivamente. Valor que según lo documentado calza con la descripción realizada para machos subadultos, los que poseen una longitud inferior a los 2 m, y que no son ejemplares machos juveniles, que se registra pueden como máximo alcanzar los 150 cm (Oliva *et al.* 2012).

Debemos sumar a esto, el hecho de la significativa diferencia en la proporción de animales por hábitat durante 2012 que se obtuvo en RPRT, en relación a la frecuencia esperada de animales. Además del hecho de concentrar en promedio RPRT y LT, las unidades reproductivas con mayores números de hembras y cachorros, con la mayor utilización del espacio; siendo también en dichas categorías de terreno donde se registraron las mayores tallas de machos y hembras. Llegando a concluir que RPRT, al ser un hábitat rocoso en altura de muy difícil acceso, en dicho año y fecha fue aprovechado por machos subadultos para establecer territorios, ya que éste se encuentra en una zona frecuentada por estos animales en años con condiciones regulares, restringidos siempre en la periferia de la lobería.

Otro factor a analizar para el caso del año 2012, que también en cierta medida podría explicar los resultados observados, son las conductas asociadas a circarritmos en la especie; como lo es por un lado el incremento de individuos en las loberas durante el día, como también lo es el caso de la disminución de la abundancia en paraderos y aumento en paraderos durante el periodo reproductivo (Sepúlveda *et al.* 2001). Estableciendo a partir de los resultados expuestos en esta tesis, que los resultados observados durante 2012, deben ser tomados con la debida cautela al haber sido éstos recabados durante el mes de Abril, fuera de la temporada reproductiva; tomando estas observaciones netamente como una oportunidad para describir una situación poblacional post-reproductoria.

En la Costa Pacífica durante los años 2015-2016, aconteció un intenso fenómeno de El Niño (ENOS), que trajo consecuencias oceanográficas, ecológicas y económicas. Siendo el episodio más crítico las floraciones algales nocivas (FAN) en el sur de Chile, que generó

varamientos masivos de moluscos (Aqua 2016. Comunicado Sociedad Chilena de Ciencias del Mar).

La temperatura superficial del mar registrada en la Isla de Chiloé (Ancud), alcanzó en 2016 valores de $15,1^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$, en contraste con $14,6^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ y $12,4^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$, para 2013 y 2012, respectivamente (para el caso de 2012 de la localidad de Castro); calculado como promedio de los registros de TSM del mes en el que se realizaron los sobrevuelos. Cosa que concuerda y se evidencia de modo más sustancial, si analizamos los datos tomados con una boya oceanográfica en el Golfo de Corcovado, la cual registró que la temperatura del agua de mar durante el verano de 2016 fue entre 2 a 4 grados más alta que en años anteriores en la misma fecha (Blanco, *com. pers.*).

Las condiciones de temperatura observadas durante la temporada reproductiva 2016, permiten explicar la presencia de los machos de mayor longitud en los hábitats más cercanos al borde costero. Lo que tendría su explicación en que el LMS, tiende a la dispersión y reorganización de la estructura social reproductora, frente a cambios de temperatura (Vaz-Ferreira & Palerm 1961); cosa sustentada por el análisis de componentes principales, al ser la TSM la variable que más contribuyó en el primer componente, y que además disgregó en tres grupos claramente distinguibles los puntajes arrojados por el análisis multivariado. Si bien esto está documentado para temperatura ambiental, se debiese esperar un patrón similar ante el alza en la temperatura del agua de mar. Ejerciendo los animales reacciones de bienestar interpretables como termorregulatorias, ampliamente documentadas, como por ejemplo el hecho de estar cercanos al mar y darse baños (Vaz-Ferreira *et al.* 1983).

Es importante mencionar, que nuestros resultados de utilización de hábitats, muestran que durante el año 2013 se alcanzó la completa utilización de las cuatro categorías de terreno definidas (LT, IT, RP y RPRT). A diferencia de 2012 y 2016, donde en el hábitat IT no se evidenció el establecimiento de ninguna UR. Lo que se debe esencialmente a que durante el censo de 2012, la mayoría de los territorios estuvieron dominados por machos subadultos, los que se restringen a la periferia de la colonia (Vaz-Ferreira 1965), donde las hembras y cachorros son escasos. Resultando lo anterior crítico para otorgar una explicación a lo

observado, ya que los machos adultos no se encontraban en la lobería, teniendo los subadultos la posibilidad de llevar hembras y cachorros a sus territorios. Por otra parte, la no utilización de IT, durante 2016, podría deberse al fenómeno de ENOS, lo que produce una notable reorganización y dispersión de individuos (Vaz-Ferreira & Palerm 1961), llegando a no colonizar dicho hábitat. Finalmente en 2013, se evidencia la completa utilización de los hábitats, debido netamente a la gran cantidad de animales registrados en la lobería, los que alcanzaron un número de 5.940, a diferencia de 2012 y 2016 donde se registraron 4.577 y 5.137 individuos, respectivamente.

Cabe mencionar que durante 2013, además de la completa utilización de los hábitats, los animales se distribuyeron equitativamente en los mismos, con tallas homogéneas y similar utilización del hábitat. Atribuyendo esto a las condiciones regulares que acontecieron en dicho año.

Esto nos lleva a decir que las hipótesis planteadas en referencia a utilización de hábitats y animales conformando UR se corroboran, ya que los resultados indican que los machos que alcanzan las mayores tallas, logran establecer unidades reproductivas más grandes en determinados hábitats de la lobería (test-t no pareado), y que existen además diferencias en la distribución y proporción de animales en el área de estudio por hábitats (Goodness of fit), siendo los más óptimos las Plataformas en Altura (RPRT y RP), seguido de la Terraza Lisa (LT); destacando que esto posee variabilidad dependiendo de la estacionalidad y condiciones ambientales. Llegando tras la discusión realizada a dilucidar, que cambios en la estructura poblacional de la colonia y variaciones oceanográficas, como las registradas en 2012 y 2016, respectivamente; estarían explicando desviaciones en los patrones de distribución poblacional a lo largo del tiempo. Cosa también probada gracias al análisis de componentes principales realizado, que arrojó que la talla de machos y hembras junto a la TSM para cada año en particular, se correlacionan de manera directa.

En cuanto a las principales loberías reproductivas de Chile Austral, se debe destacar que Isla Metalqui, Isla Guamblin y Punta Chaiguaco, resultarían ser las colonias con la mayor representación de animales en estructuras de poliginia, tras las tendencias observadas en la estructura poblacional de las mismas para 2013.

Argumentando además que la lobería de Punta Chaiguaco, debido a la amplia gama de hábitats que presenta, sería un punto crítico dentro de las principales loberías reproductivas; por lo que realizar un manejo adecuado y proponer medidas de conservación para la misma resulta crucial. De este modo, se podría establecer el área geográfica como la principal lobería con diferentes categorías de hábitats en Chile Austral, sumado al hecho de ser la lobería de más difícil acceso para el humano. Características que como este estudio lo revela, permite a los animales reaccionar de manera conjunta ante diversas condiciones naturales que los afectan.

Cabe enfatizar que Isla Metalqui e Isla Guamblin cuentan actualmente con protección por parte del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, ya que forman parte del Parque Nacional Chiloé y Parque Nacional Isla Guamblin, respectivamente. Esta figura define al área geográfica como un territorio extenso, donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país, no alterada significativamente por la acción humana. Siendo particularmente Isla Metalqui catalogada como la colonia de LMS más grande del país (Pizarro 2016). Si bien es un aporte desde el punto de vista de conservación de la especie, este estudio revela la necesidad de ampliar el rango de las medidas, ya que las cinco principales loberías reproductivas del sur de Chile, plantean un dinamismo poblacional similar en aspectos reproductivos y sociales.

Planteamiento anterior también avalado por literatura científica, que estima la natalidad de la especie dentro de estas cinco loberías reproductivas en torno a un 85%, para el caso de los animales de Chile Austral (Oliva *et al.* 2012), y concentrando además el 34% de las crías nacidas en todo el territorio nacional. Siendo la tasa de natalidad para cada una de ellas, de 5% (Isla Doña Sebastiana), 100% (Isla Metalqui), 54% (Punta Chaiguaco), 87% (Isla Guafo) y de 98% (Isla Guamblin) (Pizarro 2016).

Tras los antecedentes expuestos, se corrobora la hipótesis de que la estructura poblacional de Punta Chaiguaco es representativa de las principales colonias reproductivas de Chile Austral, llegando a dilucidar que el área de estudio concentra un número considerable de animales de la zona sur austral, inmediatamente tras Isla Metalqui e Isla Guamblin.

CONCLUSIONES

La abundancia poblacional de *O. byronia* en la lobería de Punta Chaiguaco, ha aumentado progresivamente en cuanto a la categoría hembras, y mostrado una tendencia a la estabilidad en cuanto a crías, durante los censos realizados en los años 2012, 2013 y 2016; cosa corroborada tras observar los datos de los censos de verano de los años 1998 y 2007.

La presencia de cuatro hábitats o categorías de terreno en la lobería de estudio (Terraza Lisa, Terraza Inclinada, Plataforma Rocosa Lisa en Altura y Plataforma Rocosa Rugosa en Altura), define que las unidades reproductivas (UR) varíen su estructura poblacional en respuesta a diversos factores biológicos y ambientales.

En 2012 la presencia de machos subadultos como consecuencia del sobrevuelo efectuado en abril, determina la diferencia en la proporción de animales por hábitat y longitudes de los mismos; concluyendo que machos subadultos establecen territorios en la fase post-reproductiva principalmente en las Plataformas en Altura.

En 2013 las condiciones regulares, como la fecha del sobrevuelo realizado a mediados de febrero y también las variables oceanográficas estudiadas, propician la distribución homogénea de animales y tallas de los mismos en los diversos hábitats.

En 2016, el intenso fenómeno ENOS acontecido en la costa Pacífica, sugiere la dispersión de los animales más grandes y sus respectivas unidades reproductivas hacia la costa, lo que tiene su explicación en las estrategias termorregulatorias propias de los mamíferos. Siendo los fenómenos oceanográficos determinantes en la composición poblacional de una colonia.

Se determinó la representatividad de la colonia de Punta Chaiguaco a partir de su estructura poblacional, llegando a concluir similitud entre las principales colonias reproductivas de *O. byronia* en Chile Austral. Determinando que Isla Metalqui, Isla Guamblin y Punta Chaiguaco, sobresalen como las loberías con la más probable representación de animales conformando UR, debido a la estructura poblacional analizada para 2013. Siendo un parámetro a considerar para establecer medidas de conservación en esta zona geográfica tan dinámica.

PROYECCIONES

En octubre de 2016, cuatro cámaras trampa fueron instaladas en puntos específicos de Punta Chaiguaco; dos de ellas barriendo el hábitat RPRT (Plataforma Rocosa Rugosa en Altura), otra apuntando al hábitat RP (Plataforma Rocosa Lisa en Altura) y finalmente la última capturando en el hábitat IT y LT (Terraza Inclinada y Terraza Lisa). Cabe recalcar que los disparos fotográficos fueron programados cada 3 horas (solo con luz natural); de este modo, por cámara se contará con 5 fotos diarias por aproximadamente un año.

El objetivo de dicha metodología de captura fotográfica, es realizar un seguimiento anual a los individuos de la colonia. De este modo, podremos analizar de manera más prolongada la dinámica de formación de unidades reproductivas, durante toda la temporada reproductiva, la que debiese partir según la literatura analizada, durante los meses de octubre-noviembre (Gallardo 1973) y/o noviembre-diciembre (Vaz-Ferreira 1975).

La colonización de nuevos territorios podrá entonces ser evaluada de un modo más preciso; para determinar como la temporalidad regula la proporción de animales por hábitat, hembras específicas por unidad reproductiva o categoría de macho que coloniza territorios específicos, entre otras variables.

Durante el mismo procedimiento anterior, se realizó la colecta de fecas en la zona de interés. Así se determinará la composición de dieta, principalmente a través del análisis de otolitos presentes en las heces de los animales. Esto en un futuro, podría llegar a ser contrastado con análisis de isótopos estables como también análisis de ácidos grasos; para concluir de un modo más robusto si los animales que habitan la colonia, difieren en cuanto a hábitos de dieta en comparación por ejemplo, a individuos de alguna de las otras colonias reproductivas de Chile Austral.

LITERATURA CITADA

- Artico, L. D. O., Bianchini, A., Grubel, K. S., Monteiro, D. D. S., Estima, S. C., De Oliveira, L. R., Bonatto, S.L. & Marins, L. F. (2010). Mitochondrial control region haplotypes of the South American sea lion *Otaria flavescens* (Shaw, 1800). *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 43(9), 816-820.
- Bartholomew, G.A. (1970). A model for the evolution of pinniped polygyny. *Evolution*, 546-559.
- Barton, J. R., & Fløysand, A. (2010). The political ecology of Chilean salmon aquaculture, 1982–2010: A trajectory from economic development to global sustainability. *Global Environmental Change*, 20(4), 739-752.
- Beck, C. A., Rea, L. D., Iverson, S. J., Kennish, J. M., Pitcher, K. W., & Fadely, B. S. (2007). Blubber fatty acid profiles reveal regional, seasonal, age-class and sex differences in the diet of young Steller sea lions in Alaska. *Marine Ecology Progress Series*, 338, 269-280.
- Bernal, P., Blanco, J.L., Campos, M., Durán, L.R., Ferrada, S., Guzmán, L., Jaramillo, E., & Oliva, D. Comunicado Sociedad Chilena de Ciencias del Mar. Viña del Mar, 8 de Mayo de 2016, Chile. *Aqua noticias*.
- Berta, A., Sumich, J. L., & Kovacs, K. M. (2005). *Marine mammals: evolutionary biology*. Academic Press. 27-47.
- Campagna, C., Werner, R., Karesh, W., Marin, M.R., Koontz, F., Cook, R. & Koontz, C. (2001). Movements and location at sea of South American sea lions (*Otaria flavescens*). *Journal of Zoology*, 257, 205–220.

- Campagna, C. & LeBoeuf, B. (1988). Reproductive behavior of southern sea lions. *Behaviour*, 104, 233–261.
- Campagna, C. (1985). The breeding cycle of the southern sea lion, *Otaria byronia*. *Marine Mammal Science*, 1, 210–218.
- Cappozzo, H. L., & Perrin, W. F. (2009). South American sea lion *Otaria flavescens*. *Encyclopedia of marine mammals, 2nd ed. Elsevier, Amsterdam*, 10, 1076-1079.
- Cárdenas-Alayza, S., Crespo, E., & Oliveira, L. (2016). *Otaria byronia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T41665A61948292. Descargado el 24 de Julio del 2016.
- Carrara, I. S. (1952). Lobos marinos, pingüinos de la costa del litoral marítimo e islas adyacentes de la República Argentina. Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de higiene e Industrias, Publicación Especial: 191 pp.
- Committee on Taxonomy. 2016. List of marine mammal species and subspecies., www.marinemammalscience.org, consulted on [06.04.2016].*
- Dans, S. L., Sielfeld, W., Aguayo, A., Giardino, G., & Mandiola, M. A. (2012). Estado y tendencia de las poblaciones, pp. 18-35. En Crespo, E. A., Oliva, D., Dans, S. L., & Sepúlveda, M. (Eds.). Estado de situación del lobo marino común en su área de distribución. Editorial Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile. 144p.
- Drago, M., Cardona, L., Crespo, E. A., García, N., Ameghino, S., & Aguilar, A. (2010). Change in the foraging strategy of female South American sea lions (Carnivora: Pinnipedia) after parturition. *Scientia Marina*, 74(3), 589-598.

- Drago, M., Franco-Trecu, V., Zenteno, L., Szteren, D., Crespo, E. A., Riet-Sapriza, F. G., Oliveira, L. R., Machado, R., Inchausti, P., & Cardona, L. (2015). Sexual foraging segregation in South American sea lions increases during the pre-breeding period in the Río de la Plata plume. *Marine Ecology Progress Series*, 525, 261-272.
- Feijoo, M., Lessa, E. P., De Castro, R. L., & Crespo, E. A. (2011). Mitochondrial and microsatellite assessment of population structure of South American sea lion (*Otaria flavescens*) in the Southwestern Atlantic Ocean. *Marine biology*, 158(8), 1857-1867.
- Franco-Trecu, V., Costa, P., Schramm, Y., Tassino, B., & Inchausti, P. (2014). Sex on the rocks: breeding tactics and reproductive success of the for South American fur seal males. *Behavioral Ecology*, 25, 1513-1523.
- Franco-Trecu, V., Costa-Urrutia, P., Schramm, Y., Tassino, B., & Inchausti, P. (2015). Tide line versus internal pools: mating system and breeding success of South American sea lion males. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 69(12), 1985-1996.
- Fry, B. (2007). *Stable isotope ecology*, pp. 1-37, 81-86. Editorial Springer Science & Business Media. 307 pp.
- Gallardo, J. M. (1973). Los Pinnipedios: Su comportamiento social y el origen de los Otáridos y los Fócidos del Atlántico Sur y del Antártico. *Ciencia e Investigación T.* 29 Enero-Febrero, Buenos Aires.
- Gatica, C., Quiñones, R. A., Figueroa, D., Wiff, R., Navarro, E., & Donoso, M. (2009). Asociación entre la Corriente de Deriva de los Vientos del Oeste y la abundancia relativa del pez espada (*Xiphias gladius*) frente a la costa de Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37(1), 97-105.

- George-Nascimento, M., Bustamante, R., & Oyarzun, C. (1985). Feeding ecology of the South American sea lion *Otaria flavescens*: Food contents and food selectivity. *Marine ecology progress series. Oldendorf*, 21(1), 135-143.
- Grandi, M. F., Dans, S. L., & Crespo, E. A. (2016). Improvement in Survivorship: The Key for population Recovery? *Zoological Studies*, 55(9).
- Guerrero, A. I., & Rogers, T. L. (2016). From land to water: the thermoregulatory role of fatty acids in the mammalian fat tissue (Paper en revisión).
- Hamilton, J. (1934). The southern sea lion *Otaria byronia* (de Blainville). *Discovery Reports*, Cambridge, 8: 269-318.
- Hoelzel, A. R., Goldsworthy, S. D., & Fleischer, R. C. (2002). Population genetic structure. *Marine mammal biology: an evolutionary approach*, 325-352.
- Hückstädt, L. A., Rojas, C. P., & Antezana, T. (2007). Stable isotope analysis reveals pelagic foraging by the Southern sea lion in central Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 347(1), 123-133.
- Hutchinson, G. E. (1957). Cold spring harbor symposium on quantitative biology. *Concluding remarks*, 22, 415-427.
- King, J. E. (1954). *The otariid seals of the Pacific Coast of America*. British Museum (Natural History). Reino Unido. *Trustees of the British Museum*.
- King, J. E. (1983). *Seals of the world*. Cambridge University Press. 240 pp.
- Körner, A. M. E. (Ed.). (1998). *Manual de Geografía de Chile*. Editorial Andrés Bello. pp. 118-120.

- Lambert, A., Meynier, L., Donaldson, L. C., Roe, W. D., & Morel, P. C. (2013). Body regional distribution and stratification of fatty acids in the blubber of New Zealand sea lions: implications for diet predictions. *Journal of Comparative Physiology B*, 183(1), 145-156.
- Leth, O., & Shaffer, G. (2001). A numerical study of the seasonal variability in the circulation off central Chile. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 106(C10), 22229-22248.
- Montgomery, R. A., Ver Hoef, J. M., & Boveng, P. L. (2007). Spatial modeling of haul-out site use by harbor seals in Cook Inlet, Alaska. *Marine Ecology Progress Series*, 341, 257-264.
- Muñoz, L., Pavez, G., Quiñones, R. A., Oliva, D., Santos, M., & Sepúlveda, M. (2013). Diet plasticity of the South American sea lion in Chile: stable isotope evidence. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(3), 613-622.
- Newsome, S. D., Martinez del Rio, C., Bearhop, S., & Phillips, D. L. (2007). A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(8), 429-436.
- Oliva, D. (1983). Trofofodinámica y circarritmos de actividad en el lobo marino común *Otaria byronia*, en Chile central. Tesis para optar al grado de Licenciado en Biología. Universidad de Chile, Valparaíso. 115pp.
- Oliva, D. (1988). *Otaria byronia* (de Blainville, 1820), the valid scientific name for the southern sea lion (Carnivora: Otariidae). *Journal of Natural History* 22(3): 767-772.
- Oliva, D., Sielfeld W., Buscaglia, M., Matamala, M., Moraga, R., Pavés, H., Pérez, M.J., Schrader, D., Sepúlveda, M. y Urra, A. (2008). Plan de acción para disminuir y mitigar los efectos de las interacciones del lobo marino común (*Otaria byronia*) con

las actividades de pesca y acuicultura de la X y XI Región. Informe final proyecto FIP. 2006-34. 75 pp.

Oliva, D., M. Sepúlveda, L. R. Durán, A. Urra, W. Sielfeld, R. Moraga, G. Pavés & L. Muñoz. (2012). Cuantificación poblacional de lobos marinos en las Regiones X –XI y propuesta de escenarios de manejo. Informe Final Proyecto FAP ID 4728-46-LP11, 100 pp. + Anexos.

Oporto, J., Brieba, L., Navarro, R., Turner, A. (1999). Cuantificación poblacional de lobos marinos en la X y XI regiones. Proyecto FIP 97-44.

Parker, P., & Maniscalco, J. M. (2014). A long-term study reveals multiple reproductive behavior strategies among territorial adult male Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*). *Canadian Journal of Zoology*, 92(5), 405-415.

Pavés, H. J., Schlatter, R. P., & Espinoza, C. I. (2005). Patrones reproductivos del lobo marino común, *Otaria flavescens* (Shaw 1800), en el centro-sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 78(4), 673-686.

Pizarro, M. (2016). Tendencia de la abundancia del lobo marino común, *Otaria byronia*, en la costa de Chile. Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile. 142 pp.

Riet-Sapriza, F. G., Costa, D. P., Franco-Trecu, V., Marín, Y., Chocca, J., González, B., Beathyate, G., Chilvers, B. L., & Hückstadt, L. A. (2013). Foraging behavior of lactating South American sea lions (*Otaria flavescens*) and spatial–temporal resource overlap with the Uruguayan fisheries. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 88, 106-119.

- Scheffer, V. B. (1958). Seals, Sea lions and walruses: a review of the pinnipeda. Stanford University Press. 180 pp.
- Sepúlveda, M., Oliva, D. P., & Palma, F. J. (2001). Daily and annual circarhythms activity in the South American sea lion. *Otaria flavescens*, *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 181-187.
- Sepúlveda, M., Newsome, S. D., Pavez, G., Oliva, D., Costa, D. P., & Hückstädt, L. A. (2015). Using Satellite Tracking and Isotopic Information to Characterize the Impact of South American Sea Lions on Salmonid Aquaculture in Southern Chile. *PloS one*, 10(8), e0134926.
- Sokal, R.R., & Rohlf, F.J. (2011). Biometry: The principles and practice of statistics in biological research, pp. 703-714,739-754. Editorial W.H. Freeman and Company, New York. 937 pp.
- Tollit, D. J., Pierce, G. J., Hobson, K. A., Bowen, W. D., & Iverson, S. J. (2010). Diet, pp. 191-221. En Boyd, I. L., Bowen, W. D., & Iverson, S. J., (Eds.). Marine mammal ecology and conservation: a handbook of techniques, Oxford University Press, Oxford. 449 pp.
- Vaz-Ferreira, R. (1965). Comportamiento antisocial en machos sub-adultos de *Otaria byronia* (de Blainville), ("lobo marino de un pelo"). *Revista Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad de la República*, Montevideo, N°22, 203-207.
- Vaz-Ferreira, R. (1975). Behavior of the Southern sea lion, *Otaria flavescens* (Shaw) in the Uruguayan Islands. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions. Conseil International pour Exploration de la Mer*, 169, 219-227.

- Vaz-Ferreira, R., & Palerm, E. (1961). Efectos de los cambios meteorológicos sobre agrupaciones terrestres de Pinnipedios. *Revista Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad de la República*, Montevideo, N°19, 281-293.
- Vaz-Ferreira, R., & Sierra, B. (1961). Estructura de una agrupación social reproductora de *Otaria byronia* (de Blainville), representación gráfica. *Revista Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad de la República*, Montevideo, N°19, 253-60.
- Vaz-Ferreira, R., & Achaval, F. (1979). Relación y reconocimiento materno - filial en *Otaria flavescens* (Shaw) "Lobo de un pelo", y reacciones de los machos subadultos ante los cachorros. *Acta Zoológica Lilloana*, 35(1), 295-301.
- Vaz-Ferreira, R., Vallejo, S., & Huertas, M. D. (1983). Estudios comparativos de los etogramas de *Otaria flavescens*, *Arctocephalus australis* y otros Otariídeos (Mammalia). *Revista Brasileira de Zoologia*, 2(3), 171-180.
- Velásquez, C., Jaramillo, E., Camus, P.A., Manzano M., & Sánchez, R. (2016). Biota del intermareal rocoso expuesto de la Isla Grande de Chiloé, Archipiélago de Chiloé, Chile: Patrones de diversidad e implicancias ecológicas y biogeográficas. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(1), 33-50.
- Walton, A. I. (2008). Mamíferos de Chile. pp. 21-30, 65-420. Ediciones Lynx. 420 pp.
- Waters, J. M. (2008). Driven by the West Wind Drift? A synthesis of southern temperate marine biogeography, with new directions for dispersalism. *Journal of Biogeography*, 35(3), 417-427.
- Wyllie-Echeverria, T. I. N. A., & Wooster, W. S. (1998). Year to year variations in Bering Sea ice cover and some consequences for fish distributions. *Fisheries Oceanography*, 7(2), 159-170.

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

ANEXOS

Análisis de Componentes Principales ejecutado en Minitab17.

Principal Component Analysis: N°Hembras; N°Crías; Nivel UR; Tipo de Plataforma; TSM (T°); Altura Marea, Long. Máx UR; Macho S.; Hembras S.; Total Animales.

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	3.5619	2.1749	1.9092	0.9029	0.6592	0.3178	0.2402	0.1651	0.0688	-0.0000
Proportion	0.356	0.217	0.191	0.090	0.066	0.032	0.024	0.017	0.007	-0.000
Cumulative	0.356	0.574	0.765	0.855	0.921	0.953	0.977	0.993	1.000	1.000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
N°Hembras	0.070	0.539	-0.205	-0.351	-0.266	0.154	0.641	0.184
N°Crías	-0.023	0.455	0.336	-0.242	0.550	-0.427	0.032	-0.367
Nivel UR	-0.236	0.008	-0.617	-0.041	0.191	-0.208	-0.085	-0.043
Tipo de Plataforma	-0.259	-0.007	-0.602	-0.033	0.219	-0.050	-0.023	-0.087
TSM (T°)	0.411	-0.271	-0.109	-0.480	0.067	0.060	-0.067	-0.120
Altura Marea	-0.423	0.264	0.117	0.444	-0.050	-0.045	0.052	0.150
Longitud Máx UR	0.162	0.552	-0.122	-0.085	-0.358	0.038	-0.718	-0.022
Macho Longitud S.	0.464	0.033	-0.103	0.194	0.156	-0.532	0.004	0.649
Promedio Longitud S. Hembras	0.348	0.230	-0.114	0.348	0.543	0.626	-0.008	0.009
Total de Animales	0.401	0.027	-0.194	0.471	-0.297	-0.258	0.242	-0.603

Variable	PC9	PC10
N°Hembras	-0.023	0.000
N°Crías	0.027	-0.000
Nivel UR	-0.687	0.000
Tipo de Plataforma	0.715	-0.000
TSM (T°)	-0.001	-0.699
Altura Marea	0.001	-0.715
Longitud Máx UR	0.044	0.000
Macho Longitud S.	0.086	0.000
Promedio Longitud S. Hembras	-0.073	0.000
Total de Animales	0.012	-0.038

Tesis
Abril 2017