

Seminario de Licenciatura en Ciencias Biológicas



Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud

Departamento de Biología y Ambiente



**DINÁMICA DEL APOSTADERO DE *Otaria flavescens* EN
EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA PUNTA MARQUÉS,
CHUBUT: CENSOS MEDIANTE VEHÍCULOS AÉREOS NO
TRIPULADOS**

Alumna: Melina B. Paez

Director: Dr. Mariano A. Coscarella

Co-director: Lic. Marina G. Riera

Asesor: Lic. Marina G. Riera

2022

1

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	7
Relevancia del trabajo.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos	12
Hipótesis y predicciones	13
METODOLOGÍA	14
Área de estudio.....	14
Metodología de muestreo	15
Método de muestreo mediante censos terrestre (método convencional)	17
Método de muestreo mediante censos aéreos (VANT)	18
Clasificación de <i>Otaria flavescens</i> en base a su grupo etario	19
Análisis de fotografías.....	24
Análisis de los datos.....	26
Análisis del cambio en la estructura del apostadero	27
RESULTADOS.....	28
Modelos aditivos generalizados.....	30
Total de animales.....	31
Crías.....	34
Hembras y Juveniles.....	36
Machos Adultos	39
Machos Sub-adultos.....	39
Corrección de los valores de los censos realizados durante el período 2014-2019.....	42
Cambios en la composición de la estructura del apostadero	46
DISCUSIÓN	48
CONCLUSIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXO	63

Lista de Figuras

Figura 1. Área de estudio en la zona central del Golfo San Jorge (amarillo) (izquierda), y vista satelital del ANP Punta Marqués (derecha).	14
Figura 2. Características geomorfológicas en el ANP Punta Marqués tomado de Jones y Martínez (2018). En amarillo se muestra la extensión de la colonia de lobos marinos de un pelo al pie del acantilado.15	
Figura 3. (A) Imagen satelital indicando la ubicación geográfica de las nueve plataformas (triángulos celestes) en el ANP Punta Marqués. Del 1 al 9 se observan las correspondientes plataformas y sus coordenadas geográficas, a través de imágenes panorámicas tomadas desde el acantilado.	16
Figura 4. Ubicación geográfica de los puntos de censos terrestres (1 al 8) en el ANP Punta Marqués.	17
Figura 5. Aterrizaje posicionando el VANT al alcance del auxiliar, manejado por el piloto.	18
Figura 6. Vista de los lobos marinos mediante el censo aéreo (fotografía tomada por el VANT)....	19
Figura 7. Macho adulto.	20
Figura 8. Macho Sub-adulto tipo III.....	21
Figura 9. Macho Sub-adulto tipo II.....	21
Figura 10. Macho Sub-adulto tipo I.....	22
Figura 11. Hembra adulta.	22
Figura 12. Grupo de juveniles.	23
Figura 13. Crías recién nacidas (mes de enero).	23
Figura 14. Cría de cuatro meses de edad (mes de mayo) y hembra adulta.	24
Figura 15. Ejemplo de Imágenes empalmadas utilizando el software Hugin correspondiente a la plataforma 4 para el censo terrestre (A) y para el censo aéreo (B).....	25
Figura 16. Categorización y conteo de individuos utilizando el programa Image J. En rojo se marca la categoría crías; en amarillo a las hembras y juveniles y en azul los machos adultos.....	25
Figura 17. Abundancia total de lobos marinos contados mediante el método convencional (cámara) y VANT (drone) en función de las plataformas desde agosto 2019 a octubre 2020.....	29
Figura 18. Boxplot del número de lobos marinos (Abundancia) en función del método convencional (cámara) y VANT (drone) para cada grupo etario: Crías (C), Hembras y juveniles (HyJ), Machos adultos (MA) y Machos Sub-adultos (MSA).....	30
Figura 19. Autocorrelación entre los conteos obtenidos para los censos realizados en la colonia del ANP Punta Marqués. La función de autocorrelación indica la inexistencia de una correlación temporal entre las distintas fechas de muestreo.....	31
Figura 20. Relación no lineal entre la Fecha y el número de lobos contados con el VANT.	32
Figura 21. Modelo predictivo seleccionado para el total de lobos en el apostadero sin discriminar por categoría. Los puntos son las observaciones realizadas y las curvas son la representación del modelo con su intervalo de confianza del 95%. Cada panel representa la predicción para cada una de las plataformas censadas (ver Métodos).....	33

Figura 22. Relación no lineal entre la Fecha y el número de crías contados con el VANT.	35
Figura 23. Modelo predictivo seleccionado para las crías en el apostadero. Los puntos son las observaciones realizadas y las curvas son la representación del modelo con su intervalo de confianza del 95%. Cada panel representa la predicción para cada una de las plataformas censadas (ver Métodos).	36
Figura 24. Relación no lineal entre la Fecha y el número de Hembras y Juveniles contados con el VANT.	38
Figura 25. Modelo predictivo seleccionado para los individuos Hembras y Juveniles en el apostadero. Los puntos son las observaciones realizadas y las curvas son la representación del modelo con su intervalo de confianza del 95%. Cada panel representa la predicción para cada una de las plataformas censadas (ver Métodos).....	39
Figura 26. Relación no lineal entre la Fecha y el número de Machos Sub-adultos contados con el VANT.	41
Figura 27. Modelo predictivo seleccionado para los Machos Sub-adultos en el apostadero. Los puntos son las observaciones realizadas y las curvas son la representación del modelo con su intervalo de confianza del 95%. Cada panel representa la predicción para cada una de las plataformas censadas y el número de Hembras y Juveniles contados en el censo del mismo día (ver Métodos).	42
Figura 28. Predicción de las abundancias para el período 2014 – 2019 a partir de los conteos mediante el método convencional (cámara) para cada plataforma censada.	43
Figura 29. Predicción de las abundancias para el período 2014 – 2019 a partir de los conteos mediante el método convencional (cámara) para cada plataforma censada a partir del ajuste del Modelo Lineal Generalizado.	45
Figura 30. Panel superior, número promedio del total de animales censados por Reyes (1990) durante los años 1986 y 1987. Panel inferior, número promedio del total de animales censados durante este trabajo (2014/2020). Nótese que la cantidad de animales se incrementó aproximadamente 10 veces.	47

Lista de Tablas

Tabla 1. Resumen estadístico de la Prueba de Wilcoxon para los conteos totales y para cada categoría etaria.	30
Tabla 2. Estructura de modelos planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).....	32
Tabla 3. Estimación de los parámetros del modelo seleccionado, que incluye a las variables Cámara y Fecha sin estructura de autocorrelación y homogeneidad de varianzas (Tabla 2).....	33
Tabla 4. Estructura de modelos planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).....	34
Tabla 5. Estimación de los parámetros del modelo seleccionado, que incluye a las variables Cámara y Fecha sin estructura de autocorrelación y homogeneidad de varianzas (Tabla 4).....	35

Tabla 6. Estructura de modelos planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).....	37
Tabla 7. Estimación de los parámetros del modelo seleccionado, que incluye a las variables Cámara, Plataforma y Fecha sin estructura de autocorrelación y homogeneidad de varianzas (Tabla 6).....	38
Tabla 8. Estructura de modelos planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).....	40
Tabla 9. Estimación de los parámetros del modelo seleccionado, que incluye a las variables Cámara, Marea y Fecha sin estructura de autocorrelación, con heterogeneidad de varianza por plataforma y por mes (Tabla 8).	41
Tabla 10. Estructura de modelos lineales planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).	44
Tabla 11. Estimación de los parámetros de modelo lineal seleccionado que incluye a las variables Cámara, Plataforma y Mes de muestreo.	44
Tabla 12. Número total (N) de crías nacidas en el apostadero durante el mes de enero descriptos para el período 1986-1988 y el presente estudio (2014-2020) mediante el método convencional.....	46

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a mis directores, el Dr. Mariano Coscarella y a la Lic. Marina Riera por todo el esfuerzo, compromiso y dedicación con el que me han acompañado en este proceso de aprendizaje y finalización de mi carrera. A Marina quien además ha sido mi tutora e impulsora en distintos proyectos en los que he participado y he podido depositar mi confianza no solo en lo profesional sino en lo personal, y de quien me llevo una gran amistad y momentos de aventuras.

A las instituciones “Universidad Nacional de Buenos Aires” y en particular a la “Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud (sede Comodoro Rivadavia)”, que han sido parte de mi formación y experiencia académica. A Nicolas Sueyro por las sugerencias y los aportes realizados. A la Municipalidad de Rada Tilly por el espacio, apoyo y equipamiento brindando para que este trabajo haya sido posible y en especial a mis compañeros del Área Natural Protegida Punta Marqués, con quienes he compartido gran parte de mi trabajo y momentos de amistad, en especial a mi colega y amigo Daniel Lucchetti por cada censo compartido y por cada vuelo realizado.

A todos los amigos que he conocido en este largo camino y han sido una parte fundamental de mi historia. A mi familia, a mi padres, hermana y sobrinos, por el apoyo incondicional, por confiar en mí y enseñarme que todo es posible. A mi compañero Agustín, por estar a mi lado aprendiendo lo que me gusta y por mostrarme que en cada cambio hay un nuevo comienzo!

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes técnicas de monitoreo para estimar la tendencia y dinámica poblacional de la fauna silvestre, que pueden ser aplicadas a distintos taxones (Thompson et al. 1998). En mamíferos, las más utilizadas se basan en métodos directos (conteo de animales observados) empleando técnicas de conteo totales, conteos de sitios reproductivos, censo de punto fijo, transectos de líneas y de ancho fijo, trampas, captura-recaptura (Wade & Gerrodette 1993; Block et al. 2011; Martella et al. 2012; Giardino et al. 2013; Booth et al. 2020; Grandi et al. 2021); o mediante métodos indirectos (rastros que los animales dejan en su medio ambiente) que implica el registro de heces, huellas, madrigueras (Martella et al. 2012). Sin embargo, el uso de métodos de monitoreos convencionales suelen ser costosos, lentos y difíciles de implementar, especialmente en especies que ocupan rangos de distribución amplios y de difícil acceso y con patrones de movimientos y comportamientos complejos (Chabot & Bird 2015; Hodgson et al. 2017; McIntosh et al. 2018; Verfuss et al. 2019; Booth et al. 2020). Por ejemplo, en el estudio de pinnípedos los métodos directos generalmente se llevan a cabo desde tierra, a bordo de embarcaciones o mediante el uso de aeronaves tripuladas (sobrevuelos) (Crespo & Pedraza 1991; Reyes et al. 1996; Dans et al. 2004; Sepúlveda et al. 2011; Contreras et al. 2014; Aniceto et al. 2018; Rueda et al. 2020; Grandi et al. 2021). Si bien suelen utilizarse embarcaciones para la estimación de abundancia en zonas donde el acceso desde tierra o sobrevuelo son complejos o inaccesibles (Sepúlveda et al. 2009, 2011; Contreras et al. 2014), estas requieren de tiempo, son costosas (Aniceto et al. 2018) y pueden subestimar la abundancia (Bartheld et al. 2008). Las observaciones desde tierra resultan ser un método económico para la estimación, pero requiere personal para cubrir extensas áreas y hacer conteos simultáneos, a fin de minimizar errores de muestreo y en muchas ocasiones resulta difícil acceder a los sitios de muestreo (Contreras et al. 2014). Por otro lado, las observaciones aéreas tienen el potencial de cubrir extensas áreas en poco tiempo, pero requieren mayor logística, costo, pueden verse limitadas por regulaciones de vuelo y adicionalmente involucran un mayor riesgo humano (Aniceto et al. 2018).

Independientemente del método utilizado, el seguimiento de la fauna marina puede realizarse mediante observaciones humanas directa o mediante imágenes y videos. Una ventaja de los conteos directos en campo es que permiten la obtención de los resultados en el momento, ya que no se necesita procesar fotografías para su posterior conteo; pero se requiere de personal capacitado, por ejemplo, en la identificación de especies (Contreras et al. 2014). Los conteos a partir de fotografías, en cambio, permiten procesar las mismas con mayor detenimiento y precisión (Sepúlveda et al. 2011; Aniceto et al. 2018); más precisamente las fotografías aéreas han resultado ser una metodología más eficiente, y

permite detectar animales que los otros métodos no lograrían predecir (Koski et al. 2009, 2013; Watts & Perry 2010).

En los últimos años con el desarrollo de nuevas tecnologías, los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o drones están siendo una alternativa en el estudio de la abundancia y distribución frente a los métodos convencionales (Verfuss et al. 2019; McIntosh et al. 2018; Raoult et al. 2020) ya que son relativamente económicos y los riesgos tanto para humanos como para la fauna son casi inexistentes (Fernández 2016; Fernández et al. 2017; Mandujano et al. 2017; Aniceto et al. 2018; Verfuss et al. 2019; Raoult et al. 2020; Rueda et al. 2020). Los VANT pueden tomar fotografías de alta resolución a poca altura (entre 8 y 30 m), cada conteo puede ser asociado a una coordenada geográfica precisa, su portabilidad permite monitorear zonas aisladas, y la revisión de las fotografías puede ser corroborada las veces que sea necesario (Koski et al. 2013; Fernández 2016; Mandujano et al. 2017; Aniceto et al. 2018; Raoult et al. 2020; Rueda et al. 2020).

Si bien pocos estudios han utilizado métodos de muestreos comparativos en forma simultánea, para establecer los errores de cada uno y con ellos poder corregir las estimaciones poblacionales (Sepúlveda et al. 2016), estudios realizados en otáridos (*Otaria flavescens* y *Zalophus californianus*), indicaron que la técnica alternativa empleando VANT resultó ser eficiente, con respecto a la técnica convencional desde una embarcación y desde tierra (Fernández 2016; Sepúlveda et al. 2016; Rueda et al. 2020). Sin embargo, las variaciones de abundancia entre ambos métodos difieren de acuerdo con la clase de edad/sexo y al mes de muestreo (Fernández 2016; Sepúlveda et al. 2016).

En este trabajo se utilizó el lobo marino de un pelo *Otaria flavescens* (orden Carnívora, familia Otariidae) como especie modelo para comparar dos métodos de muestreo, el convencional (censo terrestre) y mediante censos aéreos (VANT). Esta especie es uno de los mamíferos marinos más abundante y ampliamente distribuido en Sudamérica, desde Torres (29.33 °S, 49.71°W) al sur de Brasil en el Océano Atlántico, hasta Zorritos (4°S), al norte de Perú en el Océano Pacífico (Vaz-Ferreira 1982; Cappozzo & Perrin 2009). Si bien su nombre vulgar varía de acuerdo con su ubicación geográfica (otario de la Patagonia, lobo marino chusco, lobo marino de un pelo, león marino del sur, león marino sudamericano) (Cappozzo & Perrin 2009) y su nombre científico ha estado en discusión, es la única especie que pertenece al género *Otaria*, definiéndose como *Otaria flavescens* (Shaw 1800) en toda su área de distribución (Crespo 1988; Rodríguez & Bastida 1993; Cappozzo & Perrin 2009; Lucero et al. 2019).

En el litoral marítimo argentino, el lobo marino de un pelo se encuentra ocupando grandes extensiones naturales registrándose en más de 120 colonias continentales e insulares las cuales fueron descritas como colonias reproductivas o no reproductivas (Lewis & Ximénez 1983; Reyes et al. 1999; Dans et al. 2012). De acuerdo al tiempo que ocupan los apostaderos, éstos se clasifican en: permanentes, ocasionales o estacionales observándose migraciones entre colonias al menos en el norte de la Patagonia Argentina (41– 43°S) (Lewis & Ximénez 1983; Crespo 1988; Crespo & Pedraza 1991; Reyes et al. 1999; Grandi et al. 2008). También se han observado desplazamientos de individuos machos de la provincia de Buenos Aires hacia zonas reproductivas al norte (Isla de Lobos y Las Pipas, Uruguay) y al sur (Punta Bermeja en Río Negro y Península Valdés) (Feijoo et al. 2011; Giardino et al. 2016).

Al igual que todos los otáridos, los lobos marinos de un pelo presentan un marcado dimorfismo sexual, siendo los machos adultos de mayor tamaño corporal que las hembras; además presentan una coloración oscura y mayor desarrollo craneal acompañado de una densa melena que le da su característica fisionomía leonina (Cappozzo et al. 1991; Cappozzo & Perrin 2009). Este dimorfismo se pone de manifiesto a temprana edad, pudiéndose clasificar a los individuos en machos adultos, machos sub-adultos, hembras, juveniles y crías (Crespo 1988; Reyes 1990; Cappozzo et al. 1991; Crespo & Pedraza 1991).

La temporada reproductiva tiene lugar durante el verano austral, comenzando a mediados de diciembre y finalizando a mediados de febrero. El sistema de apareamiento es poligínico, con un macho adulto defendiendo un territorio en el que se asientan las hembras con las que copula, constituyendo lo que se denomina harén (Campagna & Le Boeuf 1987). Sin embargo, el tipo de estrategia reproductiva dependerá de la topografía del área. Si es homogénea, dirigirá sus esfuerzos hacia la posesión del mayor número de hembras, o si es heterogénea, competirá por la territorialidad de piletones o áreas de sombra (Campagna & Le Boeuf 1987). Durante este período, se observa una marcada organización social, conformada por un área de reproducción central densamente poblada, disminuyendo hacia la periferia con la presencia de machos juveniles y sub-adultos que no forman harenes, manifestándose comportamientos agonísticos que incluyen el raptó de hembras o crías (Campagna et al. 1988a,b).

Los primeros en llegar a las áreas reproductivas son los machos adultos, y unas semanas después arriban las hembras que paren un solo cachorro, luego de un período de gestación de casi 12 meses (Campagna 1985; Cappozzo 1995). A los pocos días de producido el parto, las hembras entran en estro y se produce el apareamiento post-parto (Campagna & Le Boeuf 1987). A partir de este momento, las hembras inician viajes de alimentación al mar con una duración media de tres días, alternados con periodos de lactancia en tierra por un tiempo similar (Campagna & Le Boeuf 1987).

Es posible observar, por lo menos para el norte de la Patagonia, que la mayor densidad de la colonia, el máximo número de cópulas y el mayor porcentaje de nacimientos se registran en la segunda quincena de enero (Campagna 1985). Hacia la segunda quincena de febrero, los primeros en abandonar las áreas de crías son los machos territoriales, dando por finalizada la temporada reproductiva. Sin embargo, la duración de ésta parece aumentar al disminuir la latitud (Campagna 1985).

A principios del siglo XX las poblaciones de *Otaria flavescens* fueron objeto de explotación a lo largo de la costa sudamericana, principalmente para la obtención de piel y grasa (Kirn 1986; Crespo 1988; Crespo & Pedraza 1991). En la costa atlántica argentina, las cacerías llevaron a esta especie casi a la extinción, reduciendo drásticamente su población a menos del 10% de su tamaño original, entre las décadas de 1930 y 1960 (Crespo 1988; Crespo & Pedraza 1991; Dans et al. 2004; Grandi et al. 2015). Las poblaciones ubicadas en el norte de la Patagonia (Península Valdés) y en el sur (Tierra del Fuego) mostraron los niveles más altos de explotación (210.000 y 149.000 individuos respectivamente), mientras que las poblaciones de la provincia de Buenos Aires, centro y sur de la Patagonia tuvieron niveles de explotación significativamente más bajos (34.338, 401 y 39.223 individuos respectivamente) (Crespo 1988; Crespo & Pedraza 1991; Grandi et al. 2015). Sin embargo, en el Paraje "La Lobería" (46° 6'52.36"S), ubicada entre las ciudades de Comodoro Rivadavia y Caleta Olivia, existen registros que superan los 10.000 machos muertos por temporada entre 1923 y 1926, con una estimación de abundancia cercana a los 60.000 individuos (Kirn 1986; Crespo & Pedraza 1991).

Esta especie fue protegida por un Decreto Nacional, la Ley 1.216 (ampliatorio del Dec. 125.258) a partir de 1974, y la recuperación de los apostaderos posterior a su explotación en los Océano Pacífico y Atlántico ha mostrado una notable variación (Dans et al. 2012). En la costa atlántica sudoeste (con excepción de Uruguay), las poblaciones están aumentando rápidamente con una tendencia anual del 5,6% para el stock del norte de la Patagonia (Rio Negro y norte de Chubut entre los 41,03° S; 62,8° O y 43,34° S; 65,05° O), 6% para el stock central (centro y sur de Chubut entre los 43,57° S; 65,23° O y 45,23° S; 66,70° O) y 7,1% para el stock sur (Santa Cruz entre los 46,01° S; 67,59° O y 44,88° S; 68,56° O) (Reyes et al. 1999; Dans et al. 2004, 2012; Paez 2006; Grandi et al. 2008, 2012, 2015; Milano et al. 2020). El estado y la tendencia poblacional en las colonias del norte fue monitoreado con frecuencia (a partir de censos terrestres y aéreos), mientras que el stock del sur sólo presenta información fragmentaria (Reyes et al. 1996; Dans et al. 2012; Grandi et al. 2015). Sin embargo, la estimación poblacional actual para Argentina es superior a los 200.000 animales (Dans et al. 2012; Grandi et al. 2015; Giardino et al. 2017; Romero et al. 2017; Milano et al. 2020), lo que ha llevado a la UICN a clasificar a esta especie como de "preocupación

menor” (LC). Sin embargo, la abundancia actual se encuentra por debajo de los números estimados previos a la explotación (Reyes et al. 1999; Dans et al. 2004; Grandi et al. 2012, 2014; Romero et al. 2017).

Este crecimiento poblacional de *Otaria flavescens*, ha tenido como consecuencia la recolonización de nuevas áreas (Reyes et al. 1999; Grandi et al. 2008, 2015). En el norte de la Patagonia las nuevas colonias se establecieron cercanas a los apostaderos reproductivos tradicionales. El proceso de recolonización se caracteriza por un aumento del número de individuos y posteriormente por una sucesión en la frecuencia relativa de las clases de edad. De esta manera, en un principio solo se observan animales no reproductores. Posteriormente se aparecen las primeras pariciones, conformándose una colonia mixta. Finalmente, las hembras reproductoras son la clase de edad predominante durante la temporada reproductiva y el número de crías aumenta transformándose de sitios no reproductivos a colonias de cría (Grandi et al. 2008). Para el stock central, Archipiélago fueguino y stocks de Malvinas también se registró un aumento en el número de colonias (Reyes et al. 1999; Thompson et al. 2005; Grandi et al. 2008; Milano et al. 2020). Sin embargo, el proceso de recolonización para el stock sur no presentó nuevas colonias de cría, registrándose el mismo número de colonias para toda la costa de Santa Cruz (Grandi et al. 2015).

El Área Natural Protegida Punta Marqués (ANP Punta Marqués), se ubica en el centro del Golfo San Jorge y fue creada en el año 1986. El principal objetivo de creación del ANP fue brindar protección a la colonia de lobos marinos de un pelo ubicada al pie del acantilado, quedando incluida en el sistema de conservación del patrimonio turístico del Chubut (Ley XXIII- N°14, antes Ley 2580). Esta colonia era desconocida por gran parte de la comunidad local, debido, posiblemente a su difícil acceso (Reyes 1990). A partir de censos realizados por Reyes en 1990, el apostadero del ANP Punta Marqués fue caracterizado como una colonia no reproductiva, sin registro de nacimientos ni actividad reproductiva, con aproximadamente un centenar de ejemplares, alcanzando la abundancia máxima hacia el mes de noviembre y mínima entre enero y febrero. Desde entonces y hasta el año 2013 no se realizaron censos en la colonia del ANP Punta Marqués. Información más reciente sugiere que la dinámica de esta lobería se ha modificado en los últimos treinta años (Vilardo et al. 2014; Páez et al. 2017). Estos cambios incluyen un incremento en el número de animales y el registro de nacimientos en la zona. Los factores que determinan el número de lobos que se asientan en la zona de Punta Marqués no han sido explorados anteriormente.

Relevancia del trabajo

Los censos terrestres sistemáticos en la colonia del ANP Punta Marqués comenzaron en el año 2014 mediante la toma de fotografías con una cámara reflex. Debido a la complejidad que presenta el terreno (acantilado con una pendiente de 30°), y la necesidad de obtener fotografías a una distancia no mayor a los 40 m, el fotógrafo debe descender por la pared del acantilado. Esta operación resulta riesgosa, ya que la pendiente es pronunciada y los puntos de apoyo son escasos, poniendo en peligro la integridad del personal. Por este motivo, y con el objetivo de minimizar estos riesgos, resulta necesario determinar si es posible realizar los censos utilizando otra técnica. Por este motivo a partir del año 2019 los censos comenzaron a realizarse utilizando dos métodos de manera simultánea: el terrestre y el aéreo empleando un VANT. Se pretende, de esta manera, reemplazar el descenso del personal por el acantilado con las fotografías obtenidas por el VANT. Para que esto sea posible es necesario evaluar la variación que pudiera existir entre ambas técnicas a lo largo de las estaciones del año, y establecer si el uso del VANT resulta apropiado para la determinación de las distintas categorías de edad y sexo de la especie. Sin embargo, de existir diferencias entre los conteos, la serie histórica desde el año 2014 de censos terrestres no sería comparable con los nuevos conteos. Por esto es necesario comparar los dos métodos para ajustar las abundancias obtenidas a lo largo del tiempo mediante el método de censo terrestre convencional. Estos resultados podrían establecer una nueva metodología de muestreo considerando el uso de drones como único instrumento empleado para futuros censos, y contar con una base de datos sólida que permita desarrollar estudios de dinámica poblacional que serán claves para futuros planes de manejo.

Los objetivos, hipótesis y predicciones planteados para el presente trabajo fueron los siguientes:

Objetivo general

- Comparar estacionalmente a lo largo de un año, dos metodologías de muestreos para censar la colonia de lobos marinos de un pelo (*Otaria flavescens*) en el ANP Punta Marqués, realizados en forma simultánea.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio comparativo empleando registros fotográficos obtenidos mediante dos métodos: censo terrestre (método convencional) y mediante censos aéreos (VANT).

- Determinar si existen diferencias en la abundancia y en la categorización de clases (edad/sexo) realizados estacionalmente a lo largo de un año entre ambos métodos.
- Establecer un modelo que permita realizar el retrocálculo para corregir las estimaciones realizadas en el pasado utilizando sólo el censo convencional.
- Establecer cuáles son los factores que determinan el número de animales en la colonia.
- Evaluar y comparar la composición social y variación durante el período 2014-2020 con respecto a la caracterización hecha en el año 1990.

Hipótesis y predicciones

H1: Los conteos realizados por el VANT son más precisos y exactos (y por lo tanto proveen una mejor estimación) que los realizados mediante el método de censo terrestre convencional, en los que frecuentemente se realiza una subestimación.

Predicción 1: Los conteos realizados para cada clase de edad serán mayores con el VANT en comparación con el método convencional.

H2: Los muestreos realizados con el VANT presentan alguna relación funcional con aquellos realizados con el método convencional.

Predicción 2: Un modelo regresivo que considere a los conteos realizados por el método convencional como variable predictora (entre otras) permitirá obtener los valores esperados de los conteos realizados con el VANT.

H3: La composición y estructura de la colonia cambió desde los censos realizados en 1990, pasando de ser un apostadero no reproductivo a uno mixto.

Predicción 3: La proporción de hembras con crías será significativamente mayor en los últimos censos que en los realizados en 1990.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el ANP Punta Marqués, ubicada a unos 8 Km de la localidad de Rada Tilly y a unos 17 km al sur de la ciudad de Comodoro Rivadavia (Figura 1). Punta Marqués es un acantilado de 167 m sobre el nivel del mar y es la saliente que más se adentra en el Golfo San Jorge ingresando en el mar 2,5 km. Este acantilado presenta una alta erosión hídrica, eólica y marina, y deslizamiento de rocas en las pendientes norte y sur. Todos estos procesos indican que se trata de un acantilado activo (Jones & Martínez 2018) (Figura 2).

La zona se caracteriza por presentar un clima semiárido del tipo meseta, con escasas precipitaciones (precipitación media anual de 200 mm) y una temperatura media anual que oscila entre los 12°C y 14°C, con valores promedios más bajos en el mes de julio y más altos en enero (6°C y 20°C, respectivamente) y vientos predominantes del oeste con una velocidad media de 32 km/h (Tejedo 2003; Paredes et al. 2021). Presenta un régimen de mareas semidiurno (dos pleamares y dos bajamares), siendo su nivel medio de altura de 3,14 m y pleamares que pueden llegar a superar los 6 m durante los meses de junio, julio y en menor proporción en el mes de agosto (Tejedo 2003). La temperatura media superficial del agua alcanza máximos de 16°C en verano y mínimos de 8°C en invierno (datos tomados por el Servicio de Hidrología Naval).

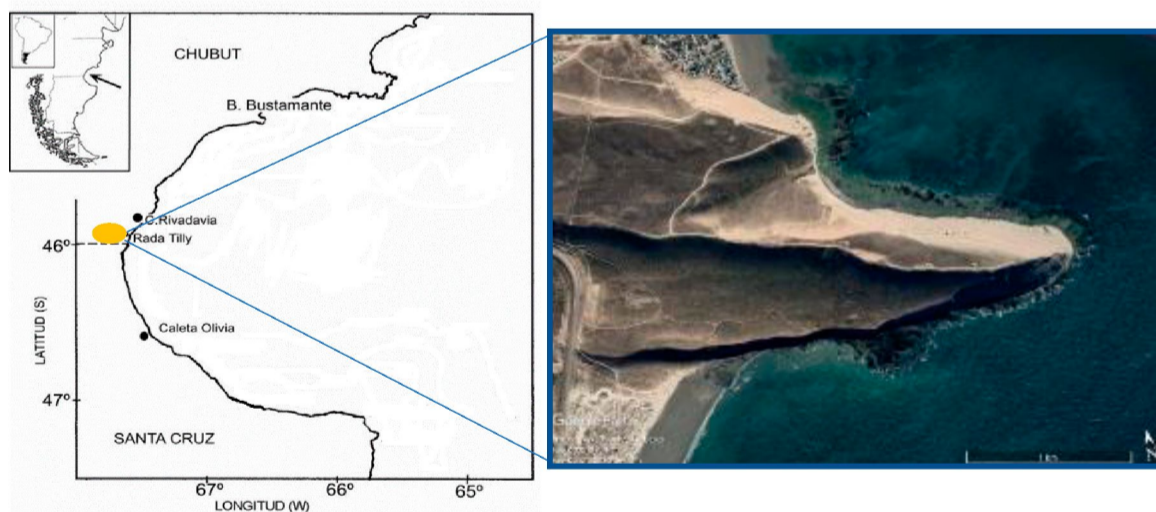


Figura 1. Área de estudio en la zona central del Golfo San Jorge (amarillo) (izquierda), y vista satelital del ANP Punta Marqués (derecha).

La colonia de lobos marinos, ubicada al pie de este acantilado, se extiende sobre la plataforma de abrasión desde la ladera Sur ($45^{\circ}57'38.90''S$; $67^{\circ}32'18.36''O$) hasta la ladera Norte ($45^{\circ}57'26.58''S$; $67^{\circ}31'58.11''O$), abarcando un área de 100.000 m^2 (Figura 2). Debido a las características geomorfológicas, se encuentra fuertemente influenciada por las condiciones de marea, obligando a un gran porcentaje de la colonia a permanecer en el agua durante las pleamares. A medida que la marea comienza a bajar, los individuos retornan progresivamente a las plataformas, alcanzando el máximo número finalizada la bajamar (Reyes 1990; Reyes & Crespo 1994; Grandi et al. 2021).



Figura 2. Características geomorfológicas en el ANP Punta Marqués tomado de Jones y Martínez (2018). En amarillo se muestra la extensión de la colonia de lobos marinos de un pelo al pie del acantilado.

Metodología de muestreo

Debido a las características topográficas y distribución de los individuos, la colonia se dividió en nueve plataformas (Figura 3). En cada censo se registró la fecha, hora de inicio, hora de fin y la altura de la marea.

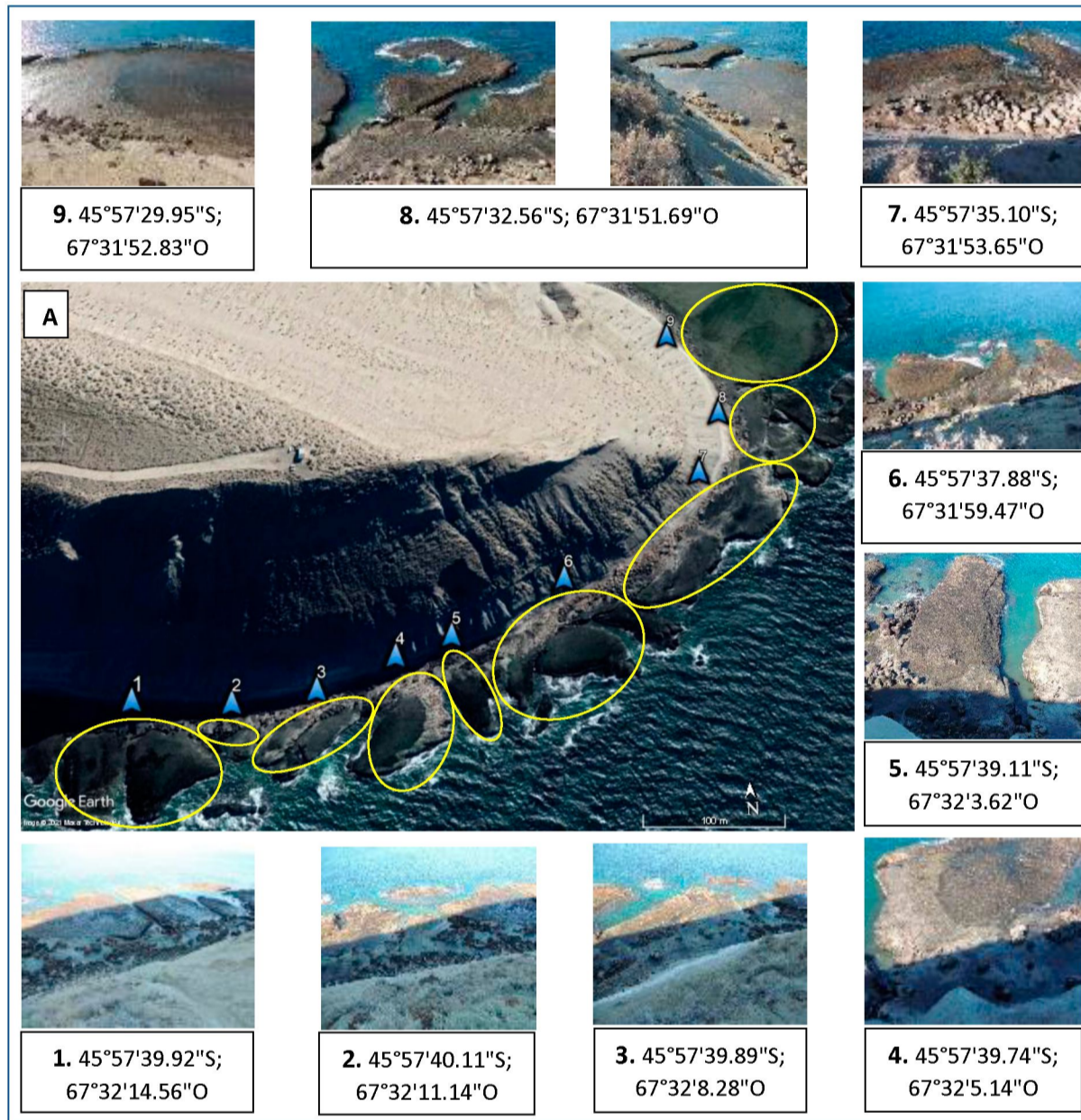


Figura 3. (A) Imagen satelital indicando la ubicación geográfica de las nueve plataformas (triángulos celestes) en el ANP Punta Marqués. Del 1 al 9 se observan las correspondientes plataformas y sus coordenadas geográficas, a través de imágenes panorámicas tomadas desde el acantilado.

Método de muestreo mediante censos terrestres (método convencional)

Los censos terrestres se realizaron mensualmente desde agosto 2019 a octubre 2020, a excepción de los meses de octubre 2019, noviembre 2019 y julio 2020. En total se realizaron 12 censos que abarcaron las cuatro estaciones del año. Para ello, se descendió el cerro hasta la mínima distancia posible al apostadero (20 a 40 m), evitando ser percibidos por los animales, con la marea baja y preferentemente durante la fase de luna llena, ya que bajo estas condiciones la mayor parte de los individuos tienden a permanecer en la costa (Reyes & Crespo 1994). Las fotografías se obtuvieron desde ocho puntos (Figura 4), abarcando toda la distribución de los animales en la colonia utilizando una cámara digital Nikon P900 con zoom óptico 83X.



Figura 4. Ubicación geográfica de los puntos de censos terrestres (1 al 8) en el ANP Punta Marqués.

Método de muestreo mediante censos aéreos (VANT)

Los censos aéreos se realizaron en forma simultánea con los censos terrestres, con un VANT modelo DJI Mavic Pro-2, provisto de una cámara de 20 megapíxeles. El VANT se despegó y aterrizó en dos puntos distintos de la colonia, manejado por un piloto y un auxiliar de campo autorizados, utilizando en cada muestreo entre una y dos baterías (Figura 5). Los vuelos se realizaron a una altura promedio de 30 m, lo que permitió una óptima resolución de las fotografías sin que se generaran perturbaciones en la colonia (Figura 6) (Goebel et al. 2015; Pomeroy et al. 2015; McIntosh et al. 2018). La altura de vuelo recomendado para monitorear pinnípedos oscila entre los 23 m y 50 m (Goebel et al. 2015; McIntosh et al. 2018; Mustafa et al. 2018), siendo 30 m la altura óptima (Raoul et al. 2020).

Los censos aéreos se realizaron a partir de fotografías y no de videos, ya que se obtiene una mayor resolución que facilita el conteo de los animales (Sepúlveda et al. 2011,2016; Contreras et al. 2014; Milano et al. 2020; Grandi et al. 2021). En cada fotografía se registraron, además, las coordenadas geográficas y la altura del vuelo.



Figura 5. Aterrizaje posicionando el VANT al alcance del auxiliar, manejado por el piloto.



Figura 6. Vista de los lobos marinos mediante el censo aéreo (fotografía tomada por el VANT).

Clasificación de *Otaria flavescens* en base a su grupo etario

Los animales fueron clasificados según los rasgos morfológicos que diferencian a cada grupo en las siguientes categorías: machos adultos, machos sub-adultos (tipo I, II y III), hembras + juveniles y crías (Crespo 1988; Reyes 1990; Crespo & Pedraza 1991; Grandi et al. 2021).

1. **Machos adultos (MA)**: individuos de mayores dimensiones (alcanzan los 2,30 - 2,50 m de longitud; y un peso de 300 – 400 kg), de coloración marrón oscura, con un importante desarrollo de la cabeza y melena. Durante la temporada reproductiva se agrupan en el área central de la colonia. Incluye edades de 8 años en adelante (Figura 7).

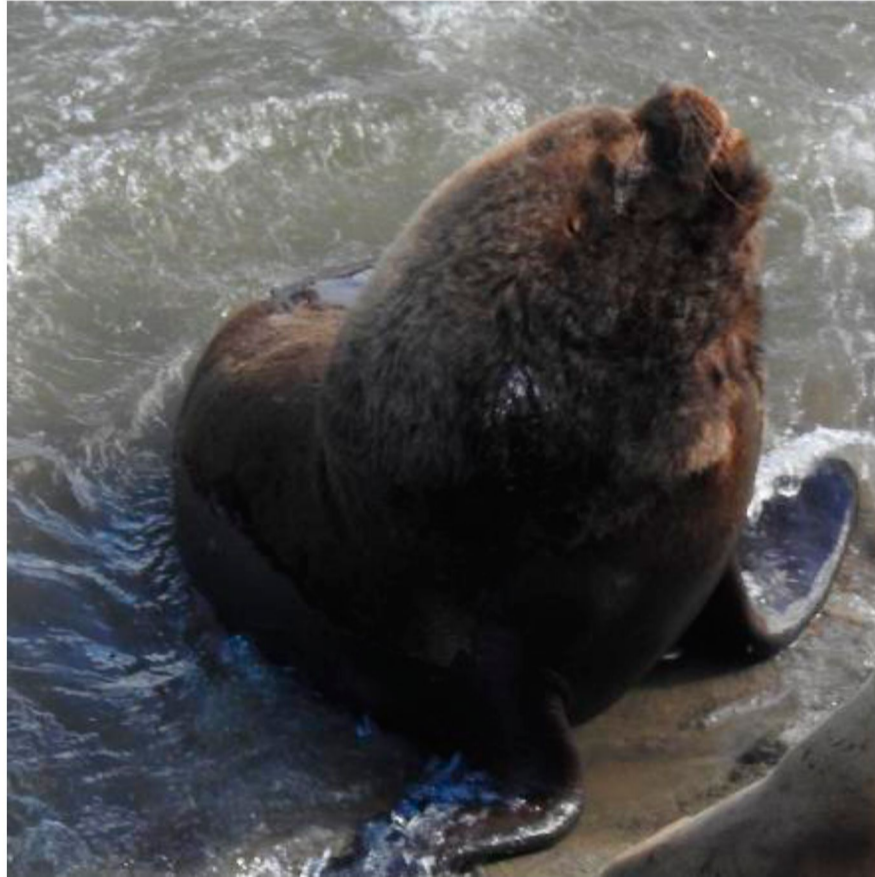


Figura 7. Macho adulto.

2. Machos Sub-adultos (MSA): este grupo se divide en tres subcategorías, tipo III (poseen desarrollo evidente de la melena y cabeza voluminosa, su talla y contorno es menor que los machos adultos, con edades que oscilan entre los 5 y 7 años), tipo II (presentan menor tamaño que el III, con cuello diferenciable, cabeza ligeramente ensanchada y melena corta, con edades que oscilan entre 3 y 5 años) y tipo I (desarrollo de la melena es muy incipiente) (Figura 8, 9 y 10).



Figura 8. Macho Sub-adulto tipo III.



Figura 9. Macho Sub-adulto tipo II.



Figura 10. Macho Sub-adulto tipo I.

3. Hembras y Juveniles (H + J): en este grupo se incluyen a las hembras adultas, de coloración parda, tamaño entre 1,80 – 2,00 m de longitud, y peso de 100 – 140 kg, presencia de mamas. Los juveniles son morfológicamente similares a las hembras adultas, siendo difícil diferenciar entre sexos, por lo que se agrupan dentro de una única categoría (Figura 11 y 12).



Figura 11. Hembra adulta.



Figura 12. Grupo de juveniles.

4. Crías: animales nacidos en la última temporada reproductiva, hasta el primer año de vida. Se caracterizan por su pelaje negro al nacer, que progresivamente cambia a color pardo. Entre los 3-4 meses de edad su coloración se torna color claro similar a las hembras y juveniles (Figura 13 y Figura 14).



Figura 13. Crías recién nacidas (mes de enero).



Figura 14. Cría de cuatro meses de edad (mes de mayo) y hembra adulta.

Análisis de fotografías

Se tomaron entre 150 y 200 fotografías mediante el censo terrestre y entre 100 y 130 fotografías durante el censo aéreo. Se seleccionaron para cada mes las mejores imágenes obtenidas por cada método y luego fueron empalmadas utilizando el software libre Hugin con el objetivo de generar una sola imagen por plataforma (Grandi et al. 2021) (Figura 15). Con esta herramienta fue posible determinar las áreas de superposición para evitar conteos dobles. El número de individuos y la categoría de clase fue determinado por un observador experimentado y para reducir el error en los conteos se utilizó el programa Image J que permite marcar en la imagen a cada individuo (Rasband et al. 1997). Este programa posteriormente realiza un conteo del número de individuos por clase de edad. La abundancia (número de individuos) y la categorización de clases (basadas en la edad/sexo) se obtuvieron utilizando el programa Image J (Figura 16).

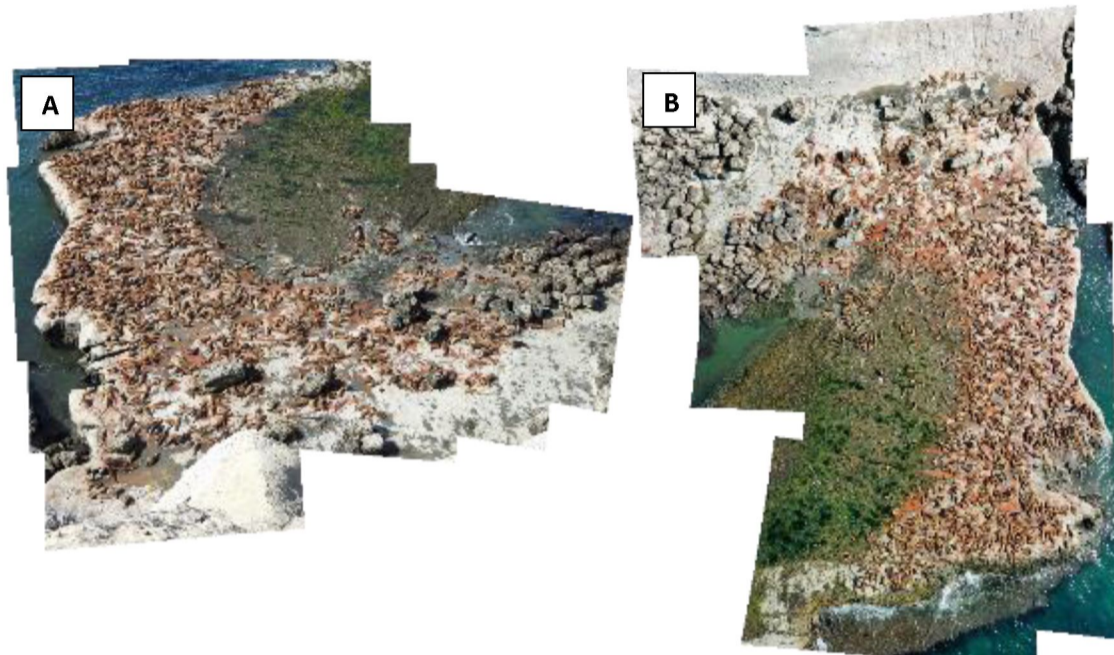


Figura 15. Ejemplo de Imágenes empalmadas utilizando el software Hugin correspondiente a la plataforma 4 para el censo terrestre (A) y para el censo aéreo (B).



Figura 16. Categorización y conteo de individuos utilizando el programa Image J. En rojo se marca la categoría crías; en amarillo a las hembras y juveniles y en azul los machos adultos.

Análisis de los datos

La comparación entre los dos métodos de censo se realizó mediante la comparación pareada de ambos utilizando una prueba Wilcoxon para dos muestras (Zar 1999). Posteriormente, con el objetivo de establecer la relación existente entre ambos métodos se ajustaron Modelos Aditivos Generalizados Mixtos (GAMMs) debido a la potencial presencia de relaciones no lineales entre algunas variables predictoras y la variable respuesta (Zuur et al. 2009). También, en caso de que las relaciones de todas las variables incluidas en los modelos resultaran lineales se utilizaron Modelos Lineales Generalizados (GLM) (Zuur et al. 2009).

Para el total de animales censados, se construyó un modelo cuya variable respuesta es el número de animales contabilizados a partir de las fotografías aéreas, utilizando como variables predictoras la fecha, el mes como variable categórica, el tipo de grupo, la altura de la marea, el conteo realizado por el método convencional (cámara réflex) y la plataforma censada. Se evaluó la distribución de errores mediante el ajuste de modelos a distintas funciones de enlace, utilizando la Binomial, la Poisson y la Gaussiana. Se analizó la presencia de correlación temporal entre muestreos y se consideró al número de plataforma como variable aleatoria, ya que los conteos fueron realizados sucesivamente en el mismo lugar (Zuur et al. 2009). Asimismo, se construyó una serie de modelos para evaluar la respuesta de cada categoría de edad. Estos modelos contemplaron como variable respuesta al número de individuos para cada clase y grupo etario, considerando como variables predictoras el año, el mes, la altura de la marea, y el número de individuos censados a partir del método convencional. Adicionalmente se puso a prueba para algunos grupos (Machos y Machos Sub-adultos) si la presencia de hembras en la colonia determinaba el número de animales presentes, ya que esto fue observado para otra colonia del norte de Patagonia (Coscarella et al. 2013). De esta manera, los conteos realizados con el VANT se ajustaron como función de los conteos provenientes de las fotografías terrestres. La selección de los modelos se realizó utilizando el Criterio de Selección de Akaike (AIC) (Burham & Anderson 2002).

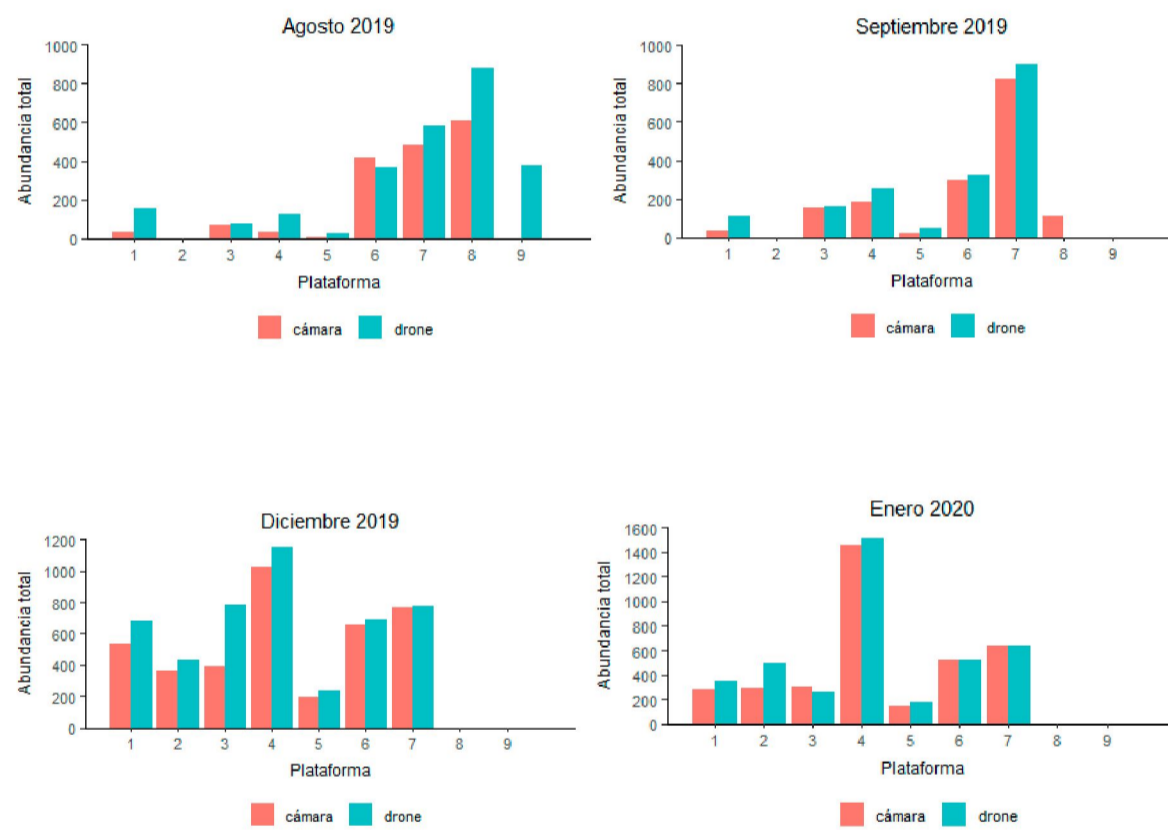
Con los mejores modelos para cada categoría de edad se realizaron predicciones para la serie histórica disponible en la que se utilizó la misma metodología de censo terrestre con el objeto de corregirlas (Vilardo et al. 2014; Páez et al. 2017). Todos los análisis fueron realizados utilizando el lenguaje R (R Core Team 2016). El ajuste de los modelos se efectuó con los paquetes “mgcv” (Wood 2011) y MASS (Venables & Ripley 2002), y los gráficos se elaboraron con las funciones del paquete “ggplot2” (Wickham 2016).

Análisis del cambio en la estructura del apostadero

Los cambios en la estructura social del apostadero se realizaron de manera comparativa con los valores de los censos obtenidos por Reyes (1990). En este caso, Reyes agrupó a las clases de edad de los animales censados en el ANP Punta Marqués unificando en una sola categoría a los Machos Adultos junto a los Machos Sub-adultos III. Asimismo, los Machos Sub-adultos I y II, las hembras, los juveniles y los cachorros de menos de un año a partir del mes de abril se consideraron como un único grupo (Reyes 1990). Sólo los cachorros nacidos durante cada temporada reproductiva en el ANP Punta Marqués se consideraron como crías. A efectos de realizar una comparación y poder establecer si existe un cambio en la estructura social del apostadero se utilizaron los mismos grupos que los presentados por Reyes (1990). Sin embargo, debido a que durante los años 2014 y 2017 la información sobre los Machos Sub-adultos fue recolectada sin discriminar entre las 3 subcategorías, se decidió agrupar a todos los machos en una única categoría (MA+MSA).

RESULTADOS

Se realizó un total de 12 censos de manera simultánea utilizando ambos métodos (Figura 17). En todos los censos el número de animales contabilizados en las fotografías tomadas por el VANT fue mayor, tanto para el total de animales como para cada grupo etario (Tabla 1; Figura 18). La única excepción fue la de los Machos Adultos; grupo para el cual el conteo fue el mismo independientemente del método de muestreo utilizado.



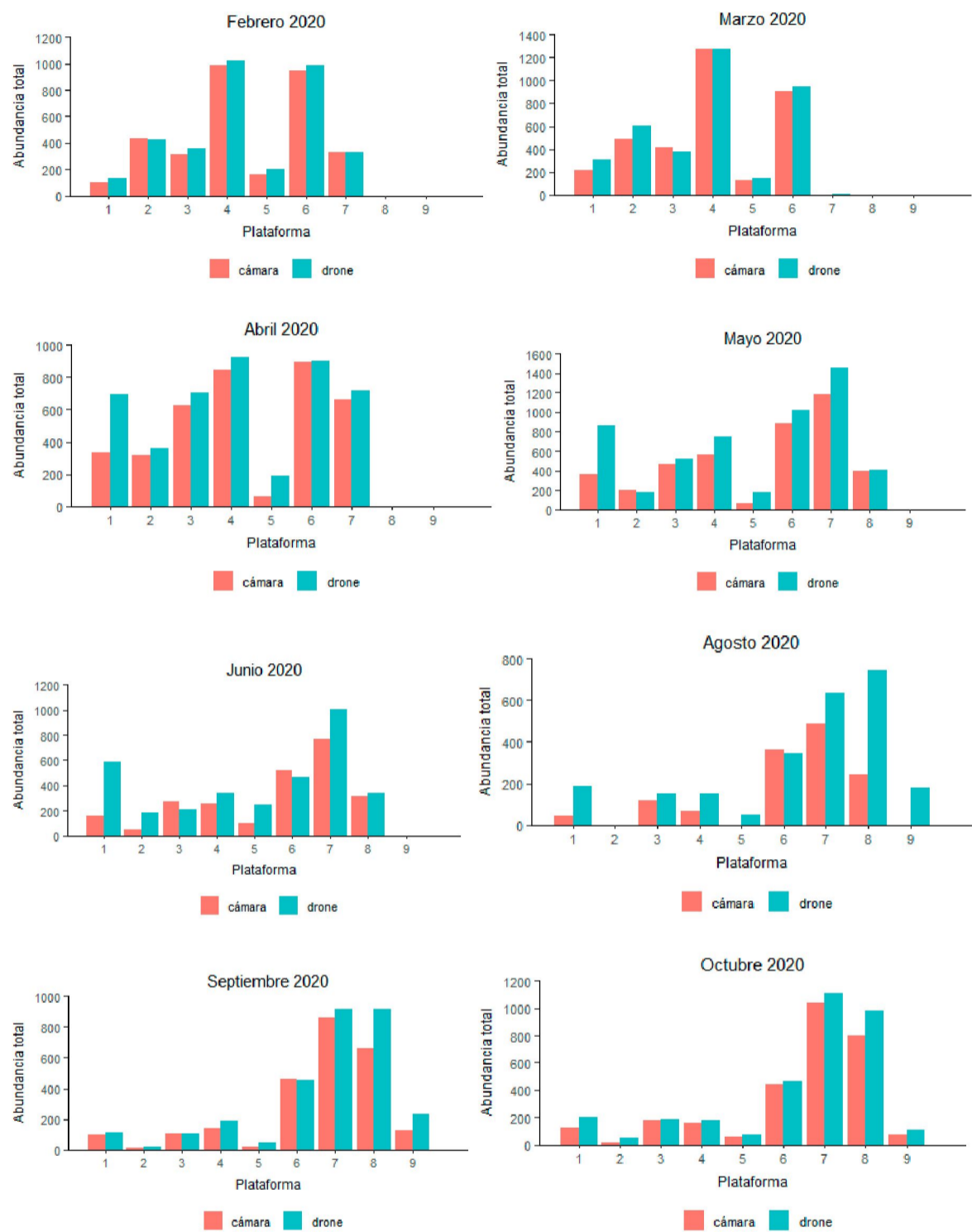


Figura 17. Abundancia total de lobos marinos contados mediante el método convencional (cámara) y VANT (drone) en función de las plataformas desde agosto 2019 a octubre 2020.

Tabla 1. Resumen estadístico de la Prueba de Wilcoxon para los conteos totales y para cada categoría etaria.

Categoría	Valor V	Valor de p
Individuos totales	3806,5	4,253e-11**
Crías	2786	5,865e-08**
Hembras y juveniles	3512	3,329e-10**
Machos Adultos	3,5	0,5
Machos Sub-adultos	2177,5	9,432e-05**

** Diferencias significativas en el número de animales contabilizados con el VANT y la cámara.

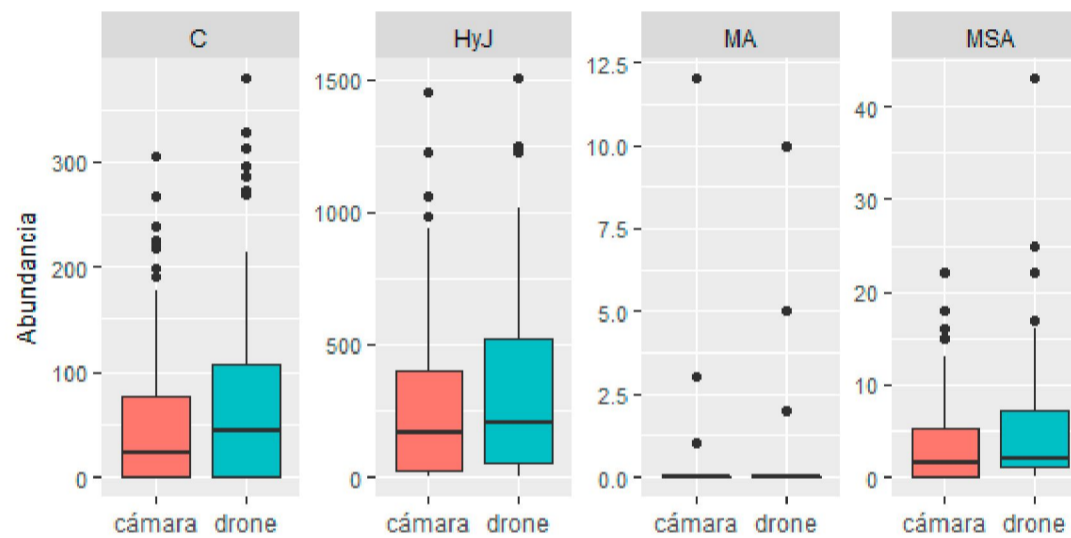


Figura 18. Boxplot del número de lobos marinos (Abundancia) en función del método convencional (cámara) y VANT (drone) para cada grupo etario: Crías (C), Hembras y juveniles (HyJ), Machos adultos (MA) y Machos Sub-adultos (MSA).

Modelos aditivos generalizados

Se implementaron modelos que consideraron una distribución de errores Binomial, Poisson y Normal. Todos los modelos presentaron un mejor ajuste cuando la distribución considerada fue la Normal, y es por esto por lo que sólo se presentan los modelos ajustados utilizando esta distribución. Los datos no evidencian una estructura de autocorrelación temporal, por lo que no se utilizó una matriz de varianza-covarianza de identidad (Figura 19). De esta manera se construyeron GAMM que permitieron flexibilizar la variabilidad observada a través de la posibilidad de que las varianzas consideradas para cada plataforma

y mes de muestreo fueran distintas. Los modelos que consideraron tanto la heterogeneidad de varianzas entre las plataformas, así como la heterogeneidad mensual en la varianza no mejoraron el ajuste.

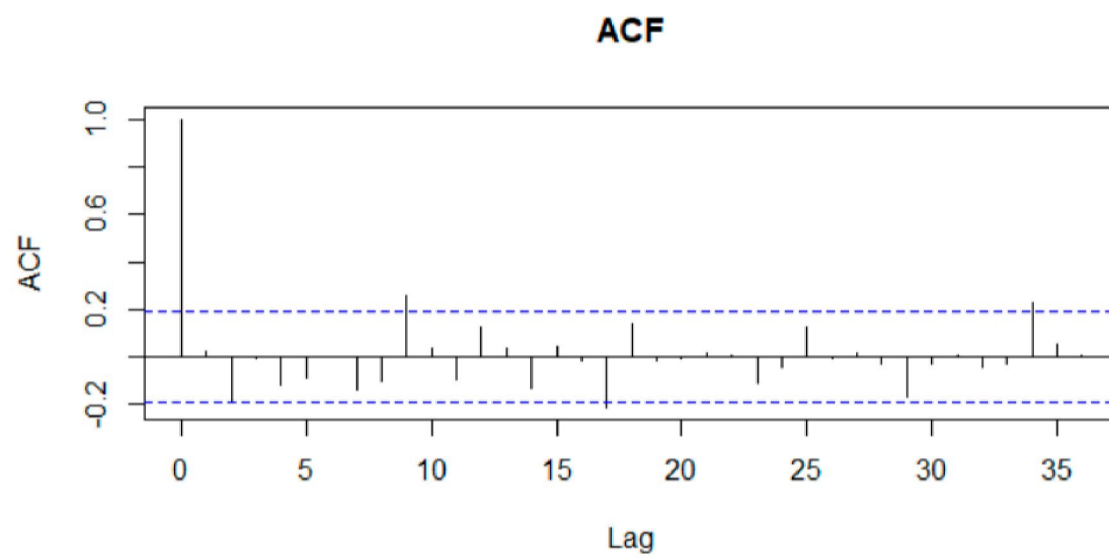


Figura 19. Autocorrelación entre los conteos obtenidos para los censos realizados en la colonia del ANP Punta Marqués. La función de autocorrelación indica la inexistencia de una correlación temporal entre las distintas fechas de muestreo.

TOTAL DE ANIMALES

El mejor modelo soportado por los datos para el total de animales contabilizados indica que las variables explicativas más importantes son la fecha en que se realizó el censo (Fecha) y el número de animales contados a partir del método convencional (Cámara). Asimismo, este modelo incluye una heterogeneidad de varianza considerando a la plataforma en la que se realizó el muestreo. Sin embargo, la diferencia en el AIC entre este modelo, y el segundo y tercer mejor modelo es menor a 2, por lo que se decidió estimar los parámetros basándose en el modelo más sencillo (Tabla 2). En este caso, el modelo final está dado por las variables explicativas Cámara y Fecha. La relación entre la variable Cámara y el conteo realizado por el VANT es lineal, mientras que para el caso de la variable Fecha, la relación no es lineal y presenta un *smoother* con 12 nudos (Figura 20). Los parámetros del modelo seleccionado se presentan en la Tabla 3.

Tabla 2. Estructura de modelos planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).

Modelo	Estructura	df	AIC
Cámara + Marea + Plataforma + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	9,27	1332,09
Cámara + Marea + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma y por mes.	8,45	1331,218
Cámara + Marea + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma	8,43	1331,299
Cámara + Plataforma + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	7,94	1330,17
Cámara + Marea + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	8,28	1331,28
Cámara + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma	7,09	1329,983
Cámara + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	6,94	1330,36
Cámara	Sin heterogeneidad de varianzas	3,00	1333,43
s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	3,78	1586,53

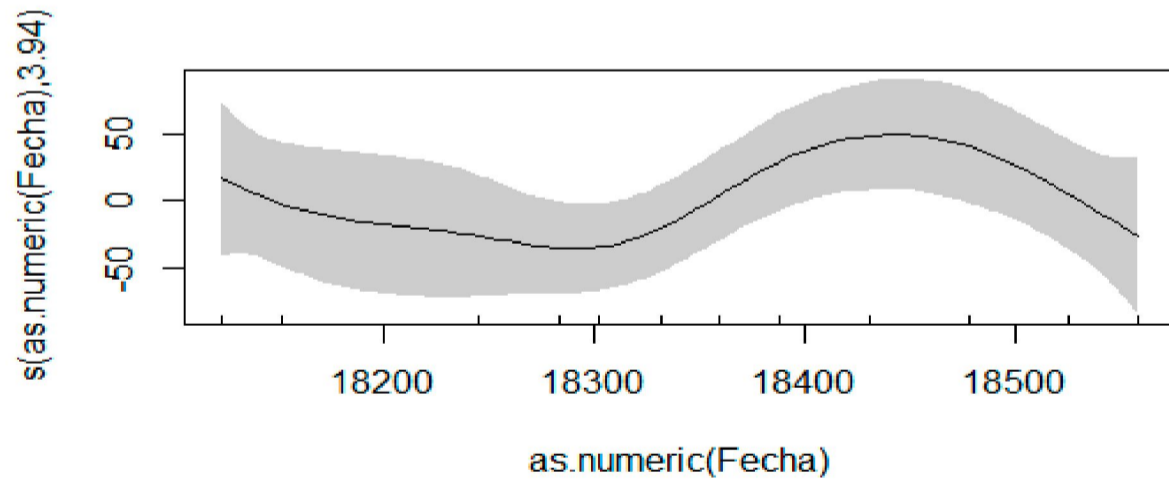


Figura 20. Relación no lineal entre la Fecha y el número de lobos contados con el VANT.

Tabla 3. Estimación de los parámetros del modelo seleccionado, que incluye a las variables Cámara y Fecha sin estructura de autocorrelación y homogeneidad de varianzas (Tabla 2).

Parámetro	Estimación	Error estándar	P-valor
Ordenada al origen	52,47	14,87	0,0006
Cámara	1,05	0,03	0,0000
	Grados de libertad estimados	Rango estimado	P-valor
s(Fecha)	3,94	11	0,0530

El modelo GAMM seleccionado para las abundancias totales de lobos de los conteos realizados por el VANT en función de los conteos realizados mediante el método convencional (Cámara), predijo una abundancia superior para el método VANT en las plataformas censadas (Figura 21).

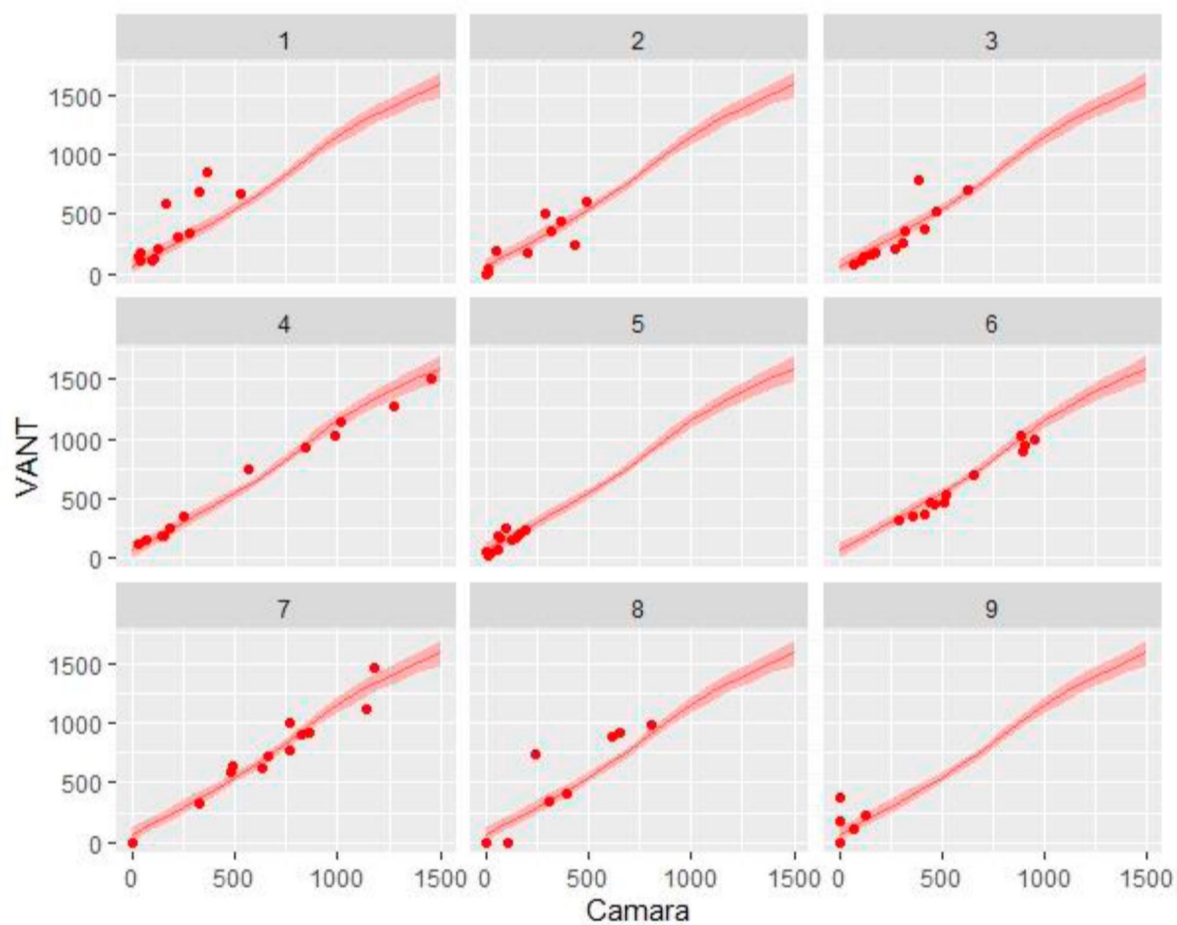


Figura 21. Modelo predictivo seleccionado para el total de lobos en el apostadero sin discriminar por categoría. Los puntos son las observaciones realizadas y las curvas son la representación del modelo con su intervalo de confianza del 95%. Cada panel representa la predicción para cada una de las plataformas censadas (ver Métodos).

CRIAS

En el caso de las crías la estructura del modelo seleccionado es la misma que para el total de animales. El mejor modelo soportado indica que las variables explicativas más importantes son la fecha en que se realizó el censo (Fecha) y el número de animales contados a partir del método convencional (Cámara) (Tabla 4). Además, es el modelo más sencillo, comparado con el segundo y tercer mejor modelo. La relación entre la variable Cámara y el conteo realizado por el VANT es lineal, mientras que para el caso de la variable Fecha, la relación no es lineal y presenta un *smoother* con 12 nudos (Figura 22). Los parámetros del modelo seleccionado se presentan en la Tabla 5.

Tabla 4. Estructura de modelos planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).

Modelo	Estructura	df	AIC
Cámara + Marea + Plataforma + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	8,40	1080,54
Cámara + Marea + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma y por mes.	7,41	1078,94
Cámara + Marea + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma	7,41	1078,94
Cámara + Plataforma + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	7,57	1079,17
Cámara + Marea + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	7,41	1078,94
Cámara + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma	6,58	1077,56
Cámara + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	6,58	1077,56
Cámara	Sin heterogeneidad de varianzas	3,00	1087,22
s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	5,04	1260,89

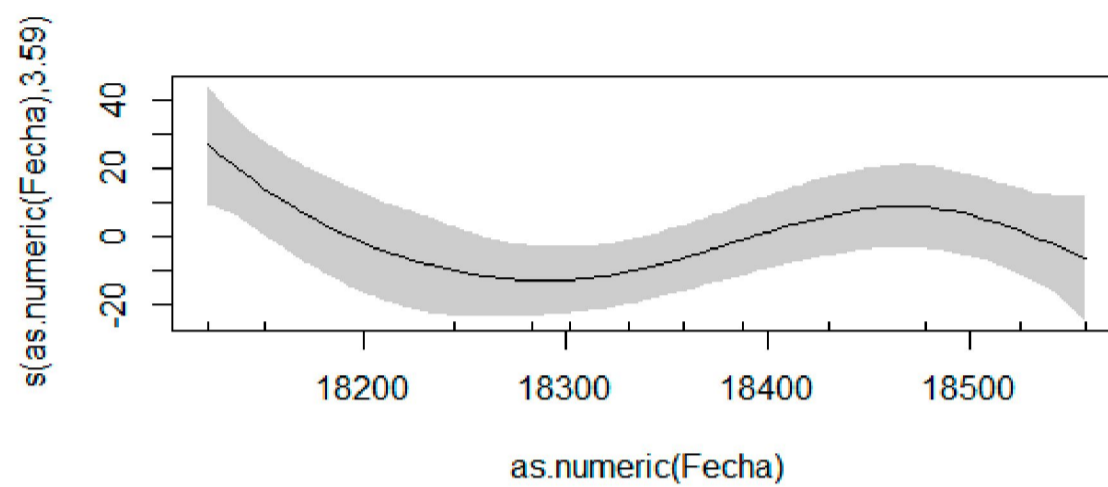


Figura 22. Relación no lineal entre la Fecha y el número de crías contados con el VANT.

Tabla 5. Estimación de los parámetros del modelo seleccionado, que incluye a las variables Cámara y Fecha sin estructura de autocorrelación y homogeneidad de varianzas (Tabla 4).

Parámetro	Estimación	Error estándar	P-valor
Ordenada al origen	13,81	4,25	0,00159
Cámara	1,09	0,05	0,0000
	Grados de libertad estimados	Rango estimado	P-valor
s(Fecha)	3,59	11	0,00297

El modelo GAMM seleccionado para las abundancias de la categoría Crías de los conteos realizados por el VANT en función de los conteos realizados mediante el método convencional (Cámara), predijo una abundancia superior para el método VANT en las plataformas censadas (Figura 23).

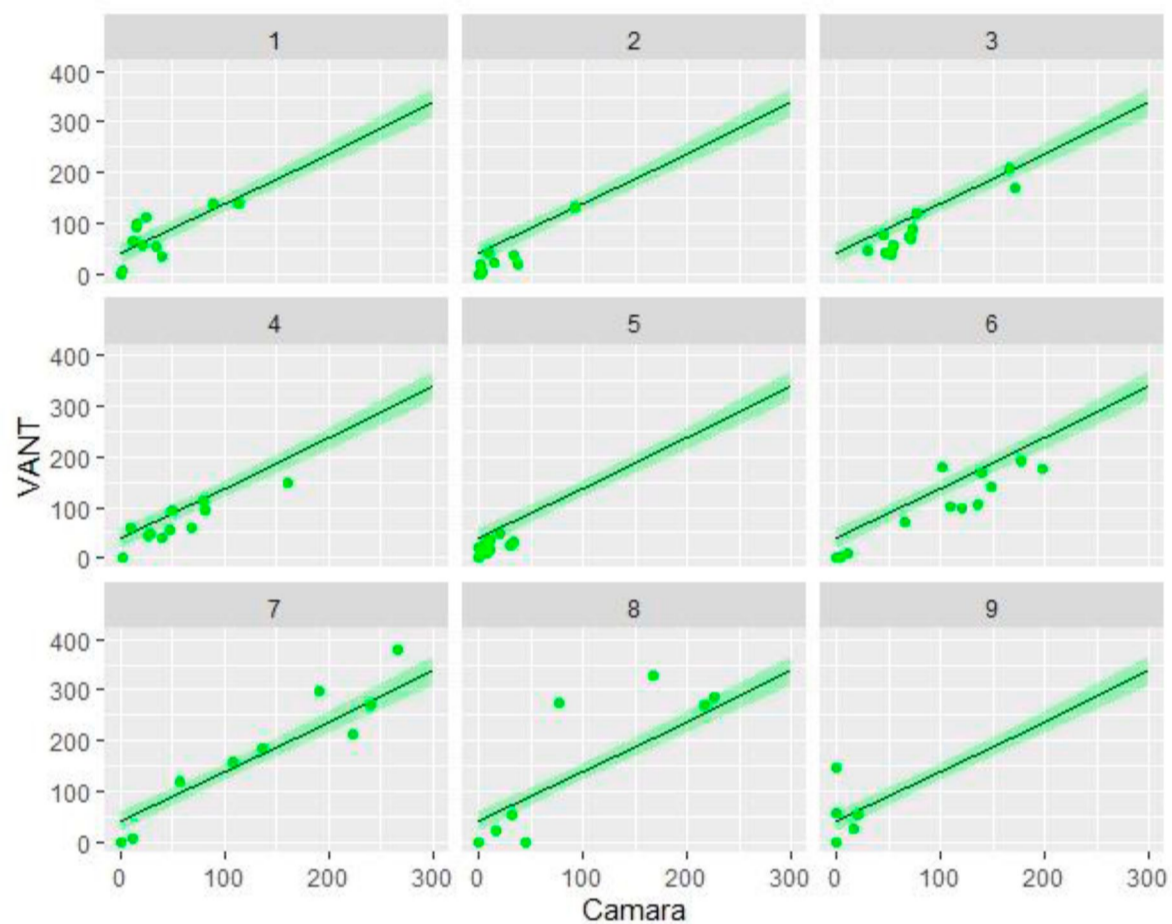


Figura 23. Modelo predictivo seleccionado para las crías en el apostadero. Los puntos son las observaciones realizadas y las curvas son la representación del modelo con su intervalo de confianza del 95%. Cada panel representa la predicción para cada una de las plataformas censadas (ver Métodos).

HEMBRAS Y JUVENILES

Para la categoría de Hembras y Juveniles, el mejor modelo soportado indica que las variables explicativas más importantes son la fecha en que se realizó el censo (Fecha), la plataforma (Plataforma) y el número de animales contados a partir del método convencional (Cámara). Sin embargo, la diferencia en el AIC entre este modelo, y el segundo y tercer mejor modelo es menor a 2, por lo que se decidió estimar los parámetros basándose en el modelo más sencillo. En este caso, el modelo final está dado por las variables explicativas Cámara, Fecha y Plataforma sin estructura de heterogeneidad de varianza (Tabla 6). La relación entre las variables Cámara y Plataforma y el conteo realizado por el VANT es lineal, mientras que

para el caso de la variable Fecha, la relación no es lineal y presenta un *smoother* con 12 nudos (Figura 24). Los parámetros del modelo seleccionado se presentan en la Tabla 7.

Tabla 6. Estructura de modelos planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).

Modelo	Estructura	df	AIC
Cámara + Marea + Plataforma + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	9,19	1272,99
Cámara + Marea + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma y por mes.	7,94	1271,94
Cámara + Marea + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma	8,93	1272,75
Cámara + Plataforma + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	7,61	1271,42
Cámara + Marea + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	7,73	1275,07
Cámara + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma	7,34	1271,17
Cámara + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	6,49	1273,39
Cámara	Sin heterogeneidad de varianzas	3,00	1274,52
s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	4,38	1551,50

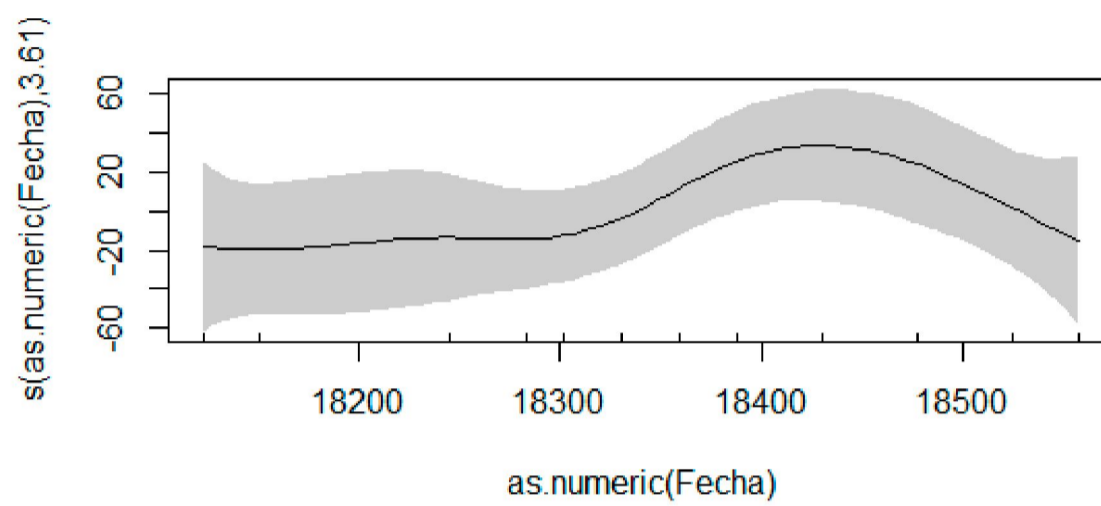


Figura 24. Relación no lineal entre la Fecha y el número de Hembras y Juveniles contados con el VANT.

Tabla 7. Estimación de los parámetros del modelo seleccionado, que incluye a las variables Cámara, Plataforma y Fecha sin estructura de autocorrelación y homogeneidad de varianzas (Tabla 6).

Parámetro	Estimación	Error estándar	P-valor
Ordenada al origen	70,37	19,01	0,000349
Cámara	1,04	0,02	0,0000
Plataforma	-6,077	3,12	0,0544
	Grados de libertad estimados	Rango estimado	P-valor
s(Fecha)	3,61	11	0,106

El modelo GAMM seleccionado para las abundancias de la categoría Hembras y Juveniles de los conteos realizados por el VANT en función de los conteos realizados mediante el método convencional (Cámara), predijo una abundancia superior para el método VANT en las plataformas censadas, resultando ser la categoría más abundante en la colonia (Figura 25).

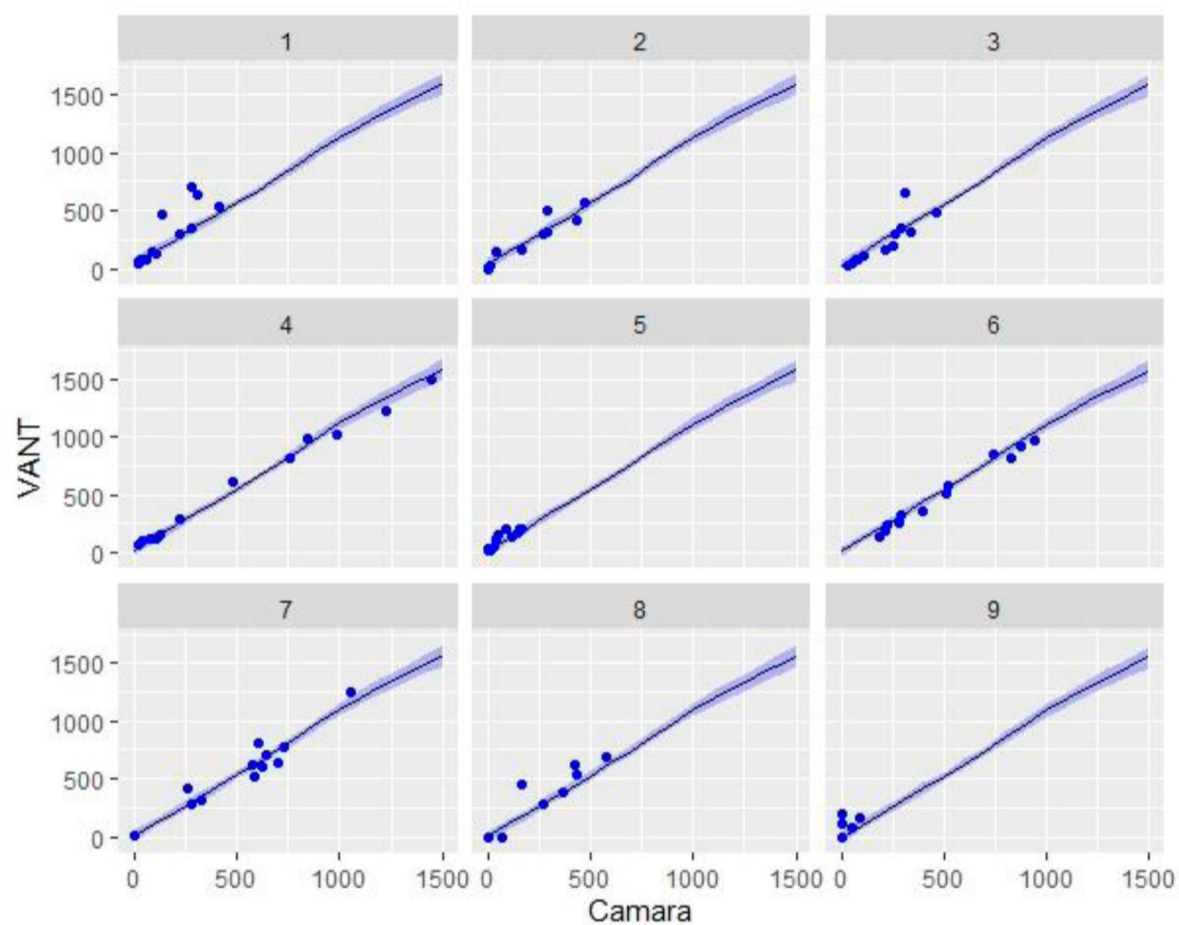


Figura 25. Modelo predictivo seleccionado para los individuos Hembras y Juveniles en el apostadero. Los puntos son las observaciones realizadas y las curvas son la representación del modelo con su intervalo de confianza del 95%. Cada panel representa la predicción para cada una de las plataformas censadas (ver Métodos).

MACHOS ADULTOS

Para la categoría de Machos Adultos no se observaron diferencias significativas en el número de animales contados por cada método. Por lo tanto, no se presentan modelos que pudieran explicar la relación entre los conteos mediante el método convencional (Cámara) y drone (VANT).

MACHOS SUB-ADULTOS

Para la categoría de Machos Sub-adultos, el mejor modelo soportado indica que las variables explicativas más importantes son la fecha en que se realizó el censo (Fecha), la plataforma (Plataforma) y el número de animales contados a partir del método convencional (Cámara). Adicionalmente, se incluyó una variable

no considerada en el resto de los modelos: el número de Hembras y Juveniles presentes en el apostadero al momento de realizar el conteo (Tabla 8). La relación entre la variable cámara (Cámara), Plataforma y el número de Hembras y Juveniles presentes en el apostadero y el conteo realizado por el VANT es lineal, mientras que la variable fecha (Fecha) la relación no es lineal y presenta un smoother de 12 nudos (Figura 26). Los parámetros del modelo seleccionado se presentan en la Tabla 9.

Tabla 8. Estructura de modelos planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).

Modelo	Estructura	df	AIC
Cámara + Marea + Plataforma + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	11,27	614,39
Cámara + Plataforma + Número de hembras y juveniles + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	13,01	604,75
Cámara + Marea + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma y por mes.	8,49	609,11
Cámara + Marea + s(Fecha)	Con heterogeneidad de varianza por plataforma	11,25	614,60
Cámara + Plataforma + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	11,27	614,39
Cámara + Marea + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	10,45	615,80
Cámara + s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	5,8	615,16
Cámara	Sin heterogeneidad de varianzas	3,00	614,84
s(Fecha)	Sin heterogeneidad de varianzas	2,00	714,37

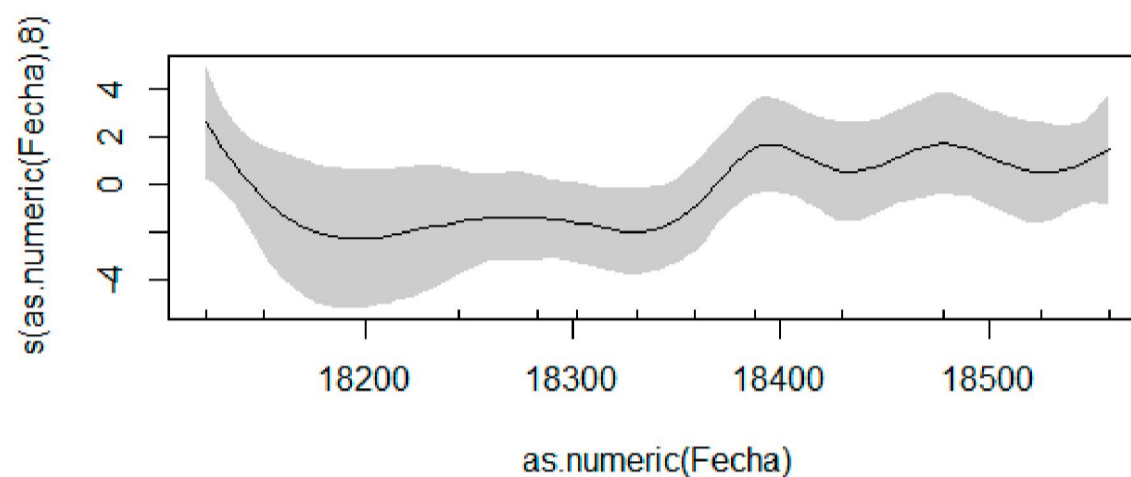


Figura 26. Relación no lineal entre la Fecha y el número de Machos Sub-adultos contados con el VANT.

Tabla 9. Estimación de los parámetros del modelo seleccionado, que incluye a las variables Cámara, Marea y Fecha sin estructura de autocorrelación, con heterogeneidad de varianza por plataforma y por mes (Tabla 8).

Parámetro	Estimación	Error estándar	P-valor
Ordenada al origen	-1,409	0,918	0,128
Cámara	0,888	0,135	2,77 x10 ⁻⁹
Número de hembras y juveniles	0,005	0,001	0,001
Plataforma	0,399	0,151	0,009
	Grados de libertad estimados	Rango estimado	P-valor
s(Fecha)	8,004	11	0,017

El modelo GAMM seleccionado para las abundancias de la categoría Machos Sub-adultos de los conteos realizados por el VANT en función de los conteos realizados mediante el método convencional (Cámara), predijo una abundancia superior para el método VANT en las plataformas censadas (Figura 27).

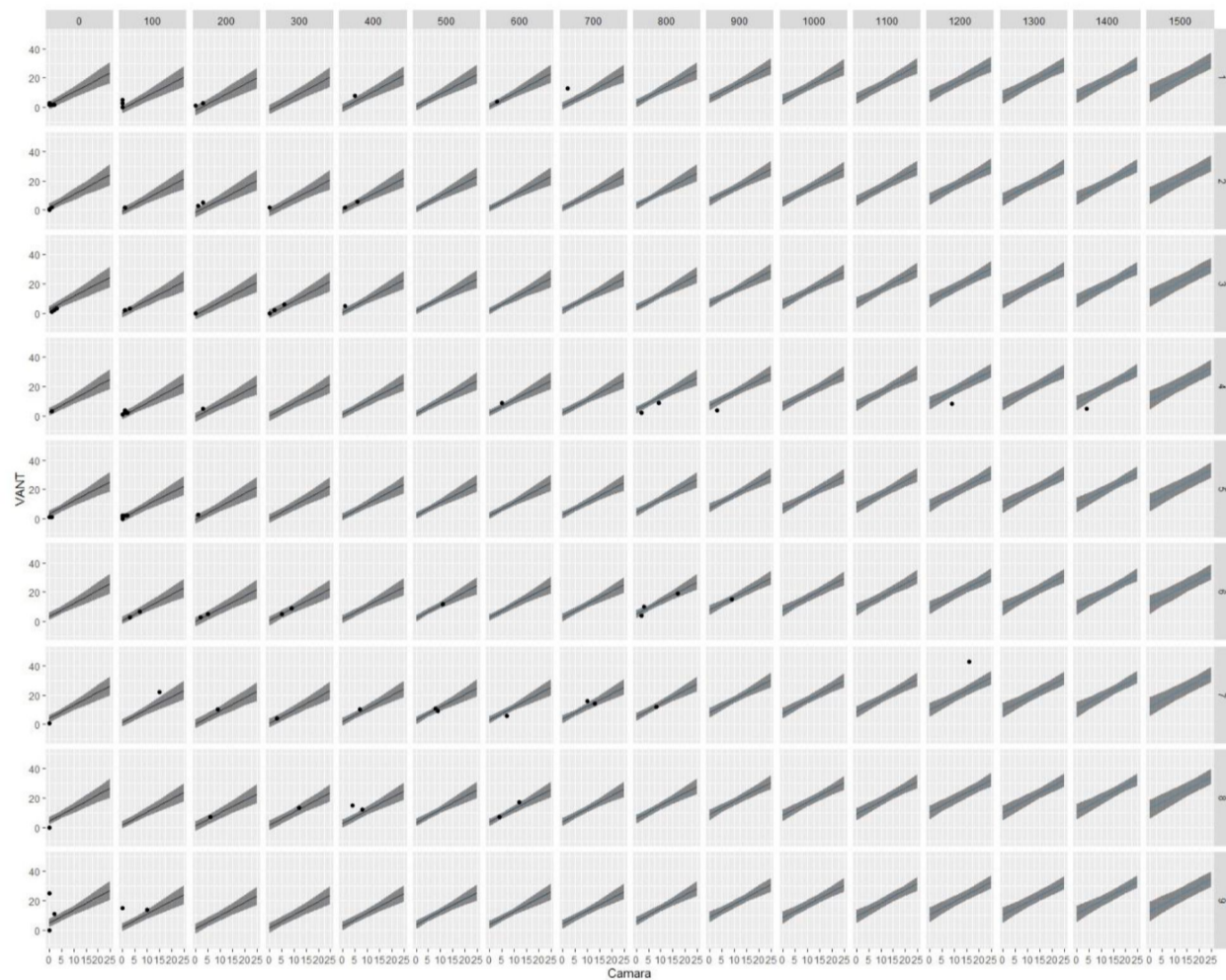


Figura 27. Modelo predictivo seleccionado para los Machos Sub-adultos en el apostadero. Los puntos son las observaciones realizadas y las curvas son la representación del modelo con su intervalo de confianza del 95%. Cada panel representa la predicción para cada una de las plataformas censadas y el número de Hembras y Juveniles contados en el censo del mismo día (ver Métodos).

Corrección de los valores de los censos realizados durante el período 2014-2019

Los valores registrados para los censos realizados entre los años 2014 y 2019 fueron corregidos utilizando los modelos seleccionados para cada clase y edad. Las estimaciones presentan una gran variación cuando se realiza el retrocálculo utilizando los modelos seleccionados. La Figura 28 presenta las estimaciones realizadas para el total de animales, en donde puede apreciarse que en ocasiones el modelo predice más de 500 animales cuando no hubo animales registrados en el conteo con la cámara.

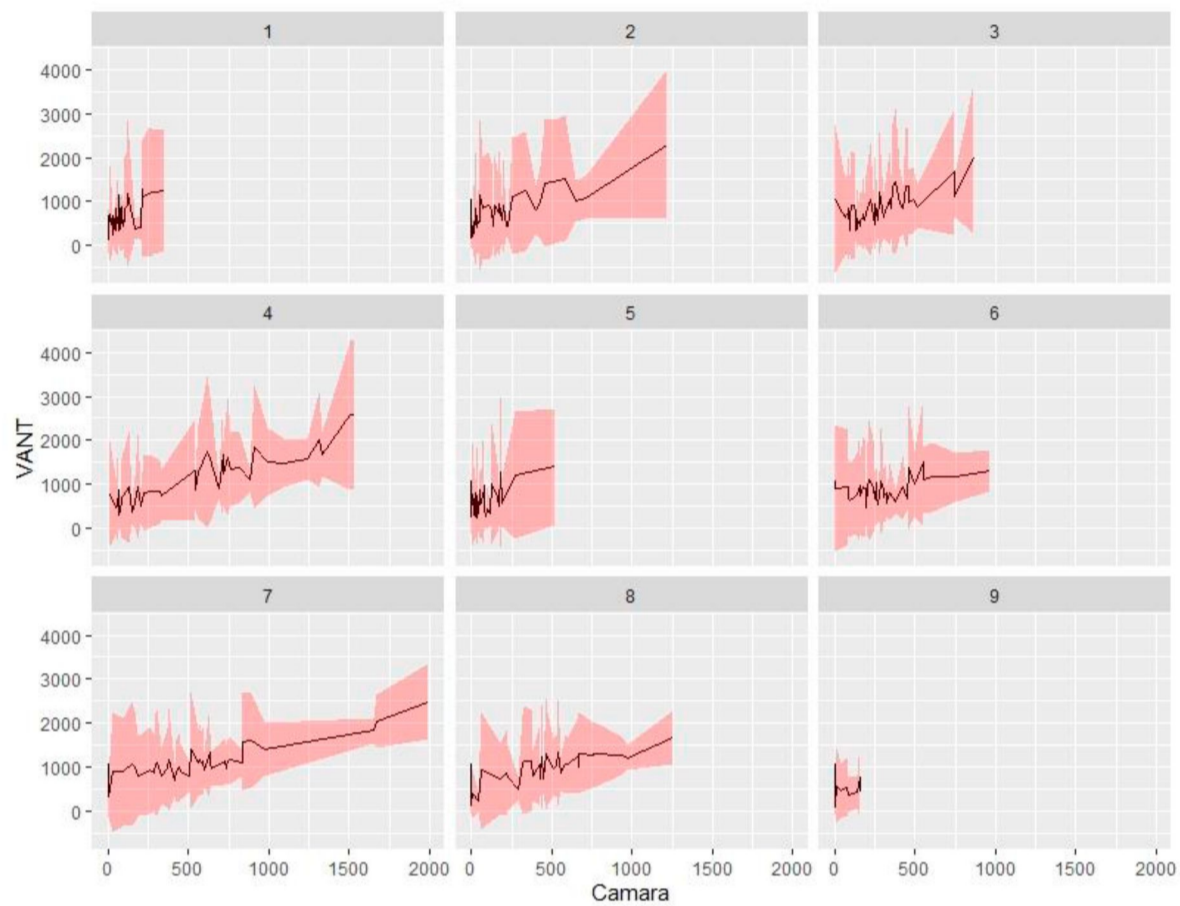


Figura 28. Predicción de las abundancias para el período 2014 – 2019 a partir de los conteos mediante el método convencional (cámara) para cada plataforma censada.

Debido a que las estimaciones obtenidas considerando la dimensión temporal de los muestreos no presentaron un ajuste razonable para ninguno de los grupos considerados (datos no mostrados), se procedió a construir una serie de modelos en los que se desestimó a la fecha como variable predictora, conservando las demás variables y la estructura de los modelos. La relación entre las variables conservadas fue lineal y, por lo tanto, los modelos que mejor ajuste presentaron son aquellos que sólo tienen una componente paramétrica. De esta manera, los modelos finales para la reconstrucción de los conteos anteriores se llevaron a cabo utilizando Modelos Lineales Generalizados. En el caso del total de animales, los modelos probados se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Estructura de modelos lineales planteados, AIC (valor del criterio de Akaike) y df (grados de libertad estimados).

Modelo	df	AIC
Cámara + Plataforma * Mes	22	1324,293
Cámara + Plataforma + Mes	13	1334,896
Cámara + Mes	12	1334,196
Cámara + Plataforma	4	1334,220
Cámara	3	1333,304

El modelo seleccionado indica que los animales no se distribuyen de manera homogénea en las plataformas a lo largo de los meses, y que el número de animales capturados por el VANT varía sensiblemente dependiendo del conteo realizado por el método convencional, el mes del censo y la plataforma relevada (Tabla 11).

Tabla 11. Estimación de los parámetros de modelo lineal seleccionado que incluye a las variables Cámara, Plataforma y Mes de muestreo.

Parámetro	Estimación	Error estándar	P-valor	Significancia
Ordenada al origen	212,23459	75,93955	0,00639	**
Cámara	1,02131	0,03219	< 2e-16	***
Enero	-119,79304	103,90611	0,25211	
Febrero	-254,87250	103,94476	0,01620	*
Marzo	-156,17579	103,94003	0,13657	
Mayo	38,00249	104,12296	0,71601	
Junio	22,74986	104,87510	0,82878	
Agosto	-248,62512	92,16597	0,00839	**
Septiembre	-200,85716	92,02442	0,03176	*
Octubre	-184,02968	105,85542	0,08566	.
Diciembre	2,80970	103,93344	0,97849	
Plataforma	-27,53041	13,10809	0,03860	*
Enero: Plataforma	13,98800	18,46468	0,45076	
Febrero: Plataforma	34,39232	18,46613	0,06591	.
Marzo: Plataforma	19,64720	18,47986	0,29065	
Mayo: Plataforma	2,99166	18,53585	0,87215	
Junio: Plataforma	0,74032	18,56237	0,96828	
Agosto: Plataforma	56,97035	16,16599	0,00068	***
Septiembre: Plataforma	32,01778	16,20755	0,05138	.
Octubre: Plataforma	28,49015	18,79604	0,13321	
Diciembre: Plataforma	0,93297	18,46794	0,95983	

Los animales se ubican en las distintas plataformas a lo largo de los meses y esto se manifiesta en la interacción de primer orden existente entre el mes y el número de plataforma. Particularmente para el mes de agosto, la plataforma 9 presentó una cantidad de animales que no fueron capturadas en los muestreos convencionales. El número total de animales estimados por este modelo entre los años 2014 y 2019 se presenta en el Anexo I (Figura 29).

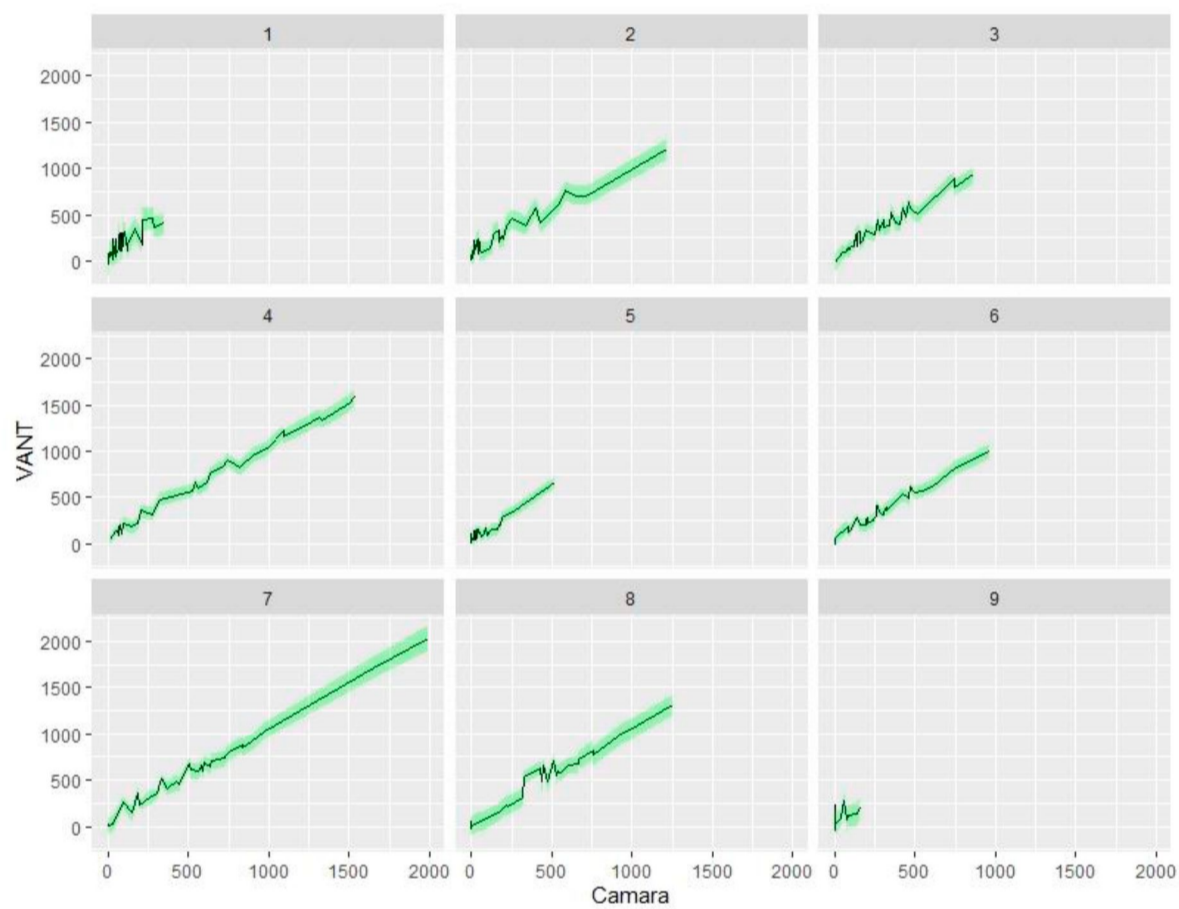


Figura 29. Predicción de las abundancias para el período 2014 – 2019 a partir de los conteos mediante el método convencional (cámara) para cada plataforma censada a partir del ajuste del Modelo Lineal Generalizado.

Cambios en la composición de la estructura del apostadero

El número total de individuos según la categoría etaria hecha en 1990 (período 1986 – 1987) fue mucho menor que los obtenidos para el período 2014 – 2020 (ver Anexo II). Asimismo, se observa que el número de crías nacidas en el ANP Punta Marqués se incrementó desde 0 a aproximadamente 50 crías en el mismo período (Tabla 12).

Tabla 12. Número total (N) de crías nacidas en el apostadero durante el mes de enero descriptos para el período 1986-1988 y el presente estudio (2014-2020) mediante el método convencional.

Año	Crías nacidas (N)
1986	0
1987	0
2014	6
2015	21
2016	34
2017	31
2018	53
2019	67
2020	57

También la dinámica anual del apostadero cambió desde la década de 1980, en donde los animales se encontraban presentes durante los meses de invierno, previo a la temporada reproductiva. Desde el año 2014 en adelante, el número de animales fluctúa, presentando los máximos entre los meses de diciembre y mayo (Figura 30). El número de animales que se encuentran en el área también ha sufrido un gran incremento, llegando a ser 10 veces más de lo que se contabilizó en los censos de 1986 y 1987.

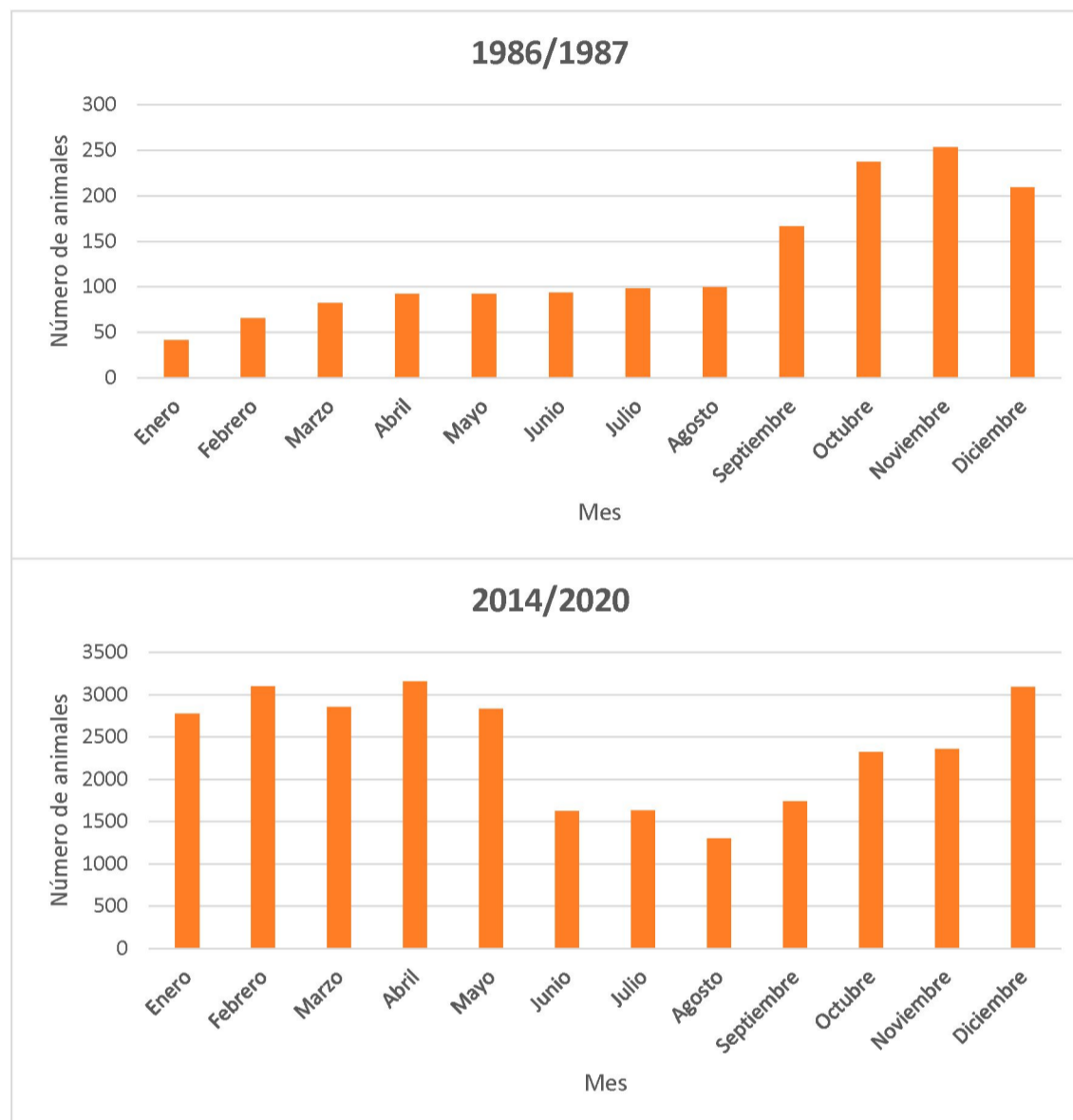


Figura 30. Panel superior, número promedio del total de animales censados por Reyes (1990) durante los años 1986 y 1987. Panel inferior, número promedio del total de animales censados durante este trabajo (2014/2020). Nótese que la cantidad de animales se incrementó aproximadamente 10 veces.

DISCUSIÓN

Comparación de abundancia y categorización entre ambos métodos de muestreo

En el marco de la presente tesis, se estudió una metodología de muestreo alternativa mediante censos aéreos (VANT) para determinar la estimación de abundancia de pinnípedos. Este método de muestreo resultó ser una técnica eficiente en el conteo de lobos marinos de un pelo en el ANP Punta Marqués, registrándose un mayor número de individuos totales con respecto al censo terrestre (método convencional). Asimismo, se encontraron diferencias dependiendo de la categoría de sexo y edad.

El modelo predictivo seleccionado para el número total de lobos predijo una abundancia superior para el método VANT principalmente en las plataformas 1, 7, 8 y 9, indicando que el método convencional subestima la abundancia de lobos marinos. Asimismo, se observa que el número de lobos varía estacionalmente, así como su distribución espacial. Durante los meses de diciembre a marzo, el número de lobos aumenta registrándose el mayor número de individuos entre las plataformas 1 y 4, coincidente con el inicio y finalización del período reproductivo, mientras que en las plataformas 8 y 9 no se contabilizaron. Sin embargo, a partir del mes de abril se observa un desplazamiento de los individuos hacia estas plataformas obteniendo resultados más precisos y exactos por el VANT que los realizados mediante el método convencional.

Para la categoría de Crías, también se encontraron diferencias entre ambos métodos de muestreo evidenciando una subestimación en el número mediante el método convencional, principalmente en las plataformas 7, 8 y 9. Las mayores diferencias se observaron luego del período reproductivo. Durante el mes de enero, en la colonia se registra la mayoría de los nacimientos localizados específicamente en la plataforma número 3. Esto hace que durante este mes sea más fácil diferenciar con ambos métodos a esta clase etaria por las características morfológicas descritas y además que permanecen junto a la madre mientras amamantan o conformando grupos de recién nacidos cerca de otras hembras durante los viajes de alimentación. La disposición geográfica y distribución de esta clase en esta plataforma en particular, resultó en un conteo similar para ambos métodos de monitoreo. Sin embargo, el sesgo aumenta a partir del mes de marzo cuando las crías ya son más grandes y móviles, desplazándose hacia otras plataformas con características geográficas más heterogéneas y muchas veces determinar el tamaño corporal diferenciándolos de individuos juveniles resulta difícil y en una subestimación por parte del método convencional. Estudios realizados en poblaciones de pinnípedos han determinado que el uso de VANTs mejora el conteo de crías en comparación con los conteos terrestres o desde embarcaciones

(Fernández 2016; McIntosh et al. 2018; Rueda et al. 2020). En muchas poblaciones de pinnípedos se estima el tamaño completo de una población a partir del conteo de crías, principalmente debido a que esta categoría minimiza el error de conteo debido a que son fácilmente distinguibles morfológicamente del resto de las clases etarias y porque permanecen en tierra al momento de realizar los censos durante la etapa reproductiva (Crespo y & Pedraza 1991; Kirkwood et al. 2010; Lonergan et al. 2011; Grandi et al. 2021). Por ello, es importante contar con un método de monitoreo que minimice el error de conteo siendo el muestreo con VANT la mejor opción para aplicar esta metodología.

Las Hembras y Juveniles fueron la categoría más abundante en la colonia, registrándose una subestimación por parte del método convencional en todas las plataformas. El modelo seleccionado para esta categoría contempló además de la fecha y cámara, a las plataformas como posible variable explicativa. Este modelo evidencia también la existencia de una variación estacional en el número de individuos, con valores mínimos durante el invierno, y un aumento a partir del verano con picos máximos en otoño. Esto podría explicar la llegada de Hembras y Juveniles provenientes de otras colonias reproductivas que utilizarían a las plataformas del ANP Punta Marqués como sitio de descanso y crianza. Este aumento también se observó con las Crías nacidas en la temporada 2020. Si bien el registro de nacimientos en el apostadero del ANP Punta Marqués fue de 57 crías, se observó un incremento de esta categoría una vez transcurrida la temporada reproductiva, junto con un incremento de la categoría Hembras y Juveniles, que incluye en su clasificación a las hembras adultas (reproductoras), lo que refuerza aún más la hipótesis de que la colonia del ANP Punta Marqués se comporte como un apostadero mixto. Este tipo de apostadero en general se encuentra ocupado permanentemente por juveniles y registran actividad reproductiva, con un número de nacimientos bajos, tendiendo a convertirse en futuras áreas de crías (Reyes 1990; Grandi et al. 2008).

Esta categoría (Hembras y Juveniles) suele ser la más compleja de caracterizar, ya que la identificación de los juveniles suele ser más subjetiva en determinadas épocas del año, precisamente cuando se pretende diferenciar crías de casi un año de juveniles pequeños de más de un año. En este caso, el ángulo de observación que se tiene mediante fotos aéreas tomadas con el VANT permitió comparar morfológicamente el tamaño de los individuos permitiendo diferenciar las clases de edad con mayor precisión que las fotografías tomadas mediante el método convencional. Además, el alcance del VANT en sitios que desde tierra no se puede acceder, determinó principalmente en las plataformas 1, 4, 6, 7, 8 y 9 las mayores diferencias en el número de individuos.

Las categorías de edad y sexo de los machos variaron para ambos métodos. En el caso de los Machos Adultos, no se observaron diferencias significativas en el número de animales contados por cada método.

Por lo tanto, no se generaron modelos para explicar la relación entre el método convencional y VANT. Esto era de esperarse, ya que esta es una categoría morfológica y comportamentalmente diferente a las demás categorías, incluidas las de los Machos Sub-adultos. En esta colonia en particular, los Machos Adultos se encuentran distribuidos en la plataforma 3, únicamente durante los meses de diciembre a febrero, conformando harenes de varias hembras adultas y crías recién nacidas, por lo que su identificación y conteo resultó ser similar para ambos métodos de muestreo. Sin embargo, para la categoría de los Machos Sub-adultos los conteos sí resultaron en diferencias significativas dependiendo del método de muestreo, resultando en una subestimación por parte del método convencional. Para esta categoría en particular, se tuvo en cuenta una variable explicativa adicional (Hembras y Juveniles), a fin de buscar el mejor modelo que pudiera estimar su número. Este factor ha sido incluido en otras colonias resultando una variable altamente significativa (Coscarella et al. 2013).

A diferencia de los Machos Adultos, los Machos Sub-adultos se encuentran en la mayoría de las plataformas durante todo el año. Su distribución es bastante heterogénea, ocupando durante el período reproductivo las plataformas 1 a 7 (con las mayores abundancias en las plataformas 6 y 7). Esto coincide con la distribución de esta clase etaria en esta época, estableciéndose en posiciones periféricas de la colonia, manifestando comportamientos estratégicos para ganar el acceso a las hembras (Campagna et al. 1988a). Durante este período es común observar comportamientos agonísticos como el rapto de crías (Campagna et al. 1988a,b), el cual puede ser interpretado como una posible práctica en obtener experiencia sobre cómo controlar a las hembras adultas ya que para realizar el rapto deben interactuar con los machos adultos que conforman el harén (Campagna et al. 1988b). Este tipo de comportamiento fue registrado en el área de estudio, mientras se realizaba el censo en enero del año 2017.

Luego de esta etapa, se observa un aumento en el número total de individuos y cambios en la distribución, siendo las plataformas 6, 7 y 8 las de mayor abundancia. La plataforma 9 fue ocupada durante los meses de agosto, septiembre y octubre, registrándose para los dos primeros meses individuos únicamente mediante el VANT, no pudiendo ser detectados con el método convencional. La distribución de los Machos Sub-adultos en estas plataformas también coincide con la finalización de la etapa reproductiva, donde además se puede observar que a partir del mes de abril comienzan a ocupar la plataforma número 3 (la misma que durante la etapa reproductiva se encuentra ocupada por Machos Adultos, Hembras y Crías nacidas). En estos meses, los Machos Sub-adultos adquieren territorios dentro de la colonia, luego de que los Machos Adultos abandonan la zona (Campagna et al. 1988b). Estos comportamientos en esta clase etaria podrían estar explicando por qué la variable explicativa de Hembras y Juveniles resultó en un mejor ajuste al modelo para estimar su abundancia.

Si bien para estimar la abundancia de la población de pinnípedos no solo se han buscado técnicas de monitoreo que minimicen el error de conteo, también se han empleado en su estudio factores de corrección para determinar el tamaño total de la población, a fin de incluir aquellos animales que no se encuentran en tierra al momento del censo (Crespo 1988; Grandi 2010; Romero et al. 2017). En el caso de Argentina, específicamente para la población de la Patagonia Norte, la relación entre el total estimado y el total censado resultó en un factor de corrección de 1,8, lo que indicaría que el 44,44% de los animales no estaría en tierra durante los censos en época reproductiva (Crespo 1988). En este trabajo no se tuvieron en cuenta factores de corrección ya que el objetivo se centró en estudiar el sesgo entre los conteos realizados por el VANT en función de los conteos mediante el método convencional (cámara), y no en determinar el tamaño real de la colonia del ANP Punta Marqués. Sin embargo, sería importante tener en consideración para futuras investigaciones que contemplen el estudio total de individuos en el ANP, incluir también a estos factores de corrección el ajuste del modelo de las abundancias, a fin de minimizar el sesgo relacionado al método de conteo.

Corrección de los valores de los censos realizados durante el período 2014-2019

Si bien los modelos que determinan la presencia de los animales en la colonia fueron los que mejor ajuste presentaron, éstos no fueron útiles al momento de predecir la cantidad de animales en la colonia para realizar una corrección de los conteos realizados con el método convencional. Aunque los GAMM pueden predecir por fuera del rango de las observaciones (Simpson 2018), en el caso particular de los animales estimados como conteos del VANT a partir de las observaciones de la cámara, los modelos no se comportaron como se esperaba. El problema puede presentarse debido a que las condiciones del fenómeno bajo observación, no se han mantenido constantes (Conn et al. 2015). Esto se debe a que el número de animales en la colonia ha aumentado debido al incremento poblacional que la especie se encuentra experimentando en toda Patagonia (Reyes et al. 1999; Dans et al. 2004; Baylis et al. 2015; Grandi et al. 2015; Milano et al. 2020). De esta manera, los valores estimados por estos modelos no fueron capaces de predecir por fuera del rango de tiempo en que se llevó adelante el experimento.

Por otra parte, utilizando modelos más sencillos fue posible obtener estimaciones razonables para el total de individuos. Sin embargo, para el resto de los grupos los modelos encontraron dificultades de estimación, principalmente obteniéndose valores negativos para los conteos que realizados con la cámara presentaban valores 0 (Datos no mostrados). Una manera de mejorar el ajuste de estos modelos sería

utilizando GLMM (Modelos Lineales Generalizados Mixtos), pero su implementación tiene como desventaja que los intervalos de confianza no son exactos (Bates et al. 2020).

Factibilidad en el uso de VANTs

Entre las ventajas que podemos mencionar en la utilización del VANT para este estudio se encuentra la obtención de imágenes de alta calidad tomadas en poco tiempo, así como una optimización en el tiempo del procesamiento de las imágenes con respecto al método convencional. Este tipo de monitoreo permite generar un banco de imágenes proporcionando una fuente de registros fotográficos para futuras investigaciones, la posibilidad de hacer repeticiones de conteos y caracterización de los individuos independientemente por diferentes personas. Estudios llevados a cabo para evaluar la eficacia de las fotografías aéreas, demostraron que las mismas fotografías analizadas por distintos observadores resultaron en conteos de abundancia y categorización menos variables entre sí que cuando estos fueron realizados mediante censos convencionales desde tierra o embarcación (Lowry 1999; McIntosh et al. 2018). Las fotografías tomadas desde puntos de tierra generalmente son captadas lateralmente y no de manera vertical como ocurre con las fotografías aéreas, por lo que existe la posibilidad de omisión en el conteo de individuos que podrían estar ubicados detrás de los que se observan en primer plano (Rueda et al. 2020), incluso aquellos individuos que se disponen en sectores de la lobería que desde tierra no es posible su acceso o registro fotográfico, como ocurrió en el ANP Punta Marqués, especialmente en las plataformas 1, 4, 7, 8 y 9. La incorporación de los VANTs en el estudio de las poblaciones de pinnípedos también permite un monitoreo más frecuente en distintos períodos estacionales, especialmente en temporada reproductiva sin generar perturbaciones significativas (McIntosh et al. 2018) o en áreas ecológicamente sensibles (Hodgson et al. 2018). Para censar a las colonias que se encuentran en terrenos planos, se debe esperar a que los harenes se hayan disuelto evitando así que se produzcan estampidas y no obteniéndose el número máximo de animales de la colonia (Wickens & Shelton 1992; Kirkwood et al. 2010). La presencia de observadores en colonias de pinnípedos puede provocar estampidas, lesiones, interrupción de la reproducción e incluso la muerte de individuos (Van der Hoop et al. 2013).

Estado actual de la colonia de lobos marinos

A partir del análisis de las predicciones se pudo evaluar que tanto la abundancia como la estructura social del apostadero presente en el ANP Punta Marqués ha cambiado en comparación a las descripciones pasadas desde los censos realizados por Reyes (1990). Esta colonia fue caracterizada como una colonia no reproductiva, habitada casi en forma permanente por individuos juveniles y Machos Sub-adultos, recibiendo un incremento de esta última categoría luego de la temporada reproductiva, con un fuerte aporte de Hembras y Juveniles a fines del invierno (Reyes 1990). El área de ocupación por parte de estos individuos estaba restringida solo a un sector del apostadero, denominado actualmente como la plataforma número 4. En cuanto al total de los animales, el número se mantenía constante durante los meses de abril a agosto, llegando al pico máximo hacia noviembre, disminuyendo hacia fines de diciembre, con valores que no superaban los 400 individuos (Reyes 1990). Desde entonces y hasta el año 2013 no se obtuvieron datos de la colonia. Los resultados obtenidos para el período estudiado (2014-2020) sugieren que la dinámica de esta lobería se ha modificado en los últimos 30 años. Uno de los cambios más importantes observados es el registro de nacimientos durante el mes de enero a partir del año 2014, con un progresivo aumento hasta el período estudiado 2020 (N:6; 19; 30; 30; 52; 67; 57, respectivamente), siendo la temporada 2022 la que registró el mayor número con un total de 86 crías nacidas (datos no publicados). Estos nacimientos ocurren en un sector de la lobería (plataforma 3) en que queda espacio disponible en cada pleamar, lo que incrementaría la probabilidad de sobrevivir de las crías.

Por otro lado, se ha observado un incremento de lobos marinos durante los últimos años, registrándose para el año 2020 más de 3500 individuos en el mes de enero, con un aumento entre los meses de abril a mayo superando los 5000 individuos en el conteo realizado con el VANT, y un mínimo registrado para el mes de agosto con alrededor de 2400 lobos. El fuerte aumento registrado en el otoño, principalmente de las categorías Hembras y Juveniles y Crías hace pensar en la incorporación de juveniles de un año al apostadero, posiblemente de animales destetados luego del nacimiento de la cría, así como el ingreso de hembras con cachorros nacidos esa temporada proveniente de otros apostaderos. Este tipo de movimiento había sido sugerido previamente por Reyes (1990) para esta colonia. Existen dos zonas de crías cercanas al apostadero estudiado. Una de ella es Islas Quintano, al norte de Punta Marqués (Reyes et al. 1999), y la segunda corresponde al área de cría de Monte Loaiza, ubicada en el extremo sur del Golfo San Jorge con una elevada tasa de producción de crías (Grandi et al. 2015; Dufourg 2020). Si bien las variaciones en el número de individuos observadas entre la temporada reproductiva y no reproductiva en estos años reflejan los movimientos estacionales y locales que existen dentro de la población debido a la

naturaleza de la especie (Ximénez 1975), sería importante estudiar la relación que existe entre estos asentamientos cercanos, a fin de contribuir al estudio de la recuperación observada para la especie en el Atlántico y específicamente en la zona centro de la Patagonia.

La presencia de un mayor número de animales y los cambios registrados en estos últimos 30 años en la permanencia de los animales hacen que la dinámica del apostadero del ANP Punta Marqués se asemeje más a una colonia de tipo reproductivo que a un asentamiento de invierno. Este tipo de cambios también se han registrado en otros apostaderos, como Punta Loma en el Golfo Nuevo (Grandi et al. 2008; Dans et al. 2012). Sin embargo, el número de crías nacidas se presenta aún en una muy baja proporción, por lo que en este momento la colonia del ANP Punta Marqués podría considerarse como mixta, de acuerdo con la clasificación de Grandi et al. (2008). El proceso de desarrollo que presentan los apostaderos desde colonias ocasionales a apostaderos de cría no es homogéneo, y existen lugares que nunca llegaron a presentar un estado de colonia de cría (e.g. Punta Ameghino, Dans et al. 2012). En el caso del sitio estudiado en el presente trabajo, la falta de áreas que queden al descubierto durante la marea alta podría ser una limitante para que en algún momento se convierta en apostadero de cría, pudiendo permanecer en una clasificación de "mixta". Sin embargo, este proceso deberá ser monitoreado en el tiempo, así como se debería relevar las zonas cercanas con el objeto de determinar si existen nuevos lugares donde los lobos marinos pudieran asentarse.

CONCLUSIONES

- El uso de los VANT resultó ser una técnica eficiente en el conteo de lobos marinos de un pelo en el ANP Punta Marqués, registrándose un mayor número de individuos totales con respecto al método de muestreo convencional (censo terrestre).
- La categorización de clases (edad/sexo) y abundancia resultó ser más eficiente mediante el uso del VANT, a excepción de la categoría Machos Adultos donde el conteo fue el mismo independientemente del método de muestreo utilizado.
- Los factores que determinan el número de animales en la colonia fueron diferentes para cada categoría de clases. En el caso de las Crías el mejor modelo soportado indicó que las variables explicativas más importantes fueron la fecha en que se realizó el censo y el número de animales contados a partir del método convencional. Para las Hembras y Juveniles el mejor modelo soportado indicó que las variables explicativas más importantes fueron la fecha, el número de

animales contados a partir del método convencional y la plataforma. Finalmente, para los Machos Sub-adultos el mejor modelo indicó que además de las variables fecha, número de animales contados a partir del método convencional y plataforma, se encuentra el número de Hembras y Juveniles presentes en la colonia al momento de realizar el conteo.

- Si bien no fue posible establecer un modelo GAMM que permita realizar el retrocálculo para corregir las estimaciones realizadas en el pasado utilizando sólo el censo terrestre (método convencional), a partir de GLM fue posible obtener estimaciones razonables para el total de individuos. Sin embargo, para el resto de los grupos estas estimaciones se encontraron con dificultades de estimación.
- Se evidenció un significativo aumento y cambio en la estructura social del apostadero durante el período 2014-2020 en comparación a la caracterización hecha en el año 1990, por lo que se propone que este apostadero sea considerado como un apostadero mixto.

BIBLIOGRAFÍA

- Aniceto, A. S., Biuw, M., Lindstrøm, U., Solbø, S. A., Broms, F., & Carroll, J. (2018). Monitoring marine mammals using unmanned aerial vehicles: quantifying detection certainty. *Ecosphere*, 9(3), e02122.
- Bartheld, J., Pavés, H., Contreras, F., Vera, C., Manque, C., Miranda, D., ... & Ossman, L. (2008). Cuantificación poblacional de lobos marinos en el litoral de la I a IV Región. Informe Final Proyecto FIP 2006-50: 1-124.
- Bates, D. et al 2020. Package "lme4" v1.1-21. <https://cran.r-project.org/package=lme4>
- Baylis, A. M., Orben, R. A., Arnould, J. P., Christiansen, F., Hays, G. C., & Staniland, I. J. (2015). Disentangling the cause of a catastrophic population decline in a large marine mammal. *Ecology*, 96(10), 2834-2847
- Booth, C. G., Sinclair, R. R., & Harwood, J. (2020). Methods for Monitoring for the Population Consequences of Disturbance in Marine Mammals: A Review. *Frontiers in Marine Science*, 7(February), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00115>
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). A practical information-theoretic approach. *Model selection and multimodel inference*, 2, 70-71.
- Block, B., Jonsen, I., Jorgensen, S. et al. (2011). Tracking apex marine predator movements in a dynamic ocean. *Nature* 475, 86–90. <https://doi.org/10.1038/nature10082>
- Campagna, C. (1985). the Breeding Cycle of the Southern Sea Lion, *Otaria Byronia*. *Marine Mammal Science*, 1(3), 210–218. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1985.tb00010.x>
- Campagna, C., & Boeuf, B. J. L. E. (1987). Reproductive behaviour of shouthern sea lions. *Behaviour*, 104, 233–280.
- Campagna, C., Le Boeuf, B. J., & Cappozzo, H. L. (1988a). Group Raids: A Mating Strategy of Male Southern Sea Lions. In *Source: Behaviour* (Vol. 105, Issue 3).
- Campagna, C., Le Boeuf, B. J., & Cappozzo, H. L. (1988b). Pup Abduction and Infanticide in Southern Sea Lions. In *Source: Behaviour* (Vol. 107, Issue 1).
- Cappozzo, H. L. (1995). Comportamiento reproductivo en dos especies de Otariidos de América del Sur. 1–147. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2704_Cappozzo.pdf
- Cappozzo, H. L., Campagna, C., & Monserrat, J. (1991). Sexual dimorphism in newborn southern sea lions. *Marine Mammal Science*, 7(4), 385–394. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1991.tb00113.x>
- Cappozzo, H.L., & Perrin W. (2009). South American Sea Lion, *Otaria flavescens*. In In: Perrin WF, Würsig B, Thewissen JCM, editors. *Encyclopedia of Marine Mammals*, 2nd edition. London: Academic Press, (2nd editio, p. p 1076–79.). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804327-1.00238-7>

- Chabot, D., & Bird, D. M. (2015). Wildlife research and management methods in the 21st century: Where do unmanned aircraft fit in? *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3(4), 137–155. <https://doi.org/10.1139/juvs-2015-0021>
- Conn, P. B., Johnson, D. S., & Boveng, P. L. (2015). On Extrapolating Past the Range of Observed Data When Making Statistical Predictions in Ecology. *PLoS ONE* 10(10): e0141416. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141416>
- Contreras Von Meyer, F., Bartheld Villagra, J. L., Moreno Gómez, F., Torres, J. P., & Montecinos, M. (2014). Cuantificación poblacional de lobo marino común (*Otaria flavescens*) en el litoral de la XV, I y II Regiones.
- Coscarella, M. A., Dans, S. L., & Crespo, A. (2013). Evaluación de impacto de la actividad de buceo en inmediaciones de una colonia de lobos marinos de un pelo en la Provincia del Chubut. M. D. a. Y. C. D. D. Sustentable, Rawson, Chubut.
- Crespo, E. A. (1988). Dinámica poblacional del lobo marino del sur *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) en el norte del litoral patagónico. Ph.D. Tesis, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires., 298.
- Crespo, E. A., & Pedraza, S. N. (1991). Estado actual y tendencia de la población de lobos marinos de un pelo (*Otaria flavescens*) en el litoral norpatagónico. *Ecología Austral*, 1(Cariara 1952), 87–95.
- Dans, S. L., Crespo, E. A., Pedraza, S. N., & Alonso, M. K. (2004). Recovery of the South American sea lion (*Otaria flavescens*) population in northern Patagonia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(9), 1681–1690. <https://doi.org/10.1139/F04-105>
- Dans, S. L., Sielfeld, W., Aguayo, A., Giardino, G., & Mandiola, M. A. (2012). Estado y tendencia de las poblaciones. In: Crespo E, Oliva D, Dans S, Sepúlveda M (Eds) Estado de situación del lobo marino común en su área de distribución. Universidad de Valparaíso, Valparaíso, January 2012, pp 8–15.
- Dufourg, P. (2020). Cambios en el tiempo de la estructura, ocupación y tendencia de *Otaria flavescens* en la reserva natural provincial Monte Loayza (Santa Cruz, Argentina). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales, UNPSJB.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1697-4>.
- Fernandez, K. (2016). Censo de lobos marinos de California (*Zalophus californianus*) utilizando vehículos aéreos no tripulados. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. 63 pp.
- Fernandez, K., Pardo, M. A., Salvadeo, C., Beier, E., & Elorriaga-Verplancken, F. R. (2017). Detectability and categorization of California sea lions using an unmanned aerial vehicle. *Marine Mammal Science*, 33(3), 913-925.
- Giardino, G., Mandiola, A., Bastida, J., Denuncio, P., Dassis, M., Bastida, R., & Rodríguez, D. (2013). Técnica

de marcado por decoloración de pelo en el lobo marino *Otaria flavescens*: descripción y evaluación del método. *Mastozoología neotropical*, 20(2), 393-398.

Giardino, G. V., Mandiola, M. A., Bastida, J., Denuncio, P. E., Bastida, R. O., & Rodríguez, D. H. (2016). Travel for sex: Long-range breeding dispersal and winter haulout fidelity in southern sea lion males. *Mammalian Biology*, 81(1), 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2014.12.003>.

Giardino, G., Mandiola, A., Bastida, R., & Rodriguez, D. (2017). Estimated population size of two South American sea lion male haulouts from the northern coast of Argentina. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2015-0147>.

Goebel, M. E., Perryman, W. L., Hinke, J. T., Krause, D. J., Hann, N. A., Gardner, S., & LeRoi, D. J. (2015). A small unmanned aerial system for estimating abundance and size of Antarctic predators. *Polar Biology*, 38(5), 619-630.

Grandi, M. F., Dans, S. L., & Crespo, E. A. (2008). Social composition and spatial distribution of colonies in an expanding population of South American sea lions. *Journal of Mammalogy*, 89(5), 1218–1228. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-088.1>.

Grandi, M. F., De Oliveira, L. R., Dans, S. L., & Crespo, E. A. (2012). A hunted population in recovery: Effective population size for South American sea lions from Patagonia. *Animal Biology*, 62(4), 433–450. <https://doi.org/10.1163/157075612X642941>.

Grandi, M. F., Dans, S. L., & Crespo, E. A. (2015). The recovery process of a population is not always the same: The case of *Otaria flavescens*. *Marine Biology Research*, 11(3), 225–235. <https://doi.org/10.1080/17451000.2014.932912>.

Grandi, M. F., García, N. A., & Crespo, E. A. (2021). Recomendaciones metodológicas para los censos de lobos marinos comunes, *Otaria flavescens*. *Ecología Austral*, 532-545.

Hodgson, A., Peel, D., & Kelly, N. (2017). Unmanned aerial vehicles for surveying marine fauna: assessing detection probability.

Hodgson, J.C, Mott, R., Baylis, S.M., Pham, T.T., Wotherspoon, S., Kilpatrick, A.D., Raja Segaran, R., Reid, I., Terauds, A., & Koh, L.P. (2018). Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods in Ecology and Evolution* 9, 1160–1167. doi: 10.1111/2041-210X.12974.

Jones, M., & Martinez, H. (2018). Informe preliminar: Características geomorfológicas y de procesos geológicos en el Área Natural Protegida Punta Marques. SEGEMAR.

Kirkwood, R., Pemberton, D., Gales, R., Hoskins, A. J., Mitchell, T., Shaughnessy, P. D., & Arnould, J. P. (2010). Continued population recovery by Australian fur seals. *Marine and freshwater research*, 61(6), 695-701.

Kirn, W. (1986). Cuando en la Lobería había Lobos. *Patag. Agrop.*, 8, 27–29.

Koski, W. R., Allen, T., Ireland, D., Buck, G., Smith, P. R., Macrander, A. M., ... & McDonald, T. L. (2009). Evaluation of an unmanned airborne system for monitoring marine mammals. *Aquatic*

Mammals, 35(3), 347.

- Koski, W. R., Thomas, T. A., Funk, D. W., & Macrander, A. M. (2013). Marine mammal sightings by analysts of digital imagery versus aerial surveyors: a preliminary comparison. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 1(01), 25-40.
- Lewis, M. N., & Ximenez, I. (1983). Dinámica de la población de *Otaria flavescens* (Shaw) en el área de Península Valdés y zonas adyacentes (segunda parte). *Cons. No. 79. Cent. Na-Pat.*, 21 pags.
- Lonergan, M., Thompson, D., Thomas, L., & Duck, D. (2011). An approximate Bayesian method applied to estimating the trajectories of four British grey seal (*Halichoerus grypus*) populations from pup counts. *Journal of Marine Science* Vol. 2011. Article ID 597424, 7 pages. [hps://doi.org/10.1155/2011/597424](https://doi.org/10.1155/2011/597424).
- Lowry, M. S. (1999). Counts of California Sea Lion (*Zalophus Californianus*) Pups From Aerial Color Photographs and From the Ground: a Comparison of Two Methods. *Marine Mammals Science* 15:143–158
- Lucero, S., Rodríguez, S. M., Teta, P., Cassini, G., & D'Elía, G. (2019). Solving a long-standing nomenclatorial controversy: Designation of a neotype for the southern sea lion *Otaria flavescens* (Shaw, 1800). *Zootaxa*, 4552(2), 296–300. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4555.2.13>.
- Mandujano, S., Pazmany, M., & Rísquez-Valdepeña, A. (2017). Drones: una nueva tecnología para el estudio y monitoreo de fauna y hábitats. *Agroproductividad*. 2017; 10: 79–84., 10(10), 79-84.
- Martella, M. B., Trumper, E., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G., & Gleiser, R. M. (2012). Manual de Ecología. Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca (Biología)*, 5(1).
- McIntosh, R. R., Holmberg, R., & Dann, P. (2018). Looking without landing-using Remote Piloted Aircraft to monitor fur seal populations without disturbance. *Frontiers in Marine Science*, 5(JUN), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00202>.
- Milano, V. N., Grandi, M. F., Schiavini, A. C. M., & Crespo, E. A. (2020). Sea lions (*Otaria flavescens*) from the end of the world: insights of a recovery. *Polar Biology*, 43(6), 695–706. <https://doi.org/10.1007/s00300-020-02672-9>.
- Mustafa, O., Barbosa, A., Krause, D. J., Peter, H. U., Vieira, G., & Rümmler, M. C. (2018). State of knowledge: Antarctic wildlife response to unmanned aerial systems. *Polar Biology*, 41(11), 2387-2398.
- Paez, E. (2006). Situación de la administración del recurso lobos y leones marinos en Uruguay. Menafrá R, Rodríguez-Gallego L, Scarabino F, Conde D, Editors. Bases Para La Conservación y El Manejo de La Costa Uruguaya, Montevideo, 577–583. www.aguaclara.com.uy.
- Páez, M., Lucchetti, D., Vilardo, G.; Riera, M., & Gribaudo, C. (2017). Dinámica estacional de *Otaria flavescens* en el Área Natural Protegida Punta Marqués, Patagonia Argentina. V Congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad. Las Grutas, Rio Netro-Patagonia Argentina. ISBN 978-987-3781-

36-0. 83pp.

- Paredes, J. M., Ocampo, S. M., Foix, N., Olazábal, S. X., Valle, M. N., Montes, A., & Allard, J. O. (2021). Geomorphic and Sedimentological Impact of the 2017 Flash Flood Event in the City of Comodoro Rivadavia (Central Patagonia, Argentina). In *Advances in Geomorphology and Quaternary Studies in Argentina* (pp. 3-29). Springer, Cham.
- Pomeroy, P., O'connor, L., & Davies, P. (2015). Assessing use of and reaction to unmanned aerial systems in gray and harbor seals during breeding and molt in the UK. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3(3), 102-113.
- Raoult, V., Colefax, A. P., Allan, B. M., Cagnazzi, D., Castelblanco-Martínez, N., Ierodiaconou, D., ... & Butcher, P. A. (2020). Operational protocols for the use of drones in marine animal research. *Drones*, 4(4), 64.
- Rasband, W. S. (1997). Imagej, us national institutes of health, bethesda, maryland, usa. <http://imagej.nih.gov/ij/>.
- Reyes, L. M. (1990). Estudio sobre el lobo marino de un pelo *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) en Punta del Marqués, Chubut, y otras agrupaciones no reproductoras. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales, UNPSJB.
- Reyes, L., & Crespo, E. A. (1994). Fluctuaciones diarias y lunares en el número de lobos marinos de un pelo en agrupaciones no reproductivas. En J.A. Oporto, 1994(Ed.): *Anales de la IV Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Chile*, 212-226 pp.
- Reyes, L. M., Crespo, E. a, Issn, V. S., & Wcs, P. (1996). Distribución y abundancia de lobos marinos de un pelo (*Otaria flavescens*) en el centro y sur de Chubut.
- Reyes, L. M., Crespo, E. A., & Szapkievich, V. (1999). Distribution and population size of the southern sea lion (*Otaria flavescens*) in central and southern Chubut, Patagonia, Argentina. *Marine Mammal Science*, 15(2), 478-493. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1999.tb00814.x>
- Rodríguez, D., & Bastida, R. (1993). The Southern Sea Lion. *Marine Mammal Science*, 9(October), 372-381.
- Romero, M. A., Grandi, M. F., Koen-Alonso, M., Svendsen, G., Ocampo Reinaldo, M., García, N. A., Dans, S. L., González, R., & Crespo, E. A. (2017). Analysing the natural population growth of a large marine mammal after a depletive harvest. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05577-6>.
- Rueda, F. B., Arakaki, R. A., & Fano, J. C. (2020). Uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) en la estimación de poblaciones de lobos marinos en la Isla Chincha sur-Ica. *Industrial Data*, 23(2), 7-19.
- Sepúlveda, M., Inostroza, P., Pérez-Alvarez, M. J., Oliva, D., & Moraga, R. (2009). Seasonal variation in the abundance of South American sea lions *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) in Chañaral Island, Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(3), 685-689.
- Sepúlveda, M., Oliva, D., Urra, A., Perez-Alvarez, M. J., Moraga, R., Schrader, D., ... & Sielfeld, W. (2011).

- Distribution and abundance of the South American sea lion *Otaria flavescens* (Carnivora: Otariidae) along the central coast off Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(1), 97-106.
- Sepulveda, M., Carrasco, P., & Quiñones, R. (2016). Comparación de los censos aéreos y marítimo/terrestres para estimaciones de abundancia en otaridos. XI Congreso de la sociedad latinoamericana de especialistas en mamíferos acuáticos. Valparaíso, Chile-239pp.
- Simpson, G. L. (2018). Modelling Palaeoecological Time Series Using Generalised Additive Models. *Frontiers in Ecology and Evolution* 6. doi.org/10.3389/fevo.2018.00149
- Tejedo, A. G. (2003). Estudio de Peligrosidad Geológica del área de playa Belvedere.
- Thompson, W.L., & White, G.C. (1998). *Monitoring Vertebrate Populations*. First Edition. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Thompson, D., Strange, I., Riddy, M., & Duck, C. D. (2005). The size and status of the population of southern sea lions *Otaria flavescens* in the Falkland Islands. *Biological Conservation*, 121(3), 357-367.
- Van der Hoop, J., Barco, S. G., Costidis, A. M., Gulland, F. M., Jepson, P. D., Moore, K. T., ... & McLellan, W. A. (2013). Criteria and case definitions for serious injury and death of pinnipeds and cetaceans caused by anthropogenic trauma. *Diseases of aquatic organisms*, 103(3), 229-264.
- Vaz-Ferreira R. (1982). *Otaria flavescens* (Shaw), South American sea lion. *Mammals of the Seas: Small Cetaceans, Seals, Sirenians and Otters*. Food Agr Org Fish Ser Pp. 39– 65.
- Venables, W.N., & Ripley, B.D. (2002) *Random and Mixed Effects*. In: *Modern Applied Statistics with S. Statistics and Computing*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-0-387-21706-2_10
- Verfuss, U. K., Aniceto, A. S., Harris, D. V., Gillespie, D., Fielding, S., Jiménez, G., Johnston, P., Sinclair, R. R., Sivertsen, A., Solbø, S. A., Storbø, R., Biuw, M., & Wyatt, R. (2019). A review of unmanned vehicles for the detection and monitoring of marine fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 140(January), 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.009>.
- Vilardo, G., & Loizaga, A. (2014). Estructura poblacional de una colonia de Lobos Marinos de un Pelo (*Otaria flavescens*). XXVI Reunión Argentina de Ecología. ISBN 978-987-1937-40-0- 261pp.
- Wade, P. R., & Gerrodette, T. (1993). Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. Report - International Whaling Commission, 43, 477–493.
- Watts, A. C., Perry, J. H., Smith, S. E., Burgess, M. A., Wilkinson, B. E., Szantoi, Z., ... & Percival, H. F. (2010). Small unmanned aircraft systems for low-altitude aerial surveys. *The Journal of Wildlife Management*, 74(7), 1614-1619.
- Wickens, P. A., & Shelton, P. A. (1992). Seal pup counts as indicators of population size. *South African Journal of Wildlife Research-24-month delayed open access*, 22(3), 65-69.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. springer.

Wood, S. N. (2011). Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 73(1), 3-36.

Ximénez, I. (1975). Dinámica poblacional de *Otaria flavescens* (Shaw) en el área de Península Valdés y zonas adyacentes. Provincia de Chubut, República Argentina. Centro Nacional Patagónico, Informe Técnico, 1(1), 52.

Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Zuur, A. F., Leno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). Mixed effects models and extensions in ecology with R. *Stat. Soc.*, 173, 938-939.

ANEXOS

Anexo I. Conteos mediante el método convencional (censo terrestre) y estimaciones de abundancia para el total de los individuos corregidos con el modelo seleccionado durante el periodo 2014-2019.

Mes	Año	Plataforma	Cámara	VANT (conteo corregido)
Enero	2014	1	68	148
Enero	2014	2	51	117
Enero	2014	3	863	933
Enero	2014	4	613	664
Enero	2014	5	177	206
Enero	2014	6	0	11
Enero	2014	7	0	0
Enero	2014	8	0	0
Enero	2014	9	0	0
Febrero	2014	1	211	180
Febrero	2014	2	1216	1213
Febrero	2014	3	0	0
Febrero	2014	4	1509	1526
Febrero	2014	5	0	0
Febrero	2014	6	0	0
Febrero	2014	7	0	5
Febrero	2014	8	0	12
Febrero	2014	9	0	19
Marzo	2014	1	124	175
Marzo	2014	2	0	40
Marzo	2014	3	378	418
Marzo	2014	4	1535	1592
Marzo	2014	5	0	17
Marzo	2014	6	0	9
Marzo	2014	7	0	1
Marzo	2014	8	0	0
Marzo	2014	9	0	0
Diciembre	2014	1	274	468
Diciembre	2014	2	583	757
Diciembre	2014	3	740	891
Diciembre	2014	4	631	753
Diciembre	2014	5	272	360
Diciembre	2014	6	0	55
Diciembre	2014	7	0	29
Diciembre	2014	8	0	2
Diciembre	2014	9	0	0
Enero	2015	1	286	371

Enero	2015	2	548	625
Enero	2015	3	277	335
Enero	2015	4	912	970
Enero	2015	5	80	106
Enero	2015	6	461	482
Enero	2015	7	147	148
Enero	2015	8	0	0
Enero	2015	9	0	0
Marzo	2015	1	352	408
Marzo	2015	2	338	385
Marzo	2015	3	441	483
Marzo	2015	4	590	627
Marzo	2015	5	128	147
Marzo	2015	6	215	228
Marzo	2015	7	27	28
Marzo	2015	8	0	0
Marzo	2015	9	0	0
Abril	2015	7	0	20
Abril	2015	8	59	52
Abril	2015	9	0	0
Mayo	2015	1	214	444
Mayo	2015	2	252	459
Mayo	2015	3	456	642
Mayo	2015	4	741	909
Mayo	2015	5	523	662
Mayo	2015	6	87	192
Mayo	2015	7	517	606
Mayo	2015	8	0	54
Mayo	2015	9	0	29
Agosto	2015	1	121	117
Agosto	2015	2	103	128
Agosto	2015	3	103	157
Agosto	2015	4	67	150
Agosto	2015	5	20	131
Agosto	2015	6	469	619
Agosto	2015	7	95	267
Agosto	2015	8	328	534
Agosto	2015	9	0	229
Septiembre	2015	1	87	105
Septiembre	2015	2	175	199
Septiembre	2015	3	124	151
Septiembre	2015	4	12	42
Septiembre	2015	5	77	112
Septiembre	2015	6	281	325
Septiembre	2015	7	303	352

Septiembre	2015	8	536	595
Septiembre	2015	9	0	52
Octubre	2015	1	77	108
Octubre	2015	2	70	102
Octubre	2015	3	88	121
Octubre	2015	4	183	219
Octubre	2015	5	9	42
Octubre	2015	6	255	294
Octubre	2015	7	380	423
Octubre	2015	8	435	480
Octubre	2015	9	0	37
Enero	2016	1	13	92
Enero	2016	2	0	65
Enero	2016	3	46	99
Enero	2016	4	521	570
Enero	2016	5	36	61
Enero	2016	6	190	205
Enero	2016	7	839	855
Enero	2016	8	321	312
Enero	2016	9	0	0
Marzo	2016	1	0	48
Marzo	2016	2	198	243
Marzo	2016	3	248	286
Marzo	2016	4	1317	1370
Marzo	2016	5	0	17
Marzo	2016	6	204	217
Marzo	2016	7	632	646
Marzo	2016	8	0	0
Marzo	2016	9	0	0
Marzo	2016	1	0	48
Marzo	2016	2	125	168
Marzo	2016	3	341	381
Marzo	2016	4	564	601
Marzo	2016	5	25	42
Marzo	2016	6	241	255
Marzo	2016	7	890	910
Marzo	2016	8	478	481
Marzo	2016	9	0	0
Junio	2016	1	29	238
Junio	2016	2	33	215
Junio	2016	3	131	288
Junio	2016	4	90	220
Junio	2016	5	14	115
Junio	2016	6	200	279

Junio	2016	7	256	309
Junio	2016	8	212	237
Junio	2016	9	0	0
Agosto	2016	1	27	21
Agosto	2016	2	0	22
Agosto	2016	3	83	137
Agosto	2016	4	56	139
Agosto	2016	5	34	146
Agosto	2016	6	143	286
Agosto	2016	7	183	357
Agosto	2016	8	429	637
Agosto	2016	9	0	229
Septiembre	2016	1	51	68
Septiembre	2016	2	0	20
Septiembre	2016	3	69	95
Septiembre	2016	4	80	111
Septiembre	2016	5	57	92
Septiembre	2016	6	88	128
Septiembre	2016	7	191	238
Septiembre	2016	8	667	728
Septiembre	2016	9	0	52
Octubre	2016	1	60	90
Octubre	2016	2	0	30
Octubre	2016	3	97	130
Octubre	2016	4	179	215
Octubre	2016	5	30	64
Octubre	2016	6	159	196
Octubre	2016	7	368	411
Octubre	2016	8	688	739
Octubre	2016	9	156	196
Diciembre	2016	1	81	271
Diciembre	2016	2	171	336
Diciembre	2016	3	195	334
Diciembre	2016	4	761	886
Diciembre	2016	5	24	107
Diciembre	2016	6	89	146
Diciembre	2016	7	573	614
Diciembre	2016	8	0	2
Diciembre	2016	9	0	0
Enero	2017	1	16	95
Enero	2017	2	19	85
Enero	2017	3	174	230
Enero	2017	4	278	322
Enero	2017	5	19	44

Enero	2017	6	301	319
Enero	2017	7	1995	2035
Enero	2017	8	179	167
Enero	2017	9	0	0
Febrero	2017	1	0	0
Febrero	2017	2	427	407
Febrero	2017	3	409	396
Febrero	2017	4	817	819
Febrero	2017	5	161	156
Febrero	2017	6	610	622
Febrero	2017	7	442	457
Febrero	2017	8	0	12
Febrero	2017	9	0	19
Marzo	2017	1	0	48
Marzo	2017	2	39	80
Marzo	2017	3	491	534
Marzo	2017	4	988	1034
Marzo	2017	5	60	78
Marzo	2017	6	551	572
Marzo	2017	7	584	597
Marzo	2017	8	225	223
Marzo	2017	9	0	0
Abril	2017	1	93	280
Abril	2017	2	49	207
Abril	2017	3	464	604
Abril	2017	4	718	835
Abril	2017	5	52	128
Abril	2017	6	495	553
Abril	2017	7	561	592
Abril	2017	8	761	769
Abril	2017	9	0	0
Mayo	2017	1	80	307
Mayo	2017	2	39	241
Mayo	2017	3	348	532
Mayo	2017	4	318	477
Mayo	2017	5	29	157
Mayo	2017	6	420	532
Mayo	2017	7	579	670
Mayo	2017	8	755	825
Mayo	2017	9	0	29
Junio	2017	1	100	310
Junio	2017	2	30	212
Junio	2017	3	140	298
Junio	2017	4	64	193
Junio	2017	5	46	148

Junio	2017	6	319	400
Junio	2017	7	426	483
Junio	2017	8	525	557
Junio	2017	9	73	68
Agosto	2017	1	46	40
Agosto	2017	2	5	28
Agosto	2017	3	172	228
Agosto	2017	4	49	131
Agosto	2017	5	25	136
Agosto	2017	6	257	403
Agosto	2017	7	335	512
Agosto	2017	8	508	718
Agosto	2017	9	56	286
Septiembre	2017	1	51	68
Septiembre	2017	2	0	20
Septiembre	2017	3	135	163
Septiembre	2017	4	63	94
Septiembre	2017	5	30	64
Septiembre	2017	6	245	289
Septiembre	2017	7	448	500
Septiembre	2017	8	603	663
Septiembre	2017	9	40	93
Octubre	2017	1	78	109
Octubre	2017	2	0	30
Octubre	2017	3	158	192
Octubre	2017	4	165	201
Octubre	2017	5	13	46
Octubre	2017	6	306	346
Octubre	2017	7	975	1031
Octubre	2017	8	1255	1318
Octubre	2017	9	11	48
Diciembre	2017	1	94	284
Diciembre	2017	2	404	574
Diciembre	2017	3	424	568
Diciembre	2017	4	1089	1221
Diciembre	2017	5	193	279
Diciembre	2017	6	751	822
Diciembre	2017	7	753	798
Diciembre	2017	8	10	12
Diciembre	2017	9	0	0
Enero	2018	1	89	170
Enero	2018	2	193	262
Enero	2018	3	302	360
Enero	2018	4	1095	1157

Enero	2018	5	80	106
Enero	2018	6	303	321
Enero	2018	7	723	736
Enero	2018	8	0	0
Enero	2018	9	0	0
Febrero	2018	1	2	0
Febrero	2018	2	716	702
Febrero	2018	3	512	501
Febrero	2018	4	1327	1340
Febrero	2018	5	95	89
Febrero	2018	6	196	199
Febrero	2018	7	0	5
Febrero	2018	8	0	12
Febrero	2018	9	0	19
Marzo	2018	1	36	85
Marzo	2018	2	652	706
Marzo	2018	3	742	790
Marzo	2018	4	1242	1293
Marzo	2018	5	175	195
Marzo	2018	6	968	997
Marzo	2018	7	0	1
Marzo	2018	8	0	0
Marzo	2018	9	0	0
Abril	2018	1	44	230
Abril	2018	2	131	291
Abril	2018	3	301	437
Abril	2018	4	545	659
Abril	2018	5	46	122
Abril	2018	6	331	385
Abril	2018	7	737	772
Abril	2018	8	665	671
Abril	2018	9	0	0
Mayo	2018	1	70	297
Mayo	2018	2	13	214
Mayo	2018	3	268	450
Mayo	2018	4	201	357
Mayo	2018	5	18	146
Mayo	2018	6	268	377
Mayo	2018	7	600	691
Mayo	2018	8	938	1012
Mayo	2018	9	83	114
Junio	2018	1	69	279
Junio	2018	2	11	193
Junio	2018	3	157	315
Junio	2018	4	74	203

Junio	2018	5	0	101
Junio	2018	6	194	272
Junio	2018	7	647	708
Junio	2018	8	555	587
Junio	2018	9	141	138
Agosto	2018	1	26	20
Agosto	2018	2	8	31
Agosto	2018	3	89	143
Agosto	2018	4	64	147
Agosto	2018	5	30	141
Agosto	2018	6	265	411
Agosto	2018	7	503	683
Agosto	2018	8	450	659
Agosto	2018	9	0	229
Octubre	2018	1	31	61
Octubre	2018	2	5	35
Octubre	2018	3	138	172
Octubre	2018	4	147	182
Octubre	2018	5	29	63
Octubre	2018	6	325	366
Octubre	2018	7	838	891
Octubre	2018	8	972	1029
Octubre	2018	9	5	42
Diciembre	2018	1	165	357
Diciembre	2018	2	221	388
Diciembre	2018	3	132	270
Diciembre	2018	4	687	810
Diciembre	2018	5	86	170
Diciembre	2018	6	447	512
Diciembre	2018	7	1654	1718
Diciembre	2018	8	39	42
Diciembre	2018	9	0	0
Enero	2019	1	0	79
Enero	2019	2	0	65
Enero	2019	8	0	0
Enero	2019	9	0	0
Febrero	2019	1	0	0
Febrero	2019	8	0	12
Febrero	2019	9	0	19
Marzo	2019	8	0	0
Marzo	2019	9	0	0
Abril	2019	9	0	0
Junio	2019	9	0	0

Anexo II. Número de animales censados durante la caracterización hecha en 1990 (período 1986 – 1987) y censados durante este trabajo (período 2014 – 2020), con su correspondiente clasificación etaria (MA: Machos Adultos; MSA: Machos Sub-adultos; MSAIL: Machos Sub-adultos tipo II; MSAILL: Machos Sub-adultos tipo III; HyJ: Hembras y Juveniles; C: Crías). Las celdas en rojo marcan falta de información.

Año	1986/1987				2014				2015				2016			
	Total	MA + MSAILL	HyJ+MSAIL	C	Total	MA +MSA	HyJ	C	Total	MA +MSA	HyJ	C	Total	MA +MSA	HyJ	C
Enero	41	9	32	0	1772	31	1735	6	2711	31	2659	21	1966	31	1901	34
Febrero	65	43	22	0	2936	15	2920	1	-	-	2070	-	-	-	-	-
Marzo	82	53	30	0	2031	58	1973	0	2091	21	-	-	2599	14	2585	0
Abril	92	56	36	0	-	-	-	-	2658	23	2635	0	-	-	-	-
Mayo	92	49	43	0	-	-	-	-	2790	35	2755	0	-	-	-	-
Junio	93	30	63	0	-	-	-	-	-	-	1194	0	946	17	929	0
Julio	98	32	66	0	-	-	-	-	1245	51	-	-	-	-	-	-
Agosto	99	31	64	0	-	-	-	-	1306	36	1270	0	955	25	930	0
Septiembre	166	60	106	0	-	-	-	-	1595	33	1562	0	1366	18	1348	0
Octubre	237	93	126	0	-	-	-	-	1497	23	1474	0	1737	31	1706	0
Noviembre	253	78	176	0	2323	21	2302	0	1991	33	1958	0	1444	23	1421	0
Diciembre	209	51	158	0	2500	31	2469	0	-	-	-	-	1894	31	1863	0

Año	2017				2018				2019				2020			
	Total	MA +MSA	HyJ	C	Total	MA +MSA	HyJ	C	Total	MA +MSA	HyJ	C	Total	MA +MSA	HyJ	C
Enero	2981	44	2906	31	2785	52	2680	53	3548	33	3448	67	3633	39	3544	50
Febrero	2866	30	2804	32	2848	37	2768	43	3546	85	3405	56	3280	20	3203	57
Marzo	2938	21	2917	0	3815	82	3733	0	3049	57	2992	-	3432	37	3395	0
Abril	3193	108	3085	0	2800	127	2673	0	3377	113	3264	-	3741	15	3726	0
Mayo	2568	23	2545	0	2459	35	2424	0	2201	45	2156	-	4131	45	4086	0
Junio	1723	31	1692	0	1848	35	1813	0	-	-	-	-	2411	25	2386	0
Julio	1992	65	1927	0	1631	27	1604	0	1646	24	1622	-	-	-	-	-
Agosto	1453	52	1401	0	1435	33	1402	0	-	-	-	-	1328	19	1309	0
Septiembre	1615	32	1583	0	-	-	-	-	1611	18	1593	-	2482	29	2453	0
Octubre	2961	44	2917	0	2490	60	2430	0	-	-	-	-	2902	38	2864	0
Noviembre	2936	53	2883	0	3067	39	3028	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Diciembre	3718	53	3665	0	3431	45	3386	0	3917	44	3873	-	-	-	-	-

