



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA DIETA DEL VISÓN AMERICANO *NEOVISON VISON*, EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE AVES Y SUS POBLACIONES REPRODUCTIVAS AL INTERIOR DEL SANTUARIO DE LA NATURALEZA “CARLOS ANWANDTER”.**

**José Ignacio Caro Lagos**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Ciencias  
Biológicas Animales

PROFESOR GUÍA: MAXIMILIANO ÁLVARO SEPÚLVEDA TERÁN  
Corporación Nacional Forestal, Gerencia de Áreas Silvestres Protegidas

SANTIAGO, CHILE  
2017



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA DIETA DEL VISÓN AMERICANO *NEOVISON VISON*, EN RELACIÓN A LA PRESENCIA DE AVES Y SUS POBLACIONES REPRODUCTIVAS AL INTERIOR DEL SANTUARIO DE LA NATURALEZA “CARLOS ANWANDTER”.**

**José Ignacio Caro Lagos**

Nota final .....

Profesor Guía                      Dr. Maximiliano Sepúlveda Terán .....

Profesor Corrector                Dr. Pedro Cattán Ayala .....

Profesor Corrector                Dr. Cristóbal Briceño Urzúa .....

SANTIAGO, CHILE  
2017

*A Ana y Ayalén,  
por su cariño, su amor y tantas alegrías,  
son mi inspiración y energía día a día.*

*A mis padres y familia,  
que por tantos años me han entregado su apoyo incondicional.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	9
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
Área de estudio.....	14
Sitios de muestreo .....	15
Toma de muestras .....	15
Análisis de laboratorio .....	16
Análisis estadístico.....	17
RESULTADOS.....	18
Análisis general de la dieta del visón americano ( <i>Neovison vison</i> ) en el SNCA .....	18
El cisne de cuello negro como presa del visón americano en el SNCA.....	20
Variables espaciales y temporales como predictoras de la depredación de aves por parte del visón americano al interior del SNCA .....	20
Determinación de variables espaciales y temporales .....	20
Correlación entre variables.....	21
Elección del mejor modelo según el AICc .....	22
Modelos lineales generalizados - Regresión logística.....	22
DISCUSIÓN .....	24
Estudios de análisis de dieta a partir de deposiciones .....	24
Análisis general de la dieta del visón americano en el SNCA .....	25
Depredación sobre el cisne de cuello negro en el SNCA.....	27
Variables predictoras de la depredación del visón americano sobre la avifauna del SNCA.....	28
Aportes de este estudio en el manejo del visón americano en el SNCA .....	29
CONCLUSIONES .....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nro. 1: Sitios de muestreo a lo largo del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter [QGIS®]. .....	39
Figura Nro. 2: Sitio de muestreo de heces de visón americano al interior del SNCA. ....	40
Figura Nro. 3: Diferencias en las heces del visón americano (izquierda) y las heces del huillín (derecha). .....	40
Figura Nro. 4: Estructura microscópica de las bárbulas de los anseriformes. ....	41
Figura Nro. 5: Características macroscópicas de plumas de cuatro anseriformes presentes en el SNCA. 1) <i>Anas georgica</i> ; 2) <i>A. flavirostris</i> ; 3) <i>Speculanas specularis</i> ; 4) <i>A. sibilatrix</i> . ....	41
Figura Nro. 6: Frecuencia de ocurrencia relativa (nº de presencia de presa x/ total de presas identificadas), de las presas del visón americano al interior del SNCA. ....	42
Figura Nro. 7: Frecuencia de ocurrencia relativa de las presas del visón americano al interior del SNCA, durante las dos temporadas de muestreo (2014-2015 y 2015-2016). ....	43
Figura Nro. 8: Frecuencia de ocurrencia relativa de las presas del visón americano al interior del SNCA, durante tres estaciones climatológicas. ....	44
Figura Nro. 9: Frecuencia de ocurrencia relativa de las presas del visón americano al interior del SNCA, en los distintos sectores de la unidad. ....	44
Figura Nro. 10: Frecuencia de ocurrencia de los cisnes en el total de heces de visón americano con aves en su interior (nº de cisnes de cuello negro en heces de visón/ total de aves en heces de visón x 100). ....	45
Figura Nro. 11: Frecuencia de ocurrencia relativa del cisne de cuello negro en la dieta del visón americano al interior del SNCA. ....	45
Figura Nro. 12: Cobertura de totora (polígonos verdes) alrededor de los sitios de muestreo, en áreas de influencia de 250, 500 y 1000 metros de radio [QGIS®]. ....	46
Figura Nro. 13: Correlación entre variables predictivas, de abundancia de aves [R project®]. ....	47
Figura Nro. 14: Correlación entre variables predictivas, de cobertura de totorales [R project®]. ..	47
Figura Nro. 15: Presencia o ausencia de aves en la dieta del visón americano, según la abundancia de aves contabilizadas en los distintos sectores [R project®]. ....	48
Figura Nro. 16: Presencia o ausencia de aves en la dieta del visón americano, según la cobertura de totora en un área de influencia de 1000 metros [R project®]. ....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nro. 1: Estimador, error estándar y p-value de las distintas variables predictoras de la regresión logística [R project ®]. .....	49
Tabla Nro. 2: Odds ratio e intervalos de confianza de la regresión logística [R project ®]. .....	49
Tabla Nro. 3: Resultado de la selección multi-criterio a través del Criterio de información de Akaike (AICc) [R project ®]. .....	50

## RESUMEN

El visón americano (*Neovison vison*) es un mustélido introducido en Chile en la década de 1930, y actualmente se encuentra distribuido entre la Región de la Araucanía y la Región de Magallanes. En el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter (SNCA), esta especie aparece mencionada hace más de 15 años, sin embargo, no han existido estudios que permitan dilucidar los posibles impactos predatorios del visón en tal área protegida.

Con este objetivo se monitorearon 19 sitios a lo largo de todo el Santuario durante los años 2014 y 2016, entre los meses de agosto y enero, recopilando heces del visón e identificando los fragmentos de sus presas. Además, en el caso de las aves, las plumas encontradas al interior de las heces del visón fueron manipuladas según el método de Day (1966) para confirmar la presencia del cisne de cuello negro en la dieta de este mustélido. A su vez las presencias de heces con aves, sirvieron para determinar a través de modelos lineales generalizados (regresión logística), qué variables espaciales y temporales predicen mejor el consumo de aves por parte del visón americano en el SNCA.

Se recopilaron un total de 455 heces de visón, mostrando una variación significativa en los dos años de monitoreo, con un aumento en el consumo de presas terrestres en la segunda temporada ( $\chi^2 = 12,589$ ; g.l. = 4;  $p = 0,01347$ ). También hubo variación estacional, consumiendo más mamíferos en invierno, y más crustáceos en primavera-verano ( $\chi^2 = 27,066$ ; g.l. = 8;  $p < 0,001$ ), y variación espacial, con diferencia en la dieta en los distintos sectores de la unidad ( $\chi^2 = 76,448$ ; g.l. = 16;  $p < 0,001$ ).

Se confirmaron 19 presencias de cisne de cuello negro en las heces del visón, representando sólo el 3,3% del total de presas. Sin embargo, esto pudo deberse a un sesgo en el método diagnóstico que no permitió tener una óptima sensibilidad en el resultado.

El modelo que mejor predice el consumo de aves por parte del visón, es el que incluye la mayor abundancia de aves en los distintos sectores del SNCA y la mayor cobertura de totorales en un área de 1000 metros de radio desde el sitio de muestreo Los nidos y polluelos contabilizados tuvieron poco valor predictor. Con estos resultados, se pretende colaborar en la gestión del SNCA, identificando los sectores más críticos a la depredación de aves y así colaborar en el control de esta especie introducida en esta área silvestre protegida (ASP) de una manera más efectiva.

**Palabras claves:** *Neovison vison*, dieta, SN Carlos Anwandter, especies invasoras.

## ABSTRACT

The American mink (*Neovison vison*) is a mustelid introduced in Chile in the 1930's, and at present is distributed between the Araucania and Magallanes regions. In the Carlos Anwandter Nature Sanctuary (SNCA) this species was first reported more than 15 years ago, but at present no studies about mink predatory impact upon biodiversity exist in this protected area.

To determine the mink diet in the Sanctuary and the effect of different variables we monitored 19 sites in the Sanctuary during two years between August and January, collecting mink scats and identifying prey presence. In the case of birds, feathers detected in the scats were analyzed to confirm the presence of the Black-necked swan (*Cygnus melancoryphus*) by using the Day method (1966). We tested of presence of bird prey on mink's diet presented spatial and temporal variation by using generalized linear models (logistic regressions) and Akaike information criterion (AICc).

We collected 455 total scats of American mink in the Sanctuary observing a significant variation between the two years of study, detecting a higher consumption of aquatic and semi-aquatic preys during the first year, and an increased a consumption of terrestrial preys in the second year ( $\chi^2 = 12,589$ ; g.l. = 4;  $p = 0,01347$ ). We also observed a seasonal variation with a higher mammals diet presence during winter, and more consumption of crustaceans during spring-summer ( $\chi^2 = 27,066$ ; g.l. = 8;  $p < 0,001$ ), and spatial variation, with shifts in the diet through the distinct sectors of the unit ( $\chi^2 = 76,448$ ; g.l. = 16;  $p < 0,001$ ).

From all mink scats analyzed, we only confirmed 19 presence of Black-necked swan representing 3,3% of the total preys. Nevertheless, this low value could be due to a low sensitivity of the detection method used to identify at a fine-scale level of bird species.

The best model to predict the presence of birds in mink scats was positively associated to the abundance of birds at the mink scat location and a higher cover of emergent vegetation in an area of 1000m. ratio from the site of scat collection. The number of nests and chicks presented a low predictor value. Based in our results, we identified important recommendations for mink management of the Sanctuary and the control of the predatory impact of the mink in waterfowl birds.

**Key words:** *Neovison vison*, diet, Carlos Anwandter Nature Sanctuary, invasive species.



## INTRODUCCIÓN

El impacto de la introducción de especies exóticas sobre la biodiversidad, está catalogado actualmente como uno de los más importantes a nivel global (Wilcove *et al.*, 1998). En Chile, existen alrededor de 864 especies de flora vascular y 57 vertebrados exóticos (Ray *et al.*, 2014), algunos de ellos mencionados dentro de las 100 especies más perjudiciales del mundo (Lowe *et al.*, 2004). Ante esta amenaza, es importante entender la ecología e impactos de estas especies para una gestión y protección efectiva de la fauna nativa local.

Dentro de las mencionadas 100 especies exóticas de mayor impacto a nivel global (Lowe *et al.*, 2004) se identifica al visón americano (*Neovison vison*, Schreber 1777), el cual es un pequeño carnívoro mustélido cuyo origen se encuentra en Norteamérica, pero producto de la industria peletera esta especie fue introducida en Europa, Asia y en Sudamérica (Jaksic *et al.*, 2002). La presencia de esta especie en Sudamérica se inicia cuando algunos ejemplares se escaparon de sus planteles productivos y otros fueron puestos en libertad deliberadamente, debido a la baja rentabilidad económica y la prohibición de la industria peletera en Chile y Argentina (Jaksic *et al.*, 2002). Desde aquel entonces han colonizado un amplio territorio en ambos países, encontrándose actualmente desde la Región de la Araucanía hacia el sur (Rozzi y Sherriffs, 2003; Medina, 1997).

En el Santuario de la Naturaleza “Carlos Anwandter” (SNCA), hace 18 años que se menciona la presencia del visón americano en su Plan de Manejo (CONAF, 1999), sin embargo, hasta la fecha aún no se ha abordado el conocimiento de su impacto en esta área protegida. Puesto que el impacto de esta especie es poco factible de determinar, una aproximación inicial es determinar qué presas consume este depredador invasor. Es por esto, que el presente trabajo analiza la dieta del visón americano en el Santuario y su relación predatoria sobre la avifauna y sobre el cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*). La decisión de efectuar este análisis mediante la recolección de heces, y no a través del análisis de contenido estomacal, se tomó producto de la mayor factibilidad de obtener muestras de deposiciones en el lugar.

Esta información permitirá orientar de forma más eficiente las actividades de control de este depredador exótico al interior del Santuario.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Una especie invasora, es aquella que ha ingresado a un rango más amplio desde su distribución nativa original, en el cual ha logrado sobrevivir y reproducirse, sin la colaboración del ser humano, y en donde causa considerables impactos negativos en el ecosistema en que se ha establecido (Keller *et al.*, 2011; Mack *et al.*, 2000). Generalmente, estas especies una vez establecidas, van aumentando su impacto sobre la biodiversidad local, y es por ello que en la actualidad este fenómeno ha llegado a ser considerado como una de las mayores amenazas sobre las especies nativas a nivel mundial (Hulme, 2003; Wilcove *et al.*, 1998). Si bien la ocurrencia de invasiones biológicas es de larga data (Jaksic y Castro, 2014), es desde la segunda mitad del siglo XX donde ha existido una rápida expansión, principalmente por el desarrollo del comercio y el transporte (Lowry *et al.*, 2013; Keller *et al.*, 2011).

Actualmente, estas especies invasoras pueden generar diversos impactos sobre la biodiversidad, con alteraciones a nivel de especies, con ejemplos muy nocivos como la Perca del Nilo (*Lates niloticus*) sobre la ictiofauna del lago Victoria en África (Kishe-Machumu *et al.*, 2015) o la Serpiente arbórea marrón (*Boiga irregularis*) sobre la avifauna en Guam (Savidge, 1987). Pero también pueden tener efectos a nivel ecosistémico, como ocurrió en Hawaii con la invasión de la planta *Myrica faya*, que por su alta capacidad de fijar nitrógeno, modificó la composición del suelo de la isla, perjudicando a una gran proporción de su flora nativa (Vitousek y Walker, 1989). Junto con esto, algunas especies introducidas pueden provocar alteraciones a la salud humana, principalmente a través de la transmisión de enfermedades infecciosas (*e.g.*: Juliano y Lounibos, 2005; Levine *et al.*, 2004), y también tener importantes efectos económicos, con un claro ejemplo en Estados Unidos, donde las especies introducidas le significan un gasto de aproximadamente U\$137 billones por año (Pimentel *et al.*, 2000).

Por otro lado, Chile no posee una lista oficial de las especies exóticas invasoras presentes en su territorio, sin embargo, existen contribuciones importantes. Ejemplo de ello es Ray *et al.* (2014), quien menciona 864 especies de flora vascular exótica y naturalizada en Chile, al igual que 57 especies de vertebrados. Además, de las 100 especies más dañinas a nivel mundial mencionadas por Lowe *et al.* (2004), Chile posee 22 (Ray *et al.*, 2014) y son consideradas como una prioridad a ser controladas “*por el riesgo que representan no*

sólo a la biodiversidad y ecosistemas, sino también a diversas actividades económicas desarrolladas en territorio chileno” (CONAF, 2014).

Dentro de estas especies prioritarias de controlar en Chile, se encuentra el visón americano (*Neovison vison*), un pequeño mustélido de unos 35 a 70 cms. de longitud y un rango de peso entre los 670 a 1.090 grs. (Larivière, 1999). Específicamente en Sudamérica, fue introducido en la patagonia de Argentina y Chile alrededor de la década de 1930 (Jaksic *et al.*, 2002), pero debido al escape accidental de algunos individuos y la liberación deliberada de otros, se comenzó a generar una población en estado silvestre que a los pocos años ha ampliado considerablemente su distribución, cuantificándose en Argentina una expansión entre los 4,86 a los 9 km. por cada año (Fasola *et al.*, 2010), de esta forma, en la actualidad en Chile esta especie se puede encontrar entre la región de la Araucanía y Magallanes (Rozzi y Sherriffs, 2003). Esta importante expansión en la distribución de esta especie, significa una importante amenaza para la fauna nativa de Chile, puesto que puede generar diversos impactos sobre la biodiversidad, tales como la transmisión de enfermedades, la competencia y la depredación sobre fauna nativa.

El visón americano ha sido vinculado con la transmisión de varios patógenos de alto impacto. Uno de ellos es el virus del distemper, que en su hábitat nativo ha afectado al visón americano (Cunningham *et al.*, 2009), y que en Chile podría eventualmente transmitir la enfermedad incluso a algunas especies amenazadas, como son el huillín o nutria de río (*Lontra provocax*) (Sepúlveda *et al.*, 2014). Además, puede ser portador de otros patógenos zoonóticos como el *Toxoplasma gondii* (Sepúlveda *et al.*, 2011) y transmitir enfermedades como la brucelosis (Hozbor *et al.*, 2002) y la leptospirosis (Barros *et al.*, 2014).

Otro impacto de esta especie es la competencia por los recursos con carnívoros nativos. En Europa el visón europeo (*Mustela lutreola*), una especie en grave peligro de extinción, ha sido desplazado producto de la competencia por los recursos con el visón americano, y se ha visto forzado a variar su dieta al consumo de presas sub-óptimas, como por ejemplo sobre los anfibios según el estudio de Sidorovich *et al.* (2010).

Esto último puede ocurrir ante un competidor subordinado, sin embargo, ante la presencia de un competidor dominante como lo es la nutria europea (*Lutra lutra*), el turón europeo (*Mustela putorius*) y la nutria de río o huillín (*Lontra provocax*) en Chile (Valenzuela *et al.*, 2012; Medina-Vogel *et al.*, 2013), el visón americano puede variar su

nicho, modificando su dieta, su uso de hábitat y/o incluso su patrón de actividad, pasando de nocturno a diurno en caso de ser necesario (Bonesi *et al.*, 2004; Bonesi y MacDonald, 2004; Harrington *et al.*, 2009). Esto demuestra la plasticidad y adaptación de esta especie, que le permite coexistir con otros competidores cuando existe la disponibilidad de hábitat y de presas alternativas (Clode y MacDonald, 1995).

Uno de los impactos más importantes de depredadores exóticos sobre la biodiversidad se relaciona con el impacto sobre presas nativas mediante el proceso de depredación. Esta puede ser de relevancia en el visón considerando que es una especie generalista y oportunista, alimentándose de una gran diversidad de presas (ver Nováková y Koubek, 2006). Ejemplo de su impacto se ha estudiado sobre diversas presas, como en algunos roedores europeos, como *Microtus agrestis*, *Clethrionomys glareolus*, (Banks *et al.*, 2004), o *Arvicola terrestris* (Woodroffe y Lawton, 1990) que mostrarían una baja considerable de su actividad y número, incluso haciendo desaparecer colonias completas de esta última especie. Efecto similar ha ocurrido con algunas especies de peces, como en *Coryphoblennius galerita* y *Lipophrys polis*, con un consumo de más de 3.000 individuos sólo en un mes (Delibes *et al.*, 2004), entre otros.

Un grupo de particular vulnerabilidad a la depredación son las aves, las que pueden representar para el visón solamente una presa ocasional (ver Melero *et al.*, 2008; Jara, 2010), o bien, ser uno de los componentes principales de su dieta (*e.g.*: Bartoszewicz y Zalewski, 2003), con diversos ejemplos a lo largo del mundo y también en Chile. Un ejemplo se encuentra en la Isla Navarino, en la patagonia chilena, donde Ibarra *et al.* (2009) evidenciaron que en época estival el 58,8% de las fecas del visón americano contienen plumas en su interior. Esta variación dietaria tiene relación con la mayor abundancia de aves y el incremento de su vulnerabilidad en la época reproductiva (Brzezinski y Zurowski, 1992; Bartoszewicz y Zalewski, 2003). Esta vulnerabilidad a su vez, está ligada con algunas características de la nidificación, puesto que las aves más afectadas por este mustélido, son aquellas que nidifican en el suelo o sobre plataformas flotantes, y más aun si nidifican de manera solitaria y no en colonias (Schüttler *et al.*, 2009; Ibarra *et al.*, 2009; Bartoszewicz y Zalewski, 2003).

Si bien la depredación tiene un efecto directo sobre la sobrevivencia de sus presas, también se le puede adjudicar otros impactos no letales, tales como el desplazamiento de

poblaciones y cambios en su comportamiento. Peris *et al.* (2009) en un estudio realizado al interior del Parque Nacional “Lanín”, Neuquén, Argentina, determinaron que ante la presencia del visón americano la riqueza y la abundancia de aves de la zona disminuye significativamente. Además, las especies que sufren la presión de esta especie invasora pueden mostrar modificaciones en sus comportamientos habituales, como por ejemplo ocurre con las poblaciones de algunas *Chloephaga spp.* en la Patagonia argentina, que ante la amenaza del visón prefieren nidificar lejos de la orilla de lagos donde lo hacen normalmente (Peris *et al.*, 2009) o el caso de la gallineta euroasiática (*Gallinula chloropus*) en Europa, que ante la presencia de este depredador prefiere nidificar sobre árboles en vez de hacerlo en el suelo (Ferrerías y MacDonald, 1999).

En el SNCA, la presencia del visón americano se menciona hace casi dos décadas (CONAF, 1999), y a pesar de ser un sitio Ramsar por su abundancia de aves y la presencia de importantes colonias de nidificación, teniendo la mayor colonia de nidificación en Chile del cisne de cuello negro (Schlatter *et al.*, 1991), aun no se han realizado a la fecha estudios de su impacto en la avifauna del lugar y específicamente sobre el cisne. Ante esto, una información relevante es conocer qué consume este depredador, si depreda sobre las aves y en qué magnitud, y si lo hace también sobre el amenazado cisne de cuello negro. Y en caso que así sea, evidenciar si posee patrones espaciales y temporales que permitan dirigir más eficientemente los recursos para el control y protección de las aves y el cisne de cuello negro en particular, quien ya sufrió un descenso poblacional dramático tras el desastre ecológico ocurrido el año 2005 en la zona (Jaramillo *et al.*, 2007).

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la variación espacio-temporal de la proporción de aves en general y sobre el cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), en la dieta del visón americano (*Neovison vison*) al interior del Santuario de la Naturaleza “Carlos Anwandter”, y determinar qué variables contribuyen más a esta depredación.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar las diversas presas, y sus proporciones, en la dieta del visón americano al interior del SNCA.
2. Determinar la proporción de aves y particularmente de cisne de cuello negro en la dieta del visón americano en el SNCA.
3. Determinar la variación espacial, según surelación con la abundancia de cisnes de cuello negro y aves en general, abundancia de nidos y polluelos contabilizados al interior del santuario y cobertura de totorales a distintas áreas de influencia.
4. Determinar la variación temporal, según variación estacional, tiempo de desfase al “peak” de nidos de cisne contabilizados y tiempo de desfase al “peak” de polluelos de cisne contabilizados.
5. Determinar las variables que mejor explican la presencia de aves y cisne de cuello negro en la dieta del visón americano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El Santuario de la Naturaleza “Carlos Anwandter”, administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), constituye una de las áreas silvestres protegidas del Estado desde el año 1981, y se ubica entre las comunas de Valdivia y San José de la Mariquina, Región de los Ríos (CONAF, 1999). El origen de este santuario es producto del hundimiento de las zonas bajas alrededor de la ciudad de Valdivia luego del gran terremoto de 1960, inundándose una gran cantidad de hectáreas y formando este amplio humedal. Este humedal comprende los lechos del río Cruces y Chorocamayo, junto con todas las islas y zonas de inundación de sus alrededores, teniendo una extensión total de 4.877 hectáreas y 25 kilómetros lineales aproximadamente (CONAF, 2012; Di Marzio y McInnes, 2005).

Dentro de las características físicas del Santuario, se pueden distinguir dos áreas climáticas, una con un clima templado más cálido en el norte y otra con un clima templado más lluvioso en el sector sur, con un promedio de temperatura y precipitaciones anuales de 11°C y 1.800 mm. y 12°C y 2.300 mm., respectivamente. (CONAF, 2012; CONAF, 1999).

Junto con lo anterior, este santuario al estar conformado mayoritariamente por zonas anegadas, posee amplias zonas cubiertas por flora acuática, dentro de las que destacan los *Juncus spp.*, *Scirpus spp.*, *Typha spp.* y *Phragmites australis* que sirven de refugio a una gran variedad de aves (CONAF, 2012). Y en cuanto a la vegetación sumergida destaca ampliamente el luchecillo o *Egeria densa* que sirve de alimento a diversas aves herbívoras, en particular al cisne de cuello negro, para el cual significa su principal recurso alimenticio (Corti y Schlatter, 2002).

En relación particularmente a las aves, el santuario presenta una abundancia considerable de diversas especies, donde destacan tres especies de tagua y el cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), junto con importantes colonias de nidificación de cuatro especies de garzas, gaviota cáhuil, huairavo, bandurria, cisne de cuello negro y taguas (CONAF, 2012). Esto permitió, dentro de otras características, que en 1981 este santuario haya sido declarado sitio Ramsar como humedal de importancia internacional, convirtiéndose en el primer humedal de Chile en obtener esta categoría (Di Marzio y McInnes, 2005).

## Sitios de muestreo

Al interior del Santuario, se escogieron 19 sitios de recolección de heces. Estos sitios fueron propuestos en conjunto con los guardaparques de CONAF, fundamentalmente por su accesibilidad para ser monitoreados y para asegurar una distancia mínima de dos kilómetros entre sí (Figura 1). Esto último se debe a que el ámbito de hogar del visón americano se ha estimado alrededor de los dos mil metros lineales asociados generalmente a una ribera de un cuerpo de agua (Brzezinski *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 1999; Gerrell, 1970).

En zonas donde no había disponibilidad de muelles para la prospección, se buscaron sitios con las características ideales para la ubicación de letrinas del visón americano, los que según Previtali *et al.* (1998) serían zonas con un ancho de costa inferior a los cinco metros, con una pendiente media, entre 25° a 45°, y más de dos metros de profundidad del cuerpo de agua a una distancia de dos metros desde la orilla (Figura 2).

## Toma de muestras

El muestreo se realizó cada 15 días, entre agosto y enero, abarcando dos temporadas reproductivas de las aves del humedal (2014-2015 y 2015-2016), esto se definió por razones logísticas y para priorizar el momento de mayor vulnerabilidad de las aves a la depredación del visón (Bartoszewicz y Zalewski, 2003).

Con la intención de asegurar la colección de heces frescas, una vez que se ha obtenido las muestras de visón, el sitio es limpiado de otras fecas u objetos que puedan generar alguna confusión para los muestreos posteriores. Con esto, se asegura que una excreción haya sido depositada en el lapso aproximado de 15 días entre un muestreo y otro.

Las heces de visón recopiladas, en su mayoría siguen el patrón descrito por Dunstone (1993), de ser cilíndricas, pequeñas, algo curvadas y terminadas en punta, aunque los tamaños pueden variar considerablemente. Tanto por estas características, el tamaño de la deposición y los fragmentos encontrados de las presas en su interior, es posible diferenciarlo de otros carnívoros del santuario, como el zorros (*Lycalopex spp.*), la güiña (*Leopardus guigna*) o el huillín (*Lontra provocax*) (CONAF, 1999) (Figura 3).



Una vez identificada la deposición de visón, fueron disgregadas con el objetivo de diferenciar a simple vista los ítem-presas en su interior (Chehebar y Benoit, 1988). Posteriormente, las heces son guardadas al interior de una bolsa de papel, y rotuladas con la información correspondiente: fecha de recolección, sitio en la que fue identificada, código de la bolsa e ítem encontrados en su interior, identificando el ítem dominante en caso de existir más de uno.

### **Análisis de laboratorio**

Para el posterior análisis de las heces que contienen plumas en su interior, se eligen algunas según sus características cualitativas que permitan diferenciarlas, principalmente por el color de las barbas proximales, las barbas distales y el color del raquis. Una vez escogidas las plumas representativas, se procede a observar sus micro-estructuras según el método de Day (1966) y Rau y Martínez (2004), con ciertas modificaciones [Soraya Sade<sup>1</sup>, comunicación personal], el cual consiste en: a) Cortar las barbas de la base de las plumas; b) Se lavan con agua, para limpiarlas de restos externos a las plumas; c) Se depositan en alcohol de 70° por 20 minutos para separar las bárbulas; d) Se dejan secar, se separan algunas bárbulas y se montan en un portaobjeto; y e) Se fijan con barniz de uñas incoloro, para posteriormente ser visualizadas al microscopio con aumento de 4x, 10x y 40x.

Siguiendo las claves de Reyes (1992) para los órdenes de las aves chilenas, y poniendo especial énfasis en la forma y ubicación de los nodos (engrosamientos ubicados al interior de las bárbulas de las plumas de las aves), es posible identificar hasta el nivel de orden a los restos de plumas en las heces del visón. Esto nos permitirá reconocer en las heces plumas de anseriformes, que es el orden al cual pertenece el cisne de cuello negro (Figura 4).

El cisne de cuello negro no es el único anseriforme que se puede encontrar en el SNCA. Sin embargo, gracias a muestras obtenidas desde el Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, se constató que los otros anseriformes presentes en el SNCA, dígame

---

<sup>1</sup> El método planteado por Day (1966) y ratificado por Rau y Martínez (2004), plantea sumergir las plumas en xilol para ser desengrasadas y finalmente se montan en un portaobjeto, cubierto por un cubreobjeto. Sin embargo, en conversaciones con Soraya Sade, del Laboratorio de Ecología de la Universidad de Los Lagos (sede Osorno), nos menciona que el alcohol de 70° cumple la función del xilol, y que el cubreobjeto encima puede estropear los nodos, por lo que incorporamos dichas recomendaciones en nuestro procedimiento.

*Anas georgica*, *A. flavirostris*, *Speculanas specularis* y el macho de *A. sibilatrix*, cuentan con plumas con manchas oscuras en sus barbas, que las diferencian a las plumas del cisne de cuello negro y las plumas abdominales del pato real (*Anas sibilatrix*) (Figura 5). Por lo tanto, ante una pluma presente en una deposición de visón americano que tenga las características microscópicas del orden anseriforme y que además sea una pluma de color completamente blanca, provendría de un individuo de cisne de cuello negro, o bien de un pato real. Esto podría generar un sesgo en su identificación, sin embargo, los datos recopilados a través de los censos mensuales de CONAF en el SNCA desde el año 2012 hasta octubre del año 2015, demuestran que el cisne de cuello negro representa el  $95,19\% \pm 4,29$  de los anseriformes del santuario, a diferencia del  $4,23\% \pm 2,88$  que representa el pato real, incrementándose aún más esta brecha durante el período reproductivo en el cual se realiza este estudio, por consiguiente ante estos antecedentes, se considera que este sesgo de identificación es menor.

Por otro lado, en caso de encontrar una pluma con las características microscópicas de anseriforme, y junto con esto tenga la mitad distal de las barbas negras y la mitad proximal blanca, no existe otra posibilidad que sea de cisne de cuello negro.

### **Análisis estadístico**

Los datos de presencia de las diferentes presas serán presentados mediante la frecuencia de ocurrencia relativa, poniendo especial énfasis en las fecas que presentan plumas en su interior y específicamente donde la presa sea el cisne de cuello negro.

Esta descripción se expresará a nivel de gráficos y tablas estratificadas por estación (invierno, primavera y verano) y localización, además de su distribución según la abundancia de nidos y polluelos al interior del santuario, y su distancia temporal a estos peak de nidos y polluelos, junto con medir la cobertura de totora cercana a los sitios de muestreo. La importancia de estas variables sobre la presencia de aves y de cisne de cuello negro en la dieta del visón, se estimará mediante el uso de modelos lineales generalizados, usando específicamente regresión logística. Para la selección del mejor modelo se realizará una selección multi-criterio mediante el criterio de información de Akaike (AICc) corregido para muestras pequeñas.

## RESULTADOS

### **Análisis general de la dieta del visón americano (*Neovison vison*) en el SNCA**

Durante los 12 meses totales del estudio al interior del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter fueron colectadas un total de 455 heces de visón americano, desde las cuales se identificaron un total de 570 restos de presas.

Del total de presas identificadas, el ítem más abundante fueron los crustáceos, representando el 31,2% del total de presas (figura 6) seguidas de las aves con 25,8%, mamíferos con un 21,9% del total y los peces con un 14,9%. Además, se identificaron otras presas, pudiendo observar restos de exoesqueletos de insectos, materia vegetal y en una deposición se encontró restos de dedos con garras y piel con escamas, pertenecientes a un reptil, muy probablemente *Liolaemus spp.* Estas últimas fueron catalogadas en conjunto como el ítem-presa “Otros”, y sólo representaron el 6,1% del total, pudiendo ser presas más bien “accidentales”.

De las 455 heces recolectadas a lo largo del estudio, 269 de ellas fueron colectadas durante la primera temporada (2014-2015), representando el 59,1% del total, y las 186 restantes fueron colectadas durante la segunda temporada de muestreo (2015-2016), representando el 40,9%.

En la primera temporada de muestreo, desarrollado entre agosto del año 2014 y enero del 2015, los crustáceos son la presa más consumida por el visón americano al interior del SNCA con una frecuencia de ocurrencia relativa del 32,7%. Las aves, durante esta primera temporada del estudio, son la segunda presa más consumida con un 28,8%, seguidas por los mamíferos con un 18,5%. Durante la segunda temporada, los crustáceos siguen siendo la presa más consumida, aunque manifestando una leve disminución hasta un 29,2% del total. Sin embargo, para esta segunda temporada le siguen los mamíferos como la segunda presa con mayor consumo, aumentando hasta un 26,7% del total de presas. En tercer lugar se encuentran las aves, manifestando una disminución a un 21,7% del total consumido (figura 7).

Para determinar si existe dependencia entre las temporadas en que se realizó el estudio y la dieta del visón americano al interior del santuario, se utiliza la prueba de Chi-cuadrado para estas dos variables cualitativas, obteniendo como resultado que

efectivamente ambas variables son dependientes entre sí ( $\chi^2 = 12,589$ ; g.l. = 4;  $p = 0,01347$ ), y por lo tanto la dieta del visón varió entre los 2 años de estudio, debido fundamentalmente al aumento de los mamíferos como presa del visón durante el segundo año de estudio, así como por la importante disminución de aves para la segunda temporada.

En ambas temporadas el estudio se abarcaron tres estaciones climatológicas: invierno, primavera y verano. En invierno, la presa más consumida fueron los mamíferos, con un 36,3% del total de presas de la estación, seguidas por las aves con un 26,7% y luego los crustáceos con un 20,7%. Sin embargo, esta tendencia no es la misma para las otras estaciones, puesto que en primavera las presas con mayor frecuencia fueron los crustáceos (33,8%) al igual que en verano (33,5%). Las aves se mantuvieron relativamente constantes, siendo el 25% del total de presas observadas en primavera y manteniéndose en un 24,8% en verano. Los mamíferos descendieron en su presencia al 17,3% de las presas observadas en primavera, y al 16,8% de las presas en verano (figura 8). Se determina la dependencia entre la dieta del visón americano y las estaciones climatológicas, y efectivamente existe asociación entre estas dos variables ( $\chi^2 = 27,066$ ; g.l. = 8;  $p < 0,001$ ), siendo esta significativa.

Por otro lado, se distinguen cinco sectores del santuario los cuales están distribuidos en el eje norte-sur. Estos sectores tienen diferencias físico-biológicas, producto de la desembocadura de afluentes, la mayor influencia de agua estuarinas en los sectores más australes del santuario, diferencias en la profundidad y velocidad de sus aguas, entre otros factores.

Al analizar la dieta del visón americano en estos cinco sectores se observan ciertas diferencias. En los sectores al sur del santuario, las aves representaron la presa más observada en las heces colectadas, teniendo en promedio el 31,5% de presentación. Sin embargo, en el sector norte del santuario y en la desembocadura del río Cayumapu, la presentación de aves desciende de manera importante, dando paso a una mayor presentación de crustáceos en la dieta del visón, llegando a un 59,6% de las presas observadas en dicho sector (figura 9). Esta diferencia fue significativa según la prueba de Chi-cuadrado ( $\chi^2 = 76,448$ ; g.l. = 16;  $p < 0,001$ ), existiendo dependencia entre la dieta del visón americano y los distintos sectores del SNCA.

## **El cisne de cuello negro como presa del visón americano en el SNCA**

Se analizaron las 147 heces de visón americano que contenían plumas en su interior según el método de Day (1966) y se confirmó la presencia de 19 heces con plumas de cisne de cuello negro en su interior, representando el 12,9% del total de aves, y solo el 3,3% del total de presas observadas en las heces del visón americano (figura 10 y 11).

## **VARIABLES ESPACIALES Y TEMPORALES COMO PREDICTORAS DE LA DEPRDACIÓN DE AVES POR PARTE DEL VISÓN AMERICANO AL INTERIOR DEL SNCA**

### Determinación de variables espaciales y temporales

Para medir y determinar variables espaciales y temporales, se recopiló información desde los informes mensuales que desarrollan los Guardaparques y la administración del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, donde se realizan censos de la avifauna de la unidad, junto con la contabilización de nidos y polluelos, además de algunas observaciones anexas. Junto con esto, se recopiló información a través de mapas cartográficos y el sistema de información geográfica QGis®.

De esta forma, se logró determinar las siguientes variables:

- i. Nidos y polluelos contabilizados a lo largo de toda la unidad, y separados en cinco sectores del santuario.
- ii. Puesto que tanto los nidos, como los polluelos contabilizados, desde el año 2012-2016 presentan una curva en forma de campana similar, y que presentan además un “peak” en ambos casos, se determinó el desfase temporal entre el instante de la toma de datos (recopilación de heces de visón americano) y el momento de mayor abundancia de nidos y polluelos en la unidad.
- iii. Abundancia de aves a lo largo de toda la unidad, y separados en cinco sectores del santuario. Esto se realizó tanto para las aves en general, como también para los distintos órdenes de aves presentes en la unidad.
- iv. A través del sistema de información geográfica (utilizando el software QGis®) se determinó la superficie en hectáreas con cobertura de vegetación emergente (totales) en un área de influencia de 250, 500 y 1000 metros de

radio desde los distintos sitios de muestreo (figura 12). Se optó por determinar esta variable espacial al significar un importante recurso de nidificación y refugio a una serie de aves presentes en el santuario.

- v. Estación climatológica, abarcando en este estudio: invierno, primavera y verano.

Si bien se intentó determinar las variables “distancia al nido más cercano” y “cantidad de nidos en un área buffer desde los sitios de muestreo”, esto no fue posible puesto que los Guardaparques no poseen la ubicación georreferenciada de los nidos contabilizados. Tampoco fue posible evaluar la disponibilidad de otras presas (peces, crustáceos, mamíferos u otros), puesto que no se realiza esta medición al interior del santuario.

#### Correlación entre variables

Para evitar trabajar con variables correlacionadas entre sí, se efectuó un test de Pearson, en donde un valor mayor a 0,7 demuestra una alta correlación entre las variables.

Las variables que demostraron tener una alta correlación fueron las siguientes (figuras 13 y 14):

- i. Aves contabilizadas en los distintos sectores del santuario y los anseriformes contabilizados por sectores (0,89).
- ii. Aves contabilizadas a lo largo de todo el santuario y los gruiformes contabilizados en la unidad (0,87).
- iii. Cobertura de totorales en un radio buffer de 1000 metros y la cobertura de totorales en 500 metros (0,91).
- iv. Cobertura de totorales en un radio buffer de 500 metros y la cobertura de totorales en 250 metros (0,83).

Entre estas variables con alta correlación, se decide continuar en el estudio con las variables predictoras conformadas por las aves tanto a lo largo de todo el santuario como también separadas en los distintos sectores, puesto que este estudio pretende dilucidar las variables predictoras de la depredación del visón americano sobre las aves en general de la

unidad, por sobre un orden particular. Por otro lado, se decide continuar con el estudio con la cobertura de totorales en un área de influencia de 1000 metros de radio, puesto que esto coincide con el ámbito de hogar del visón americano (Brzezinski *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 1999; Gerrell, 1970). Y puesto que con la cobertura de totorales a los 250 metros de buffer no existe una correlación muy fuerte ( $< 0,7$ ), esta última también será considerada una variable predictora para los modelos lineales generalizados.

#### Elección del mejor modelo según el AICc

Se compararon diversos modelos (hipótesis) con diferentes variables espaciales y/o temporales, para determinar cuál es el mejor modelo predictor de la presencia de aves en la dieta del visón americano al interior del SNCA.

El modelo con menor valor AICc (266, 4) fue el que explica la presencia de aves en la dieta del visón americano al interior del SNCA, en sectores que presentan una mayor abundancia de aves y que además sean sectores con una mayor cobertura de totora (en un área de influencia de 1000 metros) (figuras 15 y 16). Sin embargo, la diferencia jerárquica no es significativa ( $\Delta AICc < 2$ ) con el modelo que incorpora la variable “estación climatológica”. La cantidad de nidos y polluelos contabilizados no fueron variables significantes para determinar la depredación de las aves por parte del visón americano en este estudio (tabla 3).

#### Modelos lineales generalizados - Regresión logística

Para verificar la significancia de las variables de las hipótesis con mayor poder predictor, se procede a ejecutar los modelos lineales generalizados, específicamente a través de regresiones logísticas, siendo la variable dependiente la presencia/ausencia de aves en las heces del visón americano al interior del SNCA.

De los modelos con menor valor AICc, la relación con la variable dependiente (*Odds ratio* u *OR*), así como la significancia (*p*-value) de cada variable predictora son (tablas 1 y 2):

- i. Estación climatológica: Existe una relación positiva, tanto primavera como verano (primavera *OR* = 1,73; verano *OR* = 1,08), sin embargo, esta relación no es significativa (primavera  $p > 0,05$ ; verano  $p > 0,1$ ).

- ii. Abundancia de aves por sectores: Existe una relación positiva ( $OR = 1,0005$ ), siendo esta significativa ( $p < 0,05$ ).
- iii. Superficie de totora en un buffer de 1000 metros de radio: Existe una relación positiva ( $OR = 1,02$ ), siendo esta significativa ( $p < 0,001$ ).

Por lo tanto, siguiendo el principio de parsimonia, y según exista una relación positiva y significativa con la variable respuesta, el modelo que mejor explica la presencia de aves en las deposiciones del visón americano en el SNCA, es la que incluye las variables de abundancia de aves en cada sector del santuario junto con una mayor cobertura de vegetación emergente en un área de influencia de 1000 metros.



## DISCUSIÓN

### Estudios de análisis de dieta a partir de deposiciones

El estudio dietario de un depredador a partir de la recolección de sus heces, es un método bastante utilizado para determinar de manera simple y a un bajo costo las presas consumidas, y permite comparar su evolución a través de las temporadas o años para un mayor entendimiento (Tristes y Joy, 2005).

En este estudio se recopilamos un total de 455 heces de visón americano, lo cual representa un número muy superior a diversos estudios de dieta de este mustélido (*e.g.*: Medina, 1997), o bien similar a otros estudios mencionados en la literatura científica, pero en un rango menor de tiempo (*e.g.*: Valenzuela *et al.*, 2013). Esto se puede deber a que muchos de los sitios de muestreos escogidos al interior del SNCA eran muelles, que permiten una fácil visualización de las heces en caso de estar presentes en el lugar, evitando falsos negativos, es decir una alta detectabilidad. Y además no sufren modificaciones con el aumento en los niveles de la marea, lo que podría eventualmente arrastrar la deposición del visón. Este número de heces colectadas, según Tristes y Joy (2015) son una cantidad suficiente para determinar la principal presa de este mustélido en la unidad, y permitiría comparar la dieta en distintos sectores o a lo largo del tiempo.

Una crítica importante que recibe el análisis dietario a partir de heces, es que las deposiciones provengan efectivamente del depredador a estudiar. En una publicación realizada en el norte de Escocia, Harrington *et al.* (2010) exponen que de las 45 heces colectadas como positivas o “probablemente positivas” de visón americano, ninguna resultó ser de esta especie, siendo de otros mustélidos como la marta (*Martes martes*), turón europeo (*Mustela putorius*) y el armiño (*Mustela erminea*), entre otros. En el caso del santuario, existen dos mustélidos aparte del introducido visón americano: el huillín (*Lontra provocax*) y el quique (*Galictis cuja*). En el caso del huillín, aparte del tamaño mucho mayor de sus heces, en comparación a las heces del visón americano (figura 3), el tamaño de los fragmentos de sus presas, tanto de crustáceos como de peces fundamentalmente, son mucho más grandes por lo que es difícil su confusión. Esto mismo ocurre con otros carnívoros presentes en el santuario, como los zorros (*Lycalopex griseus*) y la güiña (*Leopardus guigna*). En el caso del quique, puede eventualmente existir un sesgo al tener

un tamaño similar, y porque además se alimenta de roedores o bien de lagomorfos (80-95%) que habitan extensamente en terrenos con matriz vegetacional intervenida o bien al borde de fragmentos de bosque nativo, tal como se encuentra alrededor del SNCA (Delibes *et al.*, 2003; Zúñiga *et al.*, 2009; Sade *et al.*, 2012). Por lo tanto, efectivamente puede existir un sesgo en las presas “mamíferos” en caso de confundir heces entre estos dos mustélidos en el santuario. Sin embargo, y en contraparte, en un experimento desarrollado en un estudio en el río Chaihuín, Región de los Ríos (Maximiliano Sepúlveda<sup>2</sup>, datos no publicados) se comparó las heces colectadas como positivas para la especie en estudio y los resultados confirmatorios del análisis genético de las muestras, obteniendo un 100% de acierto, aún cuando también se encuentran presentes en dicha área el huillín y el quique. Por esta razón, es de suma relevancia la pericia de quienes colectan las muestras en terreno, y la capacitación que tenga el personal para evitar estos sesgos y reducir la probabilidad de falsos positivos en el estudio.

Sin duda, la mejor forma de apalejar este sesgo en la identificación de heces de depredadores, es utilizar métodos moleculares con análisis de ADN (Harrington *et al.*, 2010), sin embargo, esto conlleva un mayor costo en los estudios.

### **Análisis general de la dieta del visón americano en el SNCA**

Los resultados del estudio, demuestran que en los dos años de colecta las presas con mayor presentación en la dieta del visón americano fueron los crustáceos, concordante con los estudios de Medina (1997) y Jara (2010). Sin embargo, la dieta del visón americano varía de manera considerable en distintos lugares, pudiendo ser su principal presa los mamíferos (*e.g.*: Ibarra *et al.*, 2009), los peces (*e.g.*: Ben-David *et al.*, 1997; Nováková y Koubek, 2006; Morales *et al.*, 2010), los insectos (*e.g.*: Quinan, 2008) o los moluscos (*e.g.*: Kiseleva, 2014).

Franco *et al.* (2013) realizaron un estudio de la dieta del huillín en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, donde los crustáceos también significaron la presa más consumida por este mustélido nativo. En el caso del huillín, hubo un mayor consumo de crustáceos incluso si estos le significan una menor cantidad de energía consumida. La razón

---

<sup>2</sup> Maximiliano Sepúlveda fue la persona que capacitó al personal para identificar heces de visón americano para este estudio al interior del SNCA.

pareciese estar en su mayor disponibilidad (como era el caso del *Samastacus spinifrons*) y las características más sésiles de estas especies, pudiendo ser capturadas sin incurrir en un gran gasto energético en comparación con otras presas. Las características del visón americano de ser un depredador oportunista, permiten pensar que esta razón que explica el mayor consumo de crustáceos, también puede ser extrapolada a este mustélido exótico.

Por otra parte, se evidencia un cambio en la dieta del visón entre las dos temporadas de estudio, variando su dieta hacia un incremento en el consumo de presas terrestres (mamíferos y “otras” presas, fundamentalmente insectos) durante la segunda temporada en comparación con el primer año, disminuyendo a su vez el consumo de presas acuáticas. Bonesi *et al.* (2004) mencionan que el cambio de la dieta del visón hacia presas terrestres puede ser una respuesta a un cambio en la abundancia y disponibilidad de ciertas presas sobre otras. Tal es el caso de los roedores, los cuales aumentan su población posterior a temporadas climáticas más lluviosas, sobretodo en temporadas reproductivas, puesto que estas conllevan una mayor disponibilidad de alimento al existir una mayor producción de semillas por parte de la flora del lugar. Y por otro lado, pueden sufrir una disminución, sobretodo en temporadas no reproductivas, si existe un aumento en la densidad de sus depredadores, como pueden ser los zorros o las aves rapaces (Lima *et al.*, 2002), teniendo de esta forma fluctuaciones periódicas en su población, que podría generar una diferencia en la disponibilidad de presas para el visón americano en el santuario, sin embargo esto no se pudo constatar en el presente estudio. Otra explicación a este mayor consumo de presas terrestres durante la segunda temporada, puede estar dado por un cambio en el nicho trófico del visón ante un aumento en la densidad de una especie competidora más fuerte y que se alimenta justamente de presas acuáticas, como puede ser el huillín en el SNCA, tal como lo han documentado Bonesi *et al.* (2004) con la nutria europea (*Lutra lutra*).

También se evidenció cambios significativos en la dieta del visón americano a lo largo de las estaciones climatológicas. El aumento de consumo de mamíferos en la temporada invernal concuerda con lo publicado por Ibarra *et al.* (2009) en la patagonia, en donde este aumento también puede estar explicado por la disminución de otras de sus potenciales presas durante dicha época del año.

Sobre esa misma línea, según la literatura es en primavera donde ocurre el mayor consumo de aves por parte del visón americano, coincidente con la época reproductiva de la

mayoría de la avifauna y en donde tienen una mayor vulnerabilidad a la depredación. Sin embargo, no existieron diferencias estacionales significativas en la presentación de aves en la dieta del visón en el santuario. Cabe destacar que en los estudios en donde se ha manifestado una clara estacionalidad en el consumo de aves en primavera-verano, han ocurrido en zonas donde existe la presencia de una gran abundancia de aves migratorias en dichas estaciones del año (Ibarra *et al.*, 2009; Schüttler *et al.*, 2008), pero que abandonan esas tierras a finales del verano generando un importante descenso en la abundancia de aves en otoño-invierno. En el caso del santuario, con excepción del cisne coscoroba (*Coscoroba coscoroba*), el águila pescadora (*Pandion haliaetus*) y zarapito (*Numenius phaeopus*), considerando además que esta última no se presenta en gran abundancia en comparación a otros lugares del continente, la gran mayoría de las aves de la unidad son aves residentes, sin fluctuaciones cuantitativas tan manifiestas como en dichos estudios. Por otro lado, puede influir esta poca variabilidad a lo largo del estudio, en que el cisne de cuello negro, la especie que presenta la mayor abundancia del santuario, tiene en esta unidad un amplio periodo reproductivo en comparación con otros humedales del país, pudiendo comenzar algunas parejas en el mes de mayo y terminar otras incluso en el mes de abril del año siguiente (Schlatter *et al.*, 1991).

### **Depredación sobre el cisne de cuello negro en el SNCA**

Según Schüttler *et al.* (2008) el visón americano consume dentro de sus aves-presas principalmente paseriformes, anseriformes y pelecaniformes. Sin embargo, siguiendo el método publicado por Day (1966), sólo se pudo confirmar la depredación sobre 19 anseriformes, que por ser plumas completamente blancas, se adjudicaron al cisne de cuello negro. Esto es una cantidad menor, considerando que el cisne de cuello negro tiene dos características que lo hacen ser una especie vulnerable a la depredación del visón según Brzezinski y Zurowski (1992) y Bartoszewicz y Zalewski (2003): es una especie que se encuentra en grandes cantidades en el santuario y nidifica sobre plataformas flotantes.

Por otro lado, cuando se realizaron las regresiones logísticas y se determinó la mejor hipótesis predictora del consumo de aves por parte del visón americano en la unidad según la “abundancia de anseriformes por sectores”, incluso por sobre la “abundancia de aves por sectores”. Esto es lógico, por la gran correlación que tienen ambas variables (0,89), sin

embargo, esto permite visualizar la gran importancia que tiene la presencia y abundancia de anseriformes (fundamentalmente representados por los cisnes de cuello negro) para determinar la depredación del visón americano sobre las aves del SNCA.

Por lo tanto, según estos antecedentes, existe la probabilidad que una baja sensibilidad del método diagnóstico (“método de Day”) determinara una baja aparición del cisnes de cuello negro en la dieta del visón en el santuario. Sobre esto, en el mismo estudio de Schüttler *et al.* (2008), se menciona que el visón depreda en el caso de los anseriformes, fundamentalmente sobre sus polluelos. Sin embargo, al observar al microscopio plumas de polluelos de cisne de cuello negro, se observa que los nodos que permiten la confirmación diagnóstica de la procedencia de las plumas, están recién en formación no pudiendo ser claramente observadas, y por lo tanto esto pudo generar falsos negativos en este estudio.

### **Variables predictoras de la depredación del visón americano sobre la avifauna del SNCA**

Finalmente, la mayor abundancia de aves en los distintos sectores del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter y la mayor cobertura de totora en un área de influencia de 1000 metros de radio, fueron las variables que mejor pronostican la depredación de aves por parte del visón americano.

Esto concuerda con lo mencionado por Ibarra *et al.* (2009) y Schüttler *et al.* (2008), que la mayor depredación de aves por parte del visón americano, estaría relacionada con su mayor abundancia. Sin embargo, en el caso del santuario no existe una tendencia clara de estacionalidad en este consumo, a diferencia de lo mencionado en dichos estudios.

Por otro lado, como se mencionaba anteriormente, la vegetación emergente del santuario significa un refugio y un ambiente propicio para la reproducción de diversas aves del santuario, y que se encuentran en gran abundancia: como el cisne de cuello negro, la gaviota cáhuil, las taguas (chica, común y frente roja), la huala, el siete colores, el trabajador, el huaravillo, las garzas (chica, boyera, grande y cuca), el trile, entre otros. Por lo que es esperable que esta variable sea significativa como predictora del mayor consumo de aves por parte de este mustélido exótico. Además, el área de influencia de 1000 metros, coincide con el ámbito de hogar del visón americano (Brzezinski *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 1999; Gerrell, 1970).

Algo llamativo fue la poca significancia de las variables reproductivas, como son la cantidad de nidos, de polluelos y el desfase temporal a su mayor abundancia en el santuario. Quizás la falta de una metodología sistemática de conteo de estas variables pueda ser un factor determinante en este bajo valor predictivo.

### **Aportes de este estudio en el manejo del visón americano en el SNCA**

Comprender la ecología trófica de un depredador introducido, como es el visón americano, colabora en las estrategias de manejo en un área silvestre protegida, permitiendo enfocar los recursos y esfuerzos de control en zonas prioritarias y críticas de la depredación. Más aún, si se está trabajando en un área extensa y en donde probablemente existen inmigraciones permanentes desde sectores aledaños que dificultan aún más su erradicación (Crego *et al.*, 2014; Courchamp *et al.*, 2003; Cromarty *et al.*, 2002).

Considerando que la población de aves residentes en el santuario es uno de sus principales objetos de conservación, que lo ha llevado a la categoría de humedal de importancia internacional, es crucial proteger sectores y hábitat claves para la perpetuación de estas poblaciones. Un ejemplo de este tipo de estrategias, es el trabajo de control que se ha realizado en ciertos sectores al interior del Parque Nacional Lanín en Argentina, el cual ha permitido el aumento en la riqueza y abundancia de la avifauna del lugar, a pesar de que el número de capturas de visón no ha variado significativamente (Girini *et al.*, 2014).

En el caso de este estudio, las zonas con mayor abundancia de aves y que además se encuentran en áreas con alta densidad de vegetación emergente, son los sectores prioritarios para enfocar los esfuerzos de control, y así proteger la población de aves residentes del santuario.

Sería relevante evaluar cómo afectan otros factores en la selección dietaria del visón americano en el SNCA, tales como la disponibilidad de otras presas, la densidad de competidores fuertes por los recursos, o factores climáticos que pueden modificar la elección de las presas por parte de este depredador. Sin embargo, esto no pudo ser corroborado en el presente estudio ante la falta de antecedentes de este tipo de variables.

Como menciona Valenzuela *et al.* (2016), es crucial la generación de información científica que permita guiar el diseño de estrategias de control en áreas de importancia ecológica. En este sentido, el presente estudio pretende colaborar con los esfuerzos de

conservación de las poblaciones de aves presentes en el SNCA, ante la amenaza predatoria del visón americano.

## CONCLUSIONES

El visón americano demuestra ser un depredador bastante generalista al interior del SNCA, alimentándose fundamentalmente de crustáceos, aves, mamíferos y peces. Sin embargo, también evidencia la presencia de presas accidentales, como los insectos, vegetales e incluso reptiles.

La dieta de este mustélido demostró ser variable, tanto a través de los años, como en las distintas estaciones climatológicas, e incluso en los distintos sectores del SNCA. Es así como se pudo observar un incremento en el consumo de presas terrestres en la segunda temporada del estudio. De igual forma, en invierno el visón se alimenta en mayor proporción de mamíferos, mientras que en primavera-verano las presas más consumidas pasan a ser los crustáceos. Por su parte, las aves se mantienen estables a lo largo del estudio, siendo la segunda presa de mayor presentación en la dieta del visón durante los dos años de estudio y a lo largo de todas las estaciones del año. En cuanto a la variación espacial, el visón se alimenta en mayor proporción de aves en los sectores más australes del santuario, coincidente con la mayor abundancia de avifauna del lugar. En cambio, se alimenta mayoritariamente de crustáceos en los sectores más septentrionales de la unidad, lo cual puede deberse a una mayor afluencia de agua dulce en esta zona.

Los cisnes de cuello negro son una presa minoritaria en la dieta del visón en el SNCA. Sin embargo, esto puede deberse más a una baja sensibilidad en el método diagnóstico, que a un bajo consumo de estas aves.

Las variables que pronostican mejor el consumo de aves por parte de este mustélido, son la abundancia de aves en los distintos sectores, y la cobertura de vegetación emergente en un área de influencia de 1000 mts., existiendo una relación positiva entre estas variables y la presencia de aves en su dieta. Por lo anterior, los esfuerzos de control se deben enfocar en sectores que comprendan una mayor proporción de las variables mencionadas.

Cabe destacar la importancia de obtener información más precisa de variables ecológicas que no se encuentran disponibles en la actualidad, y que ésta sea medida de manera sistemática, georreferenciada y con rigor metodológico (*e.g.*: disponibilidad de presas potenciales o de competidores del visón, contabilización de nidos y polluelos, entre otras). De esta forma, se podría comprender mejor la ecología trófica de este depredador, y colaborar de mejor manera en el manejo de sus impactos en esta área protegida.



## BIBLIOGRAFÍA

**BANKS, P.; NORRDAHL, K.; NORDSTRÖM, M.; KORPIMÄKI, E.** 2004. Dynamic impacts of feral mink predation on vole metapopulations in the outer archipelago of the Baltic Sea. *Oikos*. 105: 79-88.

**BARROS, M.; SÁENZ, L.; LAPIERRE, L.; NUÑEZ, C.; MEDINA-VOGEL, G.** High prevalence of pathogenic *Leptospira* in alien American mink (*Neovison vison*) in Patagonia. *Revista chilena de historia natural*. 87(1): 19.

**BARTOSZEWICZ, M.; ZALEWSKI, A.** 2003. American mink, *Mustela vison* diet and predation on waterfowl in the Slonsk Reserve, western Poland. *Folia Zool.* 52(3): 225-238.

**BEN-DAVID, M.; HANLEY, T.; KLEIN, D.; SCHELL, D.** 1997. Seasonal changes in diets of coastal and riverine mink: the role of spawning Pacific salmon. *Can. J. Zool.* 75: 803-811.

**BONESI, L.; CHANIN, P.; MACDONALD, D.** 2004. Competition between Eurasian otter *Lutra lutra* and American mink *Mustela vison* probed by niche shift. *Oikos*. 106: 19-26.

**BONESI, L.; MACDONALD, D.** 2004. Impact of released Eurasian otter on a population of American mink: a test using an experimental approach. *Oikos*. 106(9): 9-18.

**BRZEZINSKI, M.; ZUROWSKI, W.** 1992. Spring diet of the American mink *Mustela vison* in the Mazurian and Brodnica Lakelands, northern Poland. *Acta Theriologica*. 37 (1-2): 192-198.

**BRZEZINSKI, M.; MARZEC, M.; ZMIHORSKI, M.** 2010. Spatial distribution, activity, habitat selection of American mink (*Neovison vison*) and polecats (*Mustela putorius*) inhabiting the vicinity of eutrophic lakes in NE Poland. *Folia Zool.* 59(3): 183-191.

**CHEHEBAR, C.; BENOIT, I.** 1988. Transferencia de conocimientos para la identificación de signos de actividad y hábitats del huillín o nutria del río, *Lutra provocax*. *FAO/PNUMA Intercambio técnico No.3*. Santiago, Chile. 30 pp.

**CLODE, D.; MACDONALD, D.** 1995. Evidence for food competition between mink (*Mustela vison*) and otter (*Lutra lutra*) on Scottish islands. *J. Zool. Lond.* 237: 435-444.

**CONAF.** 1999. Plan de manejo Reserva Nacional Río Cruces. Ministerio de Agricultura. Región de los Lagos, Chile. 285 pp.

**CONAF.** 2012. Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR). Departamento de Áreas Silvestres Protegidas, Corporación Nacional Forestal. Valdivia, Región de los Ríos. Chile. 27 pp.

**CONAF.** 2014. En Chile hay 128 especies exóticas invasoras que amenazan la biodiversidad del país. [en línea]. <<http://www.conaf.cl/en-chile-hay-128-especies-exoticas-invasoras-que-amenazan-la-biodiversidad-del-pais/>> [consulta:18-11-2014].

**CORTI, P.; SCHLATTER, P.** 2002. Feeding ecology of the Black-necked Swan *Cygnus melancoryphus* in two wetlands of southern Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 37(1): 9-14.

**COURCHAMP, F.; CHAPUIS, J.; PASCAL, M.** 2003. Mammal invaders on islands: Impact, control and control impact. *Biological Reviews*. 78: 347 – 383.

**CREGO, R.; JIMÉNEZ, J.; SOTO, C.; BARROSO, O.; ROZZI, R.** 2014. Tendencias poblacionales del visón Americano invasor (*Neovison vison*) y sus principales presas nativas desde su arribo a Isla Navarino, Chile. *Boletín de la Red Latinoamericana para el Estudio de Especies Invasoras*. 4(1): 4-18.

**CROMARTY, P.; BROOME, K.; COX, A.; EMPSON, R.; HUTCHINSON, W.; MCFADDEN, I.** 2002. Eradication planning for invasive alien animal species on island – the approach developed by the New Zealand Department of Conservation. **In:** Veitch, C.; Clout, M. (eds). Turning the tide: the eradication of invasive species: Proceedings of the International Conference on Eradication of Island Invasives. IUCN. Cambridge, UK. 27: 85-91.

**CUNNINGHAM, M.; SHINDLE, D.; ALLISON, A.; TERRELL, S.; MEAD, D.; OWEN, M.** 2009. Canine Distemper Epizootic in Everglades Mink. *Journal of Wildlife Diseases*. 45(4): 1150-1157.

**DAY, M.** 1966. Identification of hair and feather remains in the gut and faeces of stoats and weasels. *Journal of Zoology*. 148: 201-217.

**DELIBES, M.; TRAVAINI, A.; ZAPATA, S.; PALOMARES, F.** 2003. Alien mammals and the trophic position of the lesser grison (*Galictis cuja*) in Argentinean Patagonia. *Canadian Journal of Zoology*. 81(1): 157-162.

**DI MARZIO, W.; MCINNES, R.** 2005. Informe de Misión Santuario Carlos Anwandter (Río Cruces), Chile. *Misión consultiva Ramsar*. Chile. 56 pp.

**DUNSTONE, N.** 1993. The mink. T. & A.D. Poyser Natural History. London, UK. 232 pp.

**FASOLA, L.; MUZIO, J.; CHEHÉBAR, C.** 2010. Range expansion and prey use of American mink in Argentinean Patagonia: dilemmas for conservation. *European Journal of Wildlife Research*. 57: 283-294.

**FERRERAS, P.; MACDONALD, D.** 1999. The impact of American mink *Mustela vison* on water birds in the upper Thames. *Journal of Applied Ecology*. 36: 701-708.

**FRANCO, M.; GUEVARA, G.; CORREA, L.; SOTO-GAMBOA, M.** 2013. Trophic interactions of the endangered Southern river otter (*Lontra provocax*) in a Chilean Ramsar wetland inferred from pray sampling, fecal analysis, and stable isotopes. *Naturwissenschaften*. 100(4): 299-310.

**GERRELL, R.** 1970. Home ranges and movements of the mink *Mustela vison* (Schreber) in southern Sweden. *Oikos*. 21: 160-173.

**GIRINI, J.; PALACIO, F.; PRIETO, C.; FERREYRA, N.; SANGUINETTI, J.; FASOLA, L.; PERIS, S.; MONTALTI, D.** 2014. Evaluación de impacto y manejo del vison Americano, un depredador exótico invasor, en el Parque Nacional Lanín, Neuquén. Actas de las XXVII Jornadas Argentinas de Mastozoología. Esquel, Argentina.

**HARRINGTON, L.; HARRINGTON, A.; YAMAGUCHI, N.; THOM, M.; FERRERAS, P.; WINDHAM, T.; MACDONALD, D.** 2009. The impact of native competitors on an alien invasive: temporal niche shifts to avoid interspecific aggression? *Ecology*. 90(5): 1207-1216.

**HOZBOR, F.; FIORENTINO, M.; MALENA, R.; TERZOLO, H.; PAOLICCHI, F.** 2002. Brucelosis en visones (*Mustela vison*) de criadero. XIV° Reunión científico técnica. Asociación argentina de veterinarios de laboratorios de diagnóstico. Córdoba, Argentina. Pp: 21.

**HULME, P.** 2003. Biological invasions: winning the science battles but losing the conservation war? *Oryx*. 37(2): 178-193.

**IBARRA, J. T.; FASOLA, L.; MACDONALD D. W.; ROZZI, R.; BONACIC, C.** 2009. Invasive American mink *Mustela vison* in wetlands of the Cape Horn Biosphere Reserve, southern Chile: What are they eating? *Fauna & Flora International, Oryx*. 43(1): 87-90.

**JAKSIC, F.; IRIARTE, A.; JIMÉNEZ, J.; MARTÍNEZ, D.** 2002. Invaders without frontiers: cross-border invasions of exotic mammals. *Biol. Invas.* 4: 127-173.

**JAKSIC, F.; CASTRO, S.** 2014. Introducción al fenómeno de las invasiones biológicas. In: Jaksic, F.; Castro, S. (Eds). Invasiones biológicas en Chile. Causas globales e impactos locales. Editorial Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Pp: 19-36.

**JARA, R.** 2010. Estudio dietario y parasitológico del visón *Neovison vison* en la cuenca del río Maullín, Región de los Lagos, Chile. Tesis de licenciatura. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 39 pp.

**JARAMILLO, E.; SCHLATTER, R.; CIFUENTES, H.; DUARTE, C.; LAGOS, N.; PAREDES, E.; ULLOA, J.; VALENZUELA, G.; PERUZZO, B.; SILVA, R.** 2007.

Emigration and mortality of Black-necked swans (*Cygnus melancoryphus*) and disappearance of the macrophyte *Egeria densa* in a Ramsar wetland site of southern Chile. *A Journal of the Human Environment*. 36(7): 607-610.

**JULIANO, S.; LOUNIBOS, P.** 2005. Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health. *Ecology Letters*. 8: 558-574.

**KELLER, R.; GEIST, J.; JESCHKE, J.; KÜNH, I.** 2011. Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environmental Sciences Europe*. 17 pp.

**KISELEVA, N.** 2014. Variation in the diet of American mink, *Neovison vison*, in water bodies of the Ilmen State Reserve. *Russian Journal of Ecology*. 45(4): 322-324.

**KISHE-MACHUMU, M.; VOOGD, T.; WANINK, J.; WITTE, F.** 2015. Can differential resurgence of haplochromine trophic groups in Lake Victoria be explained by selective Nile perch, *Lates niloticus* (L.) predation? *Environ Biol Fish*. 98(5): 1255-1263.

**LARIVIÈRE, S.** 1999. Mustela visón. **In:** Mammalian species. *American Society of Mammalogist*. 608: 1-9.

**LEVINE, R.; PETERSON, T.; BENEDICT, M.** 2004 Distribution of members of *Anopheles quadrimaculatus* (Diptera: Culicidae) and implications for their roles in Malaria transmission in the United States. *J. Med. Entomol*. 41(4): 607-613.

**LIMA, M.; STENSETH, N.; JAKSIC, F.** 2002. Population dynamics of a South American rodent: seasonal structure interacting with climate, density dependence and predator effects. *Proc. R. Soc. Lond*. 269: 2579-2586.

**LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DE POORTER, M.** 2004. 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo: una selección del Global Invasive Species Database, Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI). **In:** Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) UICN. Auckland, Nueva Zelanda. 12 pp.

**LOWRY, E.; ROLLINSON, E.; LAYBOURN, A.; SCOTT, T.; AIELLO-LAMMENS, M.; GRAY, S.; MICKLEY, J.; GUREVITCH, J.** 2013. Biological invasions: a field synopsis, systematic review, and database of the literature. *Ecology and Evolution*. 3(1): 182-196.

**MACK, R.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F.** 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications*. 10(3): 689-710.

**MARTÍNEZ, D.; RAU, J.; SORIGUER, R.; BELTRÁN, J.** 1999. Ecología espacial del visón americano introducido en el sur de Chile: Ámbito de hogar y descriptores de hábitat. II Taller nacional sobre carnívoros. Departamento de protección de los recursos naturales renovables, SAG. Coyhaique, Chile.

**MEDINA, G.** 1997. A comparison of the diet and distribution of southern river otter (*Lutra provocax*) and mink (*Mustela vison*) in Southern Chile. *J. Zool. Lond.* 242: 291-297.

**MEDINA-VOGEL, G.; BARROS, M.; ORGAN, J.; BONESI, L.** 2013. Coexistence between the southern river otter and the alien invasive North American mink in marine hábitat of southern Chile. *Journal of Zoology.* 290: 27-34.

**MELERO, Y.; PALAZÓN, S.; BONESI, L.; GOSALBEZ, J.** 2008. Feeding habits of three sympatric mammals in NE Spain: the American mink, the Spotted genet, and the Eurasian otter. *Acta Theriologica.* 53(3): 263-273.

**MORALES, J.; DÍEZ, D.; LIZANA, M.** 2010. Análisis de la alimentación y distribución del visón Americano (*Neovison vison*) y de la nutria (*Lutra lutra*) en la población simpátrica del río Moros (sistema central, Segovia). *Galemys.* 22(1): 63-89.

**NOVÁKOVÁ, M.; KOUBEK, P.** 2006. Diet of the American mink (*Mustela vison*) in the Czech Republic (Carnivora: Mustelidae). *Lynx (Praha).* 37: 173-177.

**PERIS, S.; SANGUINETTI, J.; PESCADOR, M.** 2009. Have Patagonian waterfowl been affected by the introduction of the American mink *Mustela vison*? *Oryx.* 43(4): 648-654.

**PIMENTEL, D.; LACH, L.; ZUÑIGA, R.; MORRISON, D.** 2000. Environmental and economic cost of nonindigenous species in the United States. *BioScience.* 50(1): 53-65.

**PREVITALI, A.; CASSINI, M. H.; MACDONALD, D. W.** 1998. Habitat use and diet of the American mink (*Mustela vison*) in Argentinian Patagonia. *J. Zool. Lond.* 246: 482-486.

**RAU, J.; MARTÍNEZ, D.** 2004. Identificación de los órdenes de aves chilenas a través de la microestructura de sus plumas. **In:** Muñoz-Pedrerros, A; Rau, J; Yañez, J. Aves Rapaces de Chile. Editorial CEA. Chile. Pp: 229-234.

**RAY, C.; ESCOBEDO-ECHEVERRÍA, V.; CASTRO, S.; JAKSIC, F.** 2014. Catálogo de la flora y fauna invasora en Chile continental e insular oceánico. **In:** Jaksic, F.; Castro, S. (Eds). Invasiones biológicas en Chile. Causas globales e impactos locales. Editorial Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Pp: 491-492.

**REYES, C.** 1992. Clave para la identificación de los órdenes de las aves chilenas: microestructura de los nodos de las bárbulas. Seminario para optar al título de profesor de Estado en Biología y Ciencias Naturales. Osorno, Chile. Instituto profesional de Osorno. 81 pp.

**ROZZI, R.; SHERRIFFS, M.** 2003. El visón (*Mustela vison*, Schereber), un nuevo mamífero exótico para la Isla Navarino. *Anales del Instituto de la Patagonia.* Serie Ciencias Naturales. 31: 97-104.

**SADE, S.; RAU, J.; ORELLANA, J.** 2012. Dieta del quique (*Galictis cuja*, Molina 1782) in a Valdivian fragmented forest remnant in southern Chile. *Gayana*. 76(2): 112-116.

**SAVIDGE, J.** 1987. Extinction of and island forest avifauna by an introduced snake. *Ecology*. 68: 660-667.

**SCHLATTER, R.; SALAZAR, J.; VILLA, A.; MEZA, J.** 1991. Demography of Black-necked Swans *Cygnus melancoryphus* in three Chilean Wetland areas. **In:** J. Sears & P.J. Bacon (Eds.) Proc. 3rd Int. Swan Symp. Oxford, 1989. *Wildfowl Special Supplement No. 1*. Pp: 88-94.

**SCHLATTER, R.; SALAZAR, J.; VILLA, A.; MEZA, J.** 1991. Reproductive biology of black-necked Swans *Cygnus melancoryphus* at three Chilean wetland areas and feeding ecology at Rio Cruces. *Wildfowl Special Supplement No 1*. Pp: 268-271.

**SCHÜTTLER, E.; CÁRCAMO, J.; ROZZI, R.** 2008. Diet of the American mink *Mustela vison* and its potential impact on the native fauna of Navarino Island, Cape Horn Biosphere Reserve, Chile. *Revista Chile de Historia Natural*. 81: 585-598.

**SCHÜTTLER, E.; KLENKE, R.; MCGEHEE, S.; ROZZI, R.; JAX, K.** 2009. Vulnerability of ground-nesting waterbirds to predation by invasive American mink in the Cape Horn Biosphere Reserve, Chile. *Biol. Conserv.* 142: 1450-1460.

**SEPÚLVEDA, M.; MUÑOZ-ZANZI, C.; ROSENFELD, C.; JARA, R.; PELICAN, K.; HILL, D.** 2011. *Toxoplasma gondii* in feral American minks at the Maullín river, Chile. *Veterinary Parasitology*. 175: 60-65.

**SEPÚLVEDA, M.; SINGER, R.; SILVA-RODRIGUEZ, E.; EGUREN, A.; STOWHAS, P.; PELICAN, K.** 2014. Invasive American mink: Linking pathogen risk between domestic and endangered carnivores. *Ecohealth*. 3: 409-419.

**SIDOROVICH, V.; POLOZOV, A.; ZALEWSKI, A.** 2010. Food niche variation of European and American mink during the American mink invasion in north-eastern Belarus. *Biological invasions*. 12(7): 2207-2217.

**QUINAN, E.** 2008. Determinación de la dieta del visón americano (*Mustela vison* Schreber 1777, Carnívora: Mustelidae) y su impacto sobre las poblaciones de avifauna nativa en isla Fresia, lago Puyehue, Región de los Lagos, Chile. Tesis de licenciatura. Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile. 98 pp.

**TRITES, A.; JOY, R.** 2005. Dietary analysis from fecal samples: How many scats are enough? *Journal of Mammalogy*. 86(4): 704-712.

**VALENZUELA, A.; RAYA REY, A.; FASOLA, L.; SÁENZ SAMANIEGO, R.; SCHIAVINI, A.** 2013. Trophic ecology of a top predator colonizing the southern extreme of South America: Feeding habits of invasive American mink (*Neovison vison*) in Tierra del Fuego. *Mammalian Biology*. 78: 104-110.

- VALENZUELA, A.; RAYA REY, A.; FASOLA, L.; SCHIAVINI, A.** 2012. Understanding the inter-specific dynamics of two co-existing predators in the Tierra del Fuego Archipelago: the native southern river otter and the exotic American mink. *Biol. Invasions*. 15(15): 645-656.
- VALENZUELA, A.; SEPÚLVEDA, M.; CABELLO, J.; ANDERSON, C.** 2016. El visón americano en Patagonia: Un análisis histórico y socioecológico de la investigación y el manejo. *Mastozoología Neotropical*. 23: 289 – 304.
- VITOUSEK, P.; WALKER, L.** 1989. Biological invasion by *Myrica faya* in Hawai'i: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. *Ecological Monographs*. 59(3): 247-265.
- WILCOVE, D.; ROTHSTEIN, D.; DUBOW, J.; PHILLIPS, A.; LOSOS, E.** 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience*. 48: 607-615.
- WOODROFFE, G.; LAWTON, J.** 1990. The impact of feral mink *Mustela vison* on water voles *Arvicola terrestris* in the North Yorkshire Moors National Park. *Biol. Conserv.* 51: 49-62.
- ZÚÑIGA, A.; MUÑOZ-PEDREROS, A.; FIERRO, A.** 2009. Uso de hábitat de cuatro carnívoros terrestres en el sur de Chile. *Gayana*. 73(2): 200-210.

# ANEXOS

## 1. Figuras

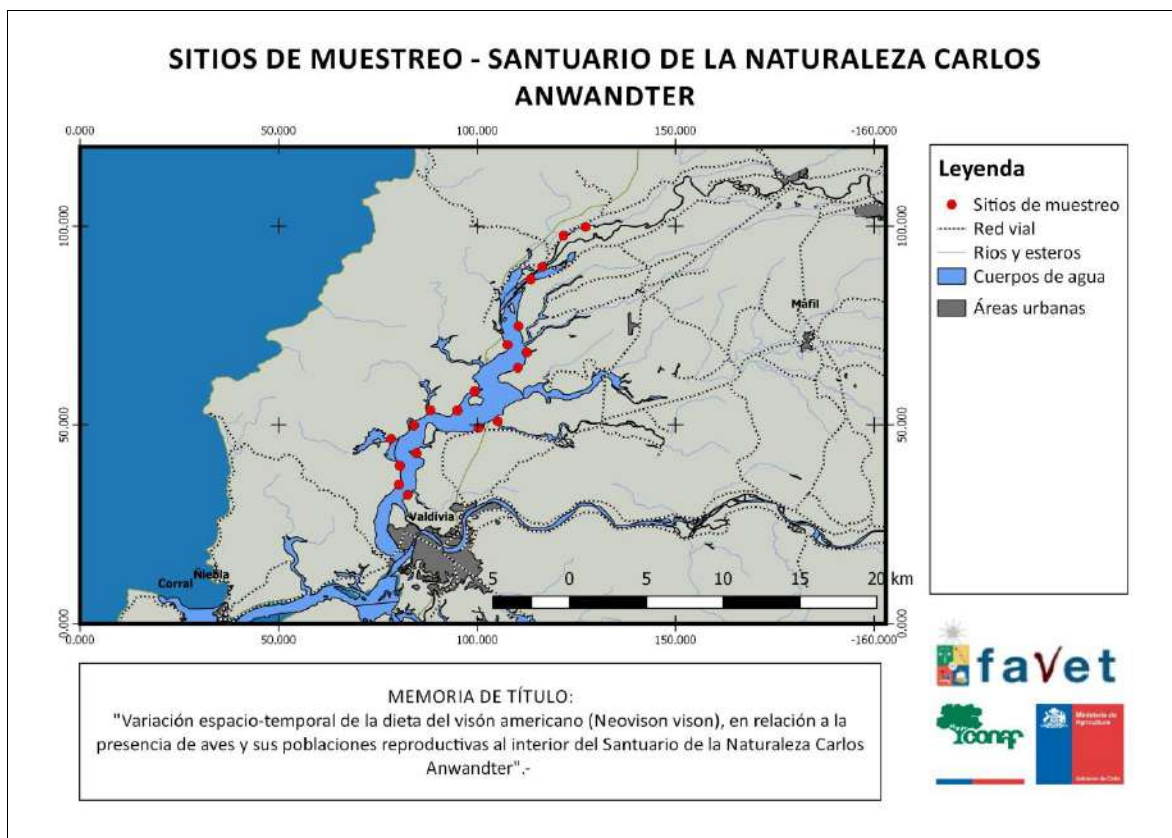


Figura Nro. 1: Sitios de muestreo a lo largo del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter [QGIS®].





Figura Nro. 2: Sitio de muestreo de heces de visón americano al interior del SNCA.<sup>3</sup>



Figura Nro. 3: Diferencias en las heces del visón americano (izquierda) y las heces del huillín (derecha).

---

<sup>3</sup> Este sitio en particular cumple con las características planteadas por Previtali *et al.* (1998), puesto que tiene un borde de costa menor a 5 metros, con una pendiente moderada y en una zona en que el río Cruces cuenta con una profundidad mayor a 2 metros. En la fotografía se aprecia la entrada a una letrina de huillín o nutria de río (*Lontra provocax*)

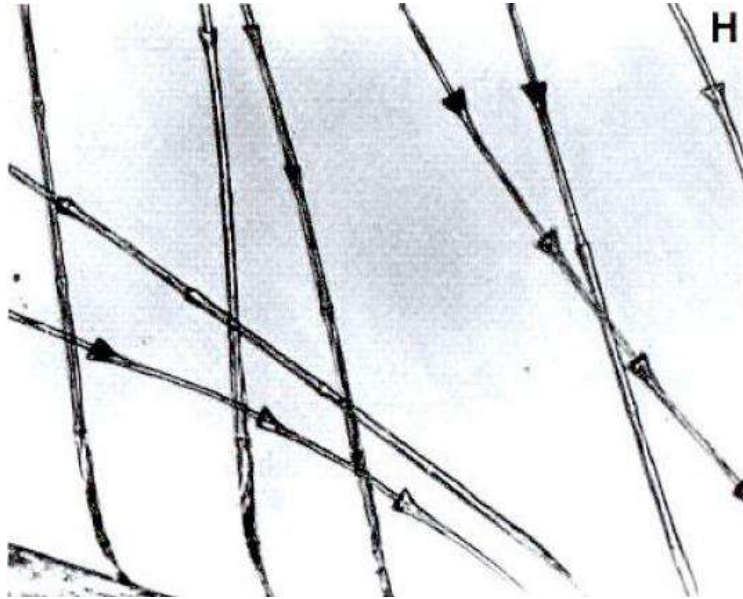


Figura Nro. 4: Estructura microscópica de las bárbulas de los anseriformes.<sup>4</sup>

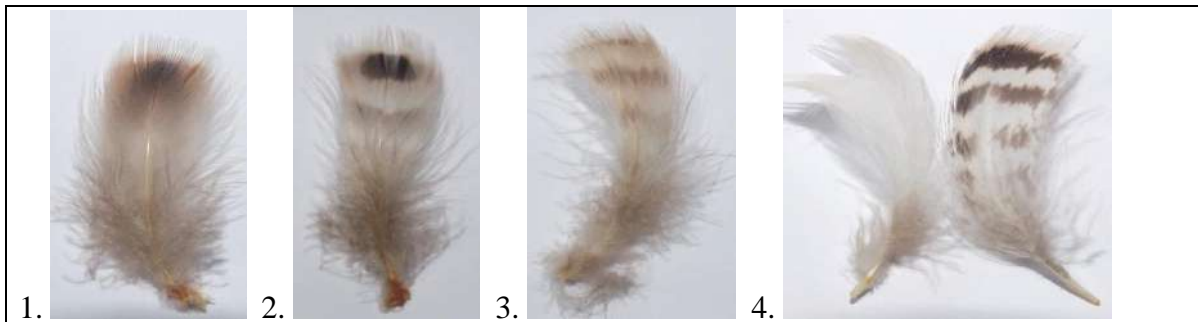
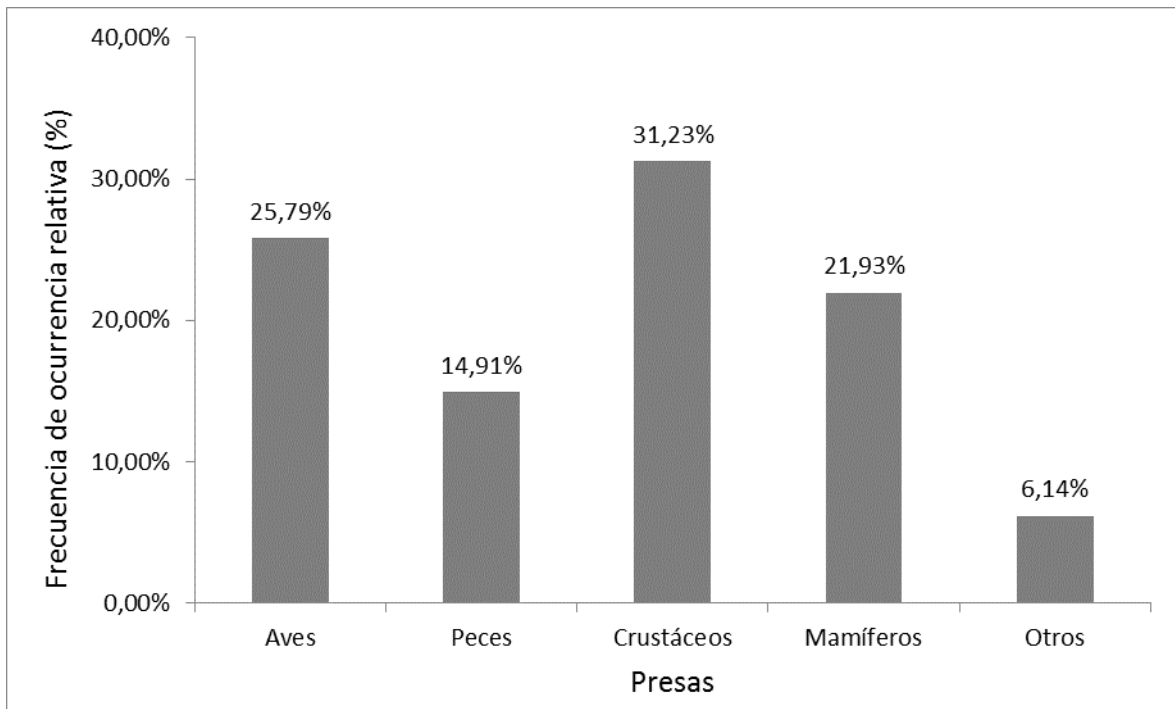


Figura Nro. 5: Características macroscópicas de plumas de cuatro anseriformes presentes en el SNCA. 1) *Anas georgica*; 2) *A. flavirostris*; 3) *Speculanas specularis*; 4) *A. sibilatrix*.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Imagen extraída desde Day (1966).

<sup>5</sup> Muestras recolectadas en el Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.



**Figura Nro. 6: Frecuencia de ocurrencia relativa (nº de presencia de presa x/ total de presas identificadas), de las presas del visón americano al interior del SNCA.**

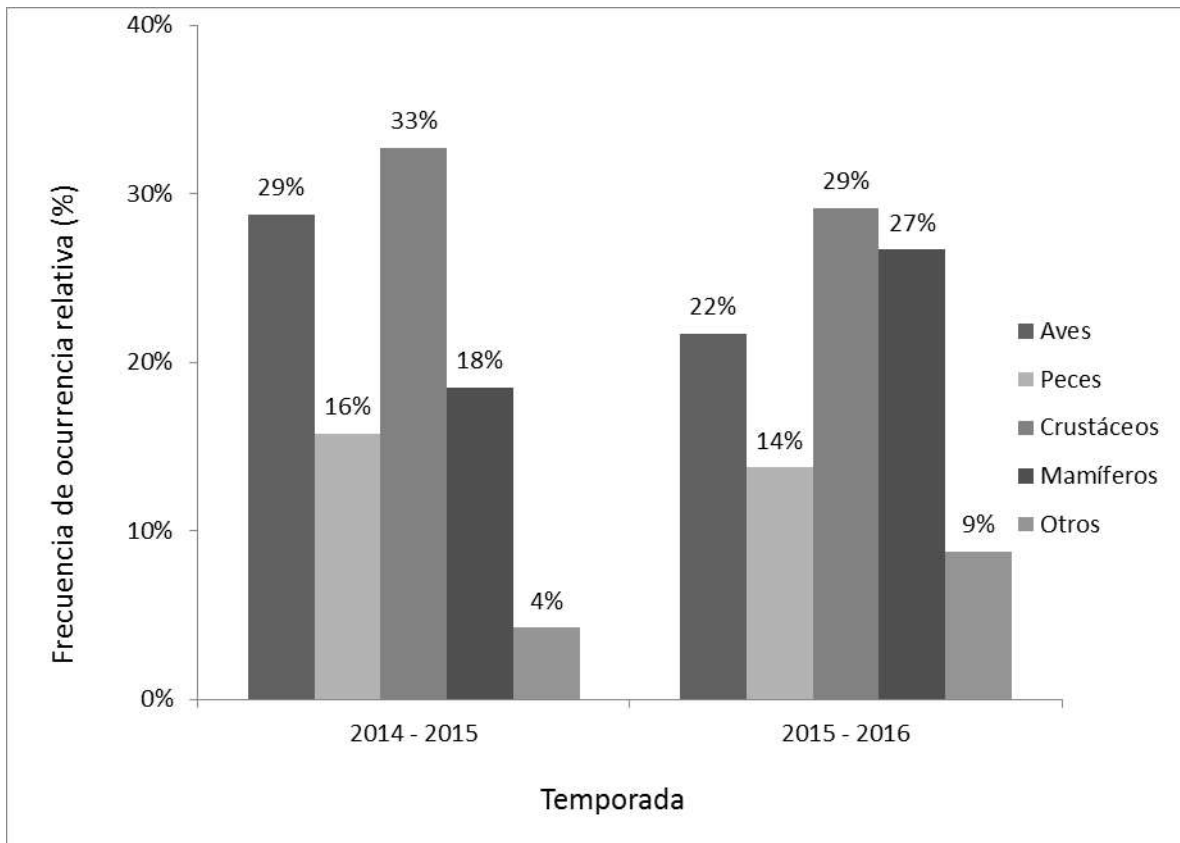


Figura Nro. 7: Frecuencia de ocurrencia relativa de las presas del visón americano al interior del SNCA, durante las dos temporadas de muestreo (2014-2015 y 2015-2016).

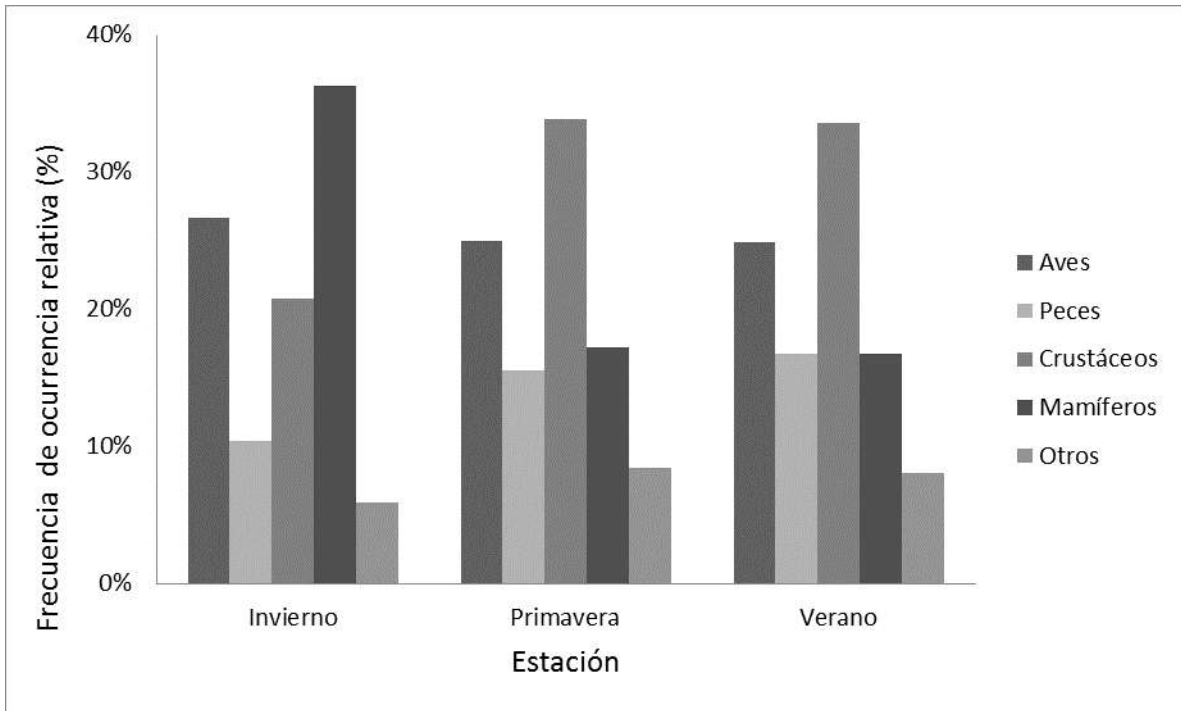


Figura Nro. 8: Frecuencia de ocurrencia relativa de las presas del visón americano al interior del SNCA, durante tres estaciones climatológicas.

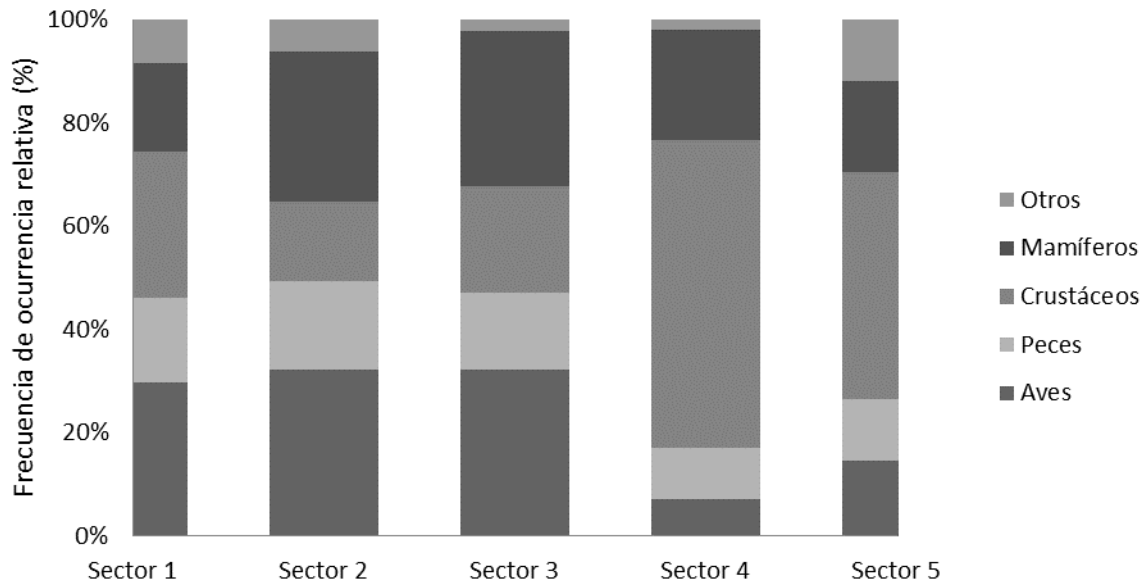


Figura Nro. 9: Frecuencia de ocurrencia relativa de las presas del visón americano al interior del SNCA, en los distintos sectores de la unidad.

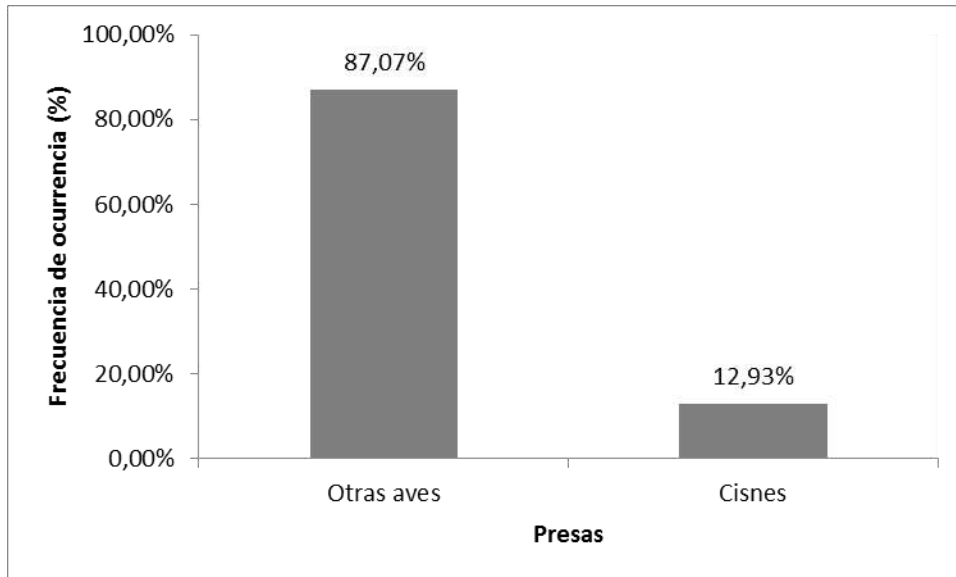


Figura Nro. 10: Frecuencia de ocurrencia de los cisnes en el total de heces de visón americano con aves en su interior ( $n^{\circ}$  de cisnes de cuello negro en heces de visón/ total de aves en heces de visón x 100).

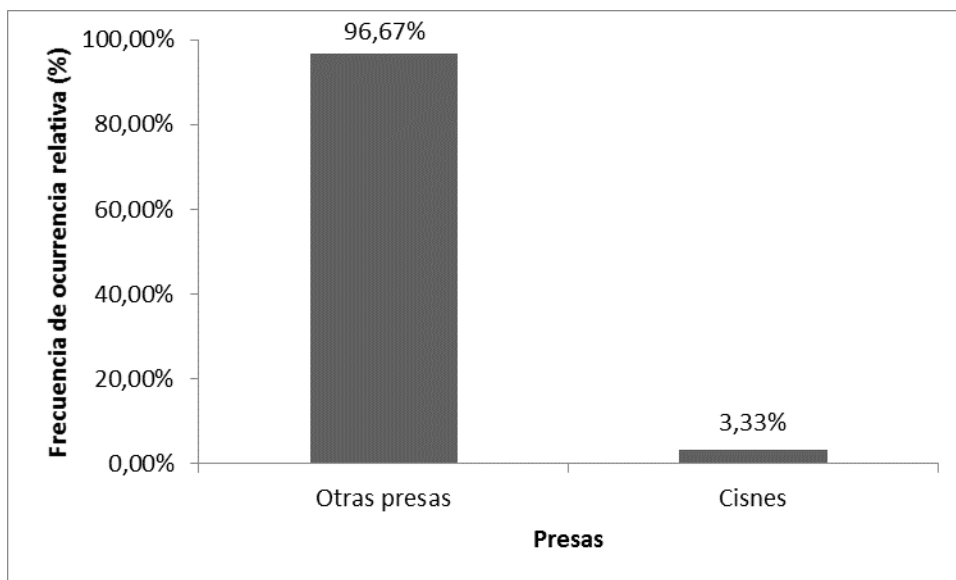
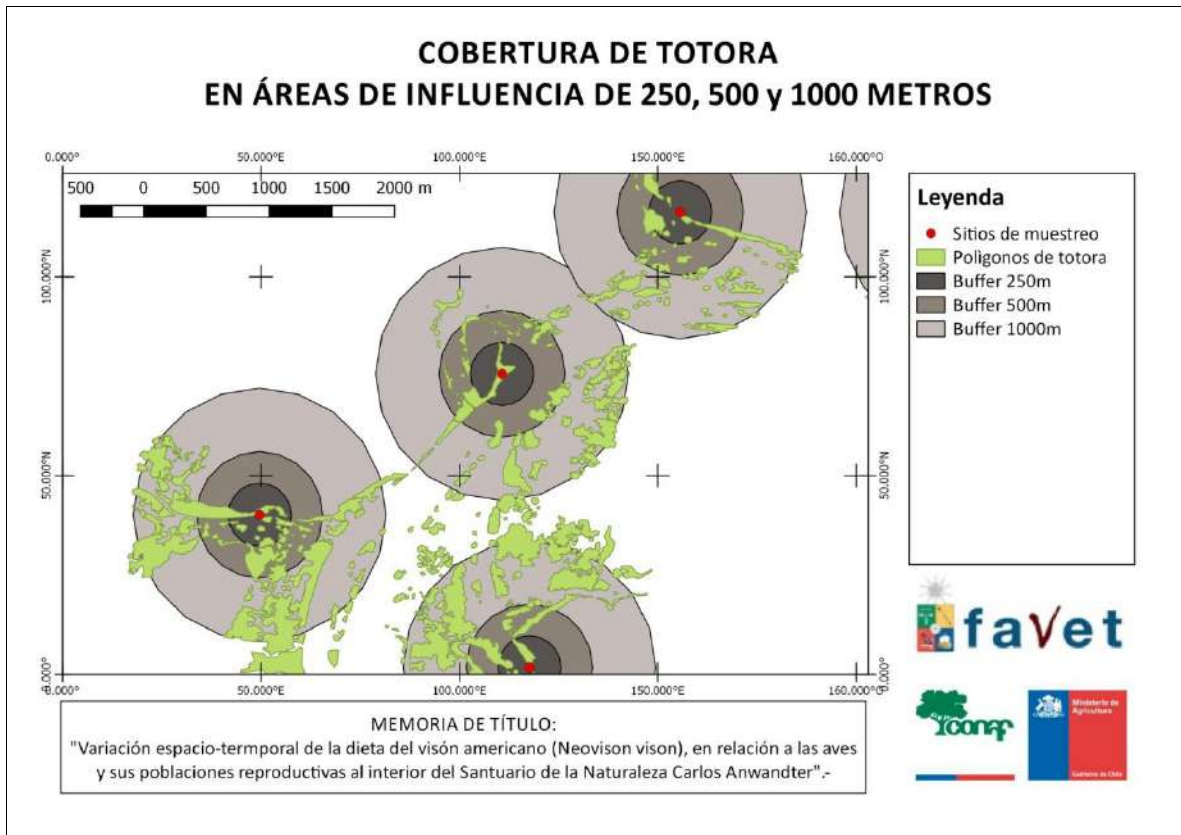


Figura Nro. 11: Frecuencia de ocurrencia relativa del cisne de cuello negro en la dieta del visón americano al interior del SNCA.



**Figura Nro. 12: Cobertura de totora (polígonos verdes) alrededor de los sitios de muestreo, en áreas de influencia de 250, 500 y 1000 metros de radio [QGIS®].**

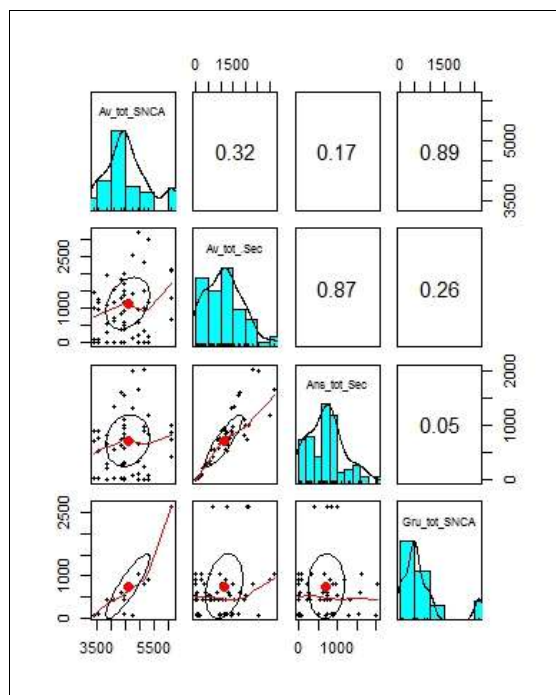


Figura Nro. 13: Correlación entre variables predictivas, de abundancia de aves [R project @].<sup>6</sup>

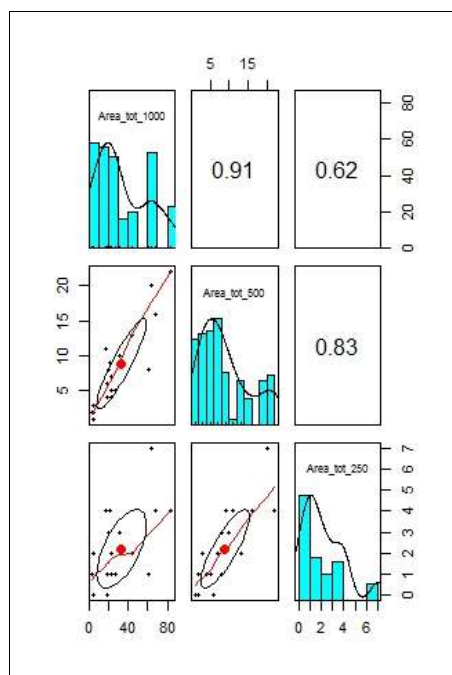


Figura Nro. 14: Correlación entre variables predictivas, de cobertura de totorales [R project @].<sup>7</sup>

<sup>6</sup> Av\_tot\_SNCA = Aves a lo largo de todo el SNCA; Av\_tot\_Sec = Aves contabilizadas por sectores; Ans\_tot\_Sec = Anseriformes contabilizados por sectores; Gru\_tot\_SNCA = Gruiformes a lo largo de todo el SNCA.

<sup>7</sup> Area\_tot\_1000 = Cobertura de totora en un buffer de 1000 metros; Area\_tot\_500 = Cobertura de totora en un buffer de 500 metros; Area\_tot\_250 = Cobertura de totora en un buffer de 250 metros



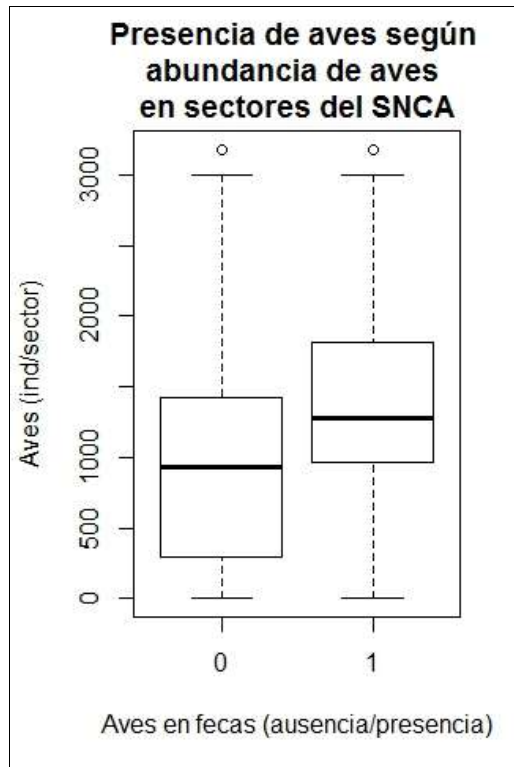


Figura Nro. 15: Presencia o ausencia de aves en la dieta del visón americano, según la abundancia de aves contabilizadas en los distintos sectores [R project ®].

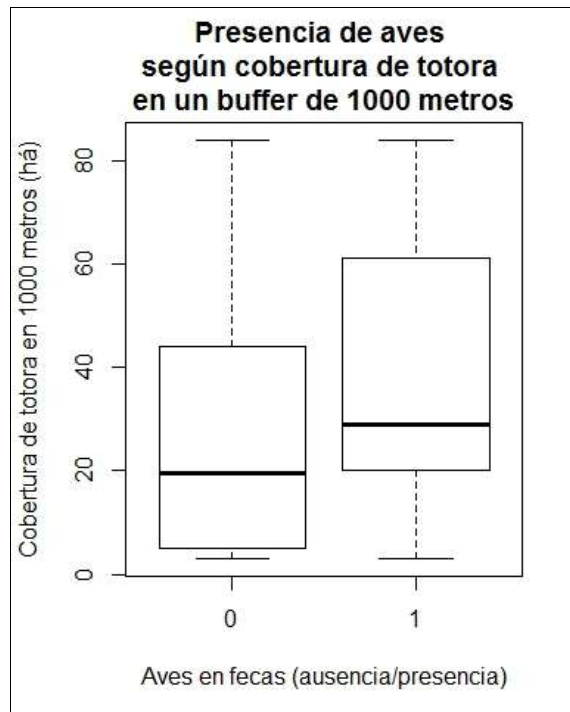


Figura Nro. 16: Presencia o ausencia de aves en la dieta del visón americano, según la cobertura de totora en un área de influencia de 1000 metros [R project ®].

## 2. Tablas

Tabla Nro. 1: Estimador, error estándar y p-value de las distintas variables predictoras de la regresión logística [R project @].<sup>8 9</sup>

Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-1.6693641	0.4277858	-3.902	9.53e-05	***
SeasonPrimavera	0.5495235	0.3856255	1.425	0.15415	
SeasonVerano	0.0809533	0.5092372	0.159	0.87369	
Av_tot_.Sec	0.0006770	0.0002434	2.782	0.00541	**
Nid_num_sec	-0.0123432	0.0491335	-0.251	0.80165	
Poll_num_sec	-0.0037049	0.0123634	-0.300	0.76443	
Area_tot_1000	0.0199297	0.0082626	2.412	0.01586	*
---					

Tabla Nro. 2: Odds ratio e intervalos de confianza de la regresión logística [R project @].<sup>10 11</sup>

		2.5 %	97.5 %
(Intercept)	0.1883668	0.07850862	0.4234848
SeasonPrimavera	1.7324273	0.82166500	3.7487844
SeasonVerano	1.0843203	0.39650700	2.9481468
Av_tot_.Sec	1.0006772	1.00021423	1.0011767
Nid_num_sec	0.9877326	0.89569623	1.0872687
Poll_num_sec	0.9963019	0.97223181	1.0208428
Area_tot_1000	1.0201296	1.00411300	1.0373698

<sup>8</sup> Si el estimador es mayor a cero, la relación es positiva, si es menor a cero, la relación es negativa. Un p-value menor a 0,05 determina la significancia con una confianza del 95%.

<sup>9</sup> Av\_tot\_.Sec = Aves contabilizadas por sectores del SNCA; Nid\_num\_sec = Nidos contabilizados por sectores; Poll\_num\_sec = Polluelos contabilizados por sectores; Area\_tot\_1000 = Cobertura de totora en un area buffer de 1000 metros.

<sup>10</sup> Si el *Odds ratio* es mayor a uno, la relación es positiva, si es menor a uno, la relación es negativa

<sup>11</sup> Av\_tot\_.Sec = Aves contabilizadas por sectores del SNCA; Nid\_num\_sec = Nidos contabilizados por sectores; Poll\_num\_sec = Polluelos contabilizados por sectores; Area\_tot\_1000 = Cobertura de totora en un area buffer de 1000 metros.

Tabla Nro. 3: Resultado de la selección multi-criterio a través del Criterio de información de Akaike (AICc) [R project ®].<sup>12 13 14</sup>

	K	AICc	Delta_AICc	AICcwt	Cum.wt	LL
mod 4	3	266.3646	0.0000	0.4935	0.4935	-130.1223
mod 1	5	267.2942	0.9296	0.3101	0.8036	-128.4956
mod 2	6	268.8193	2.4547	0.1446	0.9482	-128.1964
mod 3	7	270.8745	4.5099	0.0518	1.0000	-128.1515

---

<sup>12</sup> El mejor modelo predictor es el que tiene el valor más bajo AICc.

<sup>13</sup> Para determinar una diferencia significativa entre dos modelos, debe existir una diferencia de 2 unidades en los valores AIC ( $\Delta AICc$  o  $\Delta AICc$ ).

<sup>14</sup> Donde:

Mod 1 = Aves ← Estación + Aves por sectores + Totorá en 1000 mts.

Mod 2 = Aves ← Estación + Aves por sectores + Nidos por sectores + Totorá en 1000 mts.

Mod 3 = Aves ← Estación + Aves por sectores + Nidos por sectores + Polluelos por sectores + Totorá en 1000 mts.

Mod 4 = Aves ← Aves por sectores + Totorá en 1000 mts.