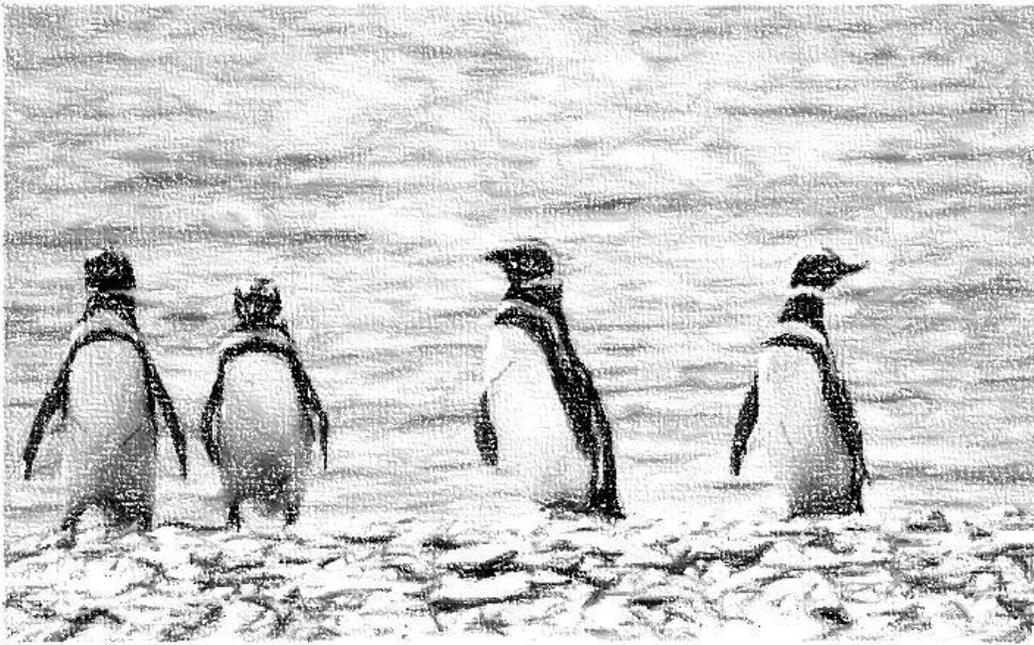




Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
Facultad de Ciencias Naturales
Sede Puerto Madryn

Seminario para acceder al título de Licenciado en Ciencias Biológicas

**COMPOSICIÓN DE LA DIETA DEL PINGÜINO DE MAGALLANES EN EL GOLFO
SAN JORGE**



Alumno: Oscar E. Biagioni

Director: Dr. Diego R. González Zevallos

Co-director: Dr. Pablo Yorio



Introducción

Los pingüinos constituyen un grupo de aves muy importante en los océanos del hemisferio sur. Representan a un grupo altamente especializado en la natación y el buceo, mostrando una alta dependencia del medio marino y patrones de alimentación que reflejan variaciones oceanográficas regionales (Croxall y Lishman 1987, Boersma *et al.* 2009). El Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) se distribuye en los océanos Pacífico y Atlántico a lo largo de las costas de Chile y Argentina incluyendo las Islas Malvinas (Williams 1995). En la Patagonia Argentina su distribución reproductiva abarca desde el Islote Redondo, Río Negro (41°26'S, 65°01'O), hasta el Canal Beagle (54°54'S, 67°23'O), con un total de 950000 parejas distribuidas en 66 colonias (Boersma *et al.* 2013). Su abundancia, biomasa y el papel que desempeña como depredador tope lo posiciona como un importante componente de los ecosistemas costeros y marinos. Además esta especie posee importancia regional debido a su potencial económico, siendo uno de los principales atractivos turísticos de la Patagonia (Yorio *et al.* 2001).

El Pingüino de Magallanes es una especie fundamentalmente piscívora y su dieta ha sido estudiada a lo largo de la costa patagónica (Gosztanyi 1984, Scolaro y Baldano 1986, Frere *et al.* 1996, Scolaro *et al.* 1999, Forero *et al.* 2002, Wilson *et al.* 2005, Scioscia *et al.* 2014). Diversos factores afectan la composición dietaria en los pingüinos y otras aves marinas, pudiendo así diferir entre localidades (Frere *et al.* 1996, Bertellotti y Yorio



1999, Tremblay y Cherel 2003) y/o variar a lo largo de la temporada reproductiva (Pierotti y Annett 1991, Suryan *et al.* 2002, Karnovsky *et al.* 2008). El conocimiento de la dieta es fundamental para interpretar adecuadamente diversos aspectos de la ecología e historia de vida de las aves marinas y determinar su papel en las cadenas tróficas (Lack 1968, Croxall 1987). A su vez, los estudios de dieta aportan información sobre la ocurrencia de presas dentro del rango de alimentación de la población bajo estudio, contribuyendo a la utilización de estas aves como indicadores de cambios en los ecosistemas marinos (Grémillet y Charmantier 2010).

El norte del golfo San Jorge, Provincia de Chubut, es un sector costero clave para la reproducción del Pingüino de Magallanes. En este sector anidan unas 240000 parejas, lo cual representa aproximadamente el 25% del total de individuos reproductores distribuidos a lo largo de la costa patagónica (Boersma *et al.* 2013). El reconocimiento del valor ambiental del sector norte del golfo San Jorge resultó en la creación en el 2008 de un área protegida de 750 km², el Parque Interjurisdiccional Marino Costero Patagonia Austral, bajo la administración conjunta de la Administración de Parques Nacionales y el Gobierno Provincial. Cabe destacar que en las aguas adyacentes al Parque Marino operan importantes pesquerías comerciales de arrastre (Góngora *et al.* 2012) las que capturan y descartan algunas de las presas que han sido registradas en la dieta del Pingüino de Magallanes en otras localidades de Chubut (Frere *et al.* 1996, Scolaro *et al.* 1999), a menudo en áreas similares a las usadas para alimentarse por esta especie (Yorio *et al.* 2010). A pesar de su importancia regional como área



de cría para el Pingüino de Magallanes y de su considerable superposición espacial durante la alimentación con las operaciones de las embarcaciones pesqueras, hasta el momento no se cuenta con un estudio de dieta de las poblaciones de Pingüinos de Magallanes que crían dentro del golfo San Jorge. El presente estudio analiza la composición de la dieta del Pingüino de Magallanes, evalúa la variación entre etapas temprana y tardía de pichones, y determina la importancia relativa de sus presas.

Área de estudio

El golfo San Jorge se extiende desde Cabo Dos Bahías ($44^{\circ}55'S$, $60^{\circ}32'O$) en la Provincia de Chubut, hasta Cabo Tres Puntas ($47^{\circ}06'S$, $65^{\circ}52'O$) en la Provincia de Santa Cruz (Figura 1). Posee una extensión de unos 32200 km^2 y sus aguas son administradas por las provincias de Chubut y Santa Cruz. El sector norte, entre Cabo Dos Bahías e Isla Quintano ($45^{\circ}13'S$, $66^{\circ}03'O$), está conformado por unos 180 km de costas recortadas por numerosas bahías y caletas. Las más de sesenta islas e islotes confieren a este sector de costa rasgos distintivos que la diferencian del resto del litoral de Chubut y son utilizadas para la nidificación por parte de varias especies de aves marinas, incluido el pingüino de Magallanes (Yorio *et al.* 1998).

La productividad del golfo es considerada en términos generales como alta debido al establecimiento de frentes de marea más o menos estables, ubicados principalmente en la boca del golfo (Akselman 1996, Piola y Rivas



1997, Acha *et al.* 2004). La productividad de las aguas y la gran diversidad de ambientes del golfo San Jorge hacen que este sector sea apropiado para el desove y crianza de peces y para el desarrollo de una variedad de invertebrados. Los estudios de dieta del Pingüino de Magallanes se desarrollaron en las colonias ubicadas en las Islas Vernacci Norte ($45^{\circ}11' S$, $66^{\circ}30' O$), en la Caleta Malaspina (Figura 1).

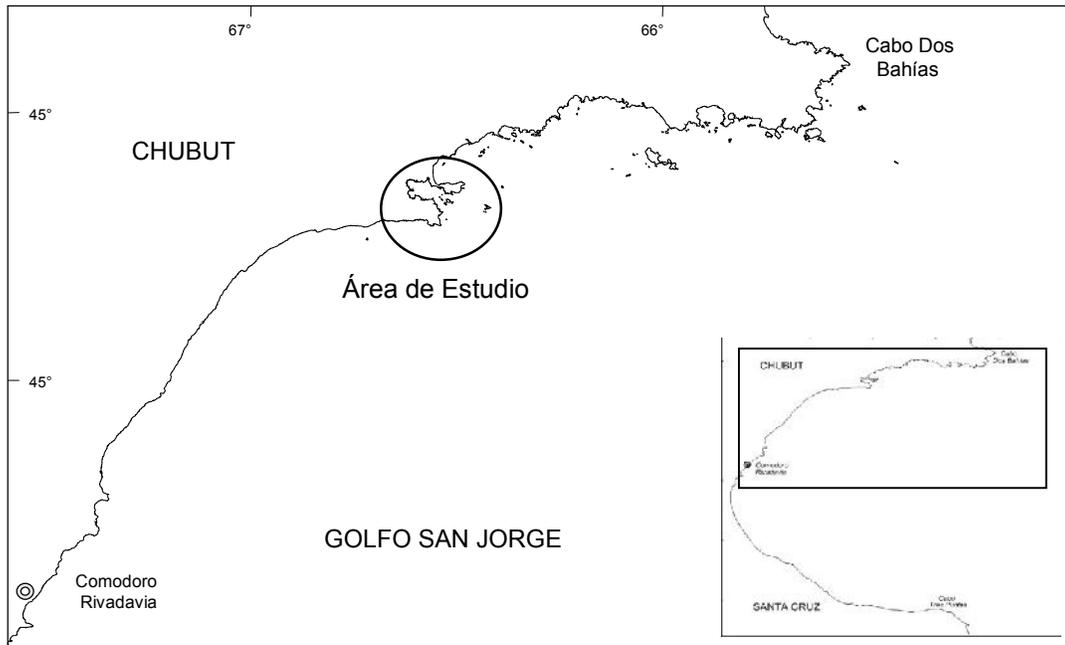


Figura 1. Costa norte del golfo San Jorge mostrando la ubicación de las Islas Vernacci Norte.

Métodos

El muestreo se realizó durante la temporada reproductiva 2011-2012 en las etapas temprana (tercera semana de diciembre) y tardía de pichones



(tercera semana de enero), correspondientes a pichones menores y mayores a 30 días de edad, respectivamente. Los contenidos estomacales se colectaron a través de la técnica de bombeo estomacal (Wilson 1984) la cual ha sido ampliamente utilizada en estudios de dieta de diferentes especies de aves marinas (Barret *et al.* 2007).

Se capturaron individuos adultos provenientes del mar cuando ingresaban a la colonia, bajo el supuesto de que regresaban de un viaje de alimentación. Se obtuvo el peso de cada individuo utilizando una balanza a resorte con una precisión del 1%. Para los bombeos se utilizó una jeringa de 250 ml y sondas de alimentación nasogástrica cuyo diámetro exterior fue 5,3 mm (Figura 2a). En cada individuo se realizó el número de lavados necesarios (entre uno y tres) hasta obtener el agua clara, indicativo de haber vaciado el estómago. Los contenidos estomacales fueron recolectados en tamices de 0,5 mm de tamaño de malla (Figura 2b y 2c) y pesados con una balanza a resorte de 500 g con una precisión del 1% (Figura 2d) y luego preservados en etanol al 70% para su posterior análisis en el laboratorio.



Figura 2. a) Introducción sonda nasogástrica; b) y c) Colección de contenidos estomacales; d) pesado del contenido estomacal, previo a la fijación.

En el laboratorio, se realizó primeramente la separación de presas de los contenidos colectados en forma macroscópica (p.ej. cabezas o cuerpos enteros de peces y calamares, crustáceos enteros (Figura 3a) y caparazones). Posteriormente, se separaron bajo lupa binocular 5-20x diferentes piezas diagnósticas, como otolitos (Figura 3b) y huesos craneales de peces (Figura 3c), picos de cefalópodos (Figura 3d) y caparazones y quelas de crustáceos.



Figura 3. a) crustáceo; b) otolito c) hueso craneal, cleitro; d) pico de calamar.



Las diferentes presas fueron identificadas al menor nivel taxonómico posible a partir de piezas diagnósticas e individuos enteros utilizando muestras de referencia propias y descripciones disponibles en la bibliografía (Clarke 1986, Boschi *et al.* 1992, Gosztonyi y Kuba 1996, Volpedo y Echeverria 2000).

El número de individuos por muestra fue estimado contabilizando los otolitos o hueso craneal (par o impar), dependiendo de cuál de ellos se encontraba en mayor número. En el caso de utilizar piezas pares se las separó en derechas e izquierdas; el mayor número de estas categorías (piezas impares, pares derechas o pares izquierdas) fue considerado como el número de individuos de esa especie en la muestra. Salvo raras excepciones, los otolitos y huesos craneales no mostraron signos de erosión. Estas piezas se midieron utilizando una lupa con una gráticula en una de sus lentes, y las medidas fueron utilizadas para estimar la talla y biomasa de las principales especies de peces encontradas aplicando las ecuaciones de regresión presentadas en la Tabla 1. Para aquellos peces en los que no se dispone de ecuaciones de regresión, se estimó la talla y biomasa promediando los valores obtenidos de ejemplares completos encontrados en las muestras.



Tabla 1. Ecuaciones de regresión utilizadas para la estimación de talla y peso de las presas identificadas en la dieta del Pingüino de Magallanes.

Espece	Ecuación de Regresión	Referencia
Anchoíta <i>Engraulis anchoíta</i>	LT(cm)= 2,36817 + 3,56 LO(mm) P(g)= 0,0025 LT(cm) ^{3,353}	Koen Alonso, M. <i>et al.</i> 1998
Merluza <i>Merluccius hubbsi</i>	LT(cm)= 1,823 LO(mm) ^{1,072} si LO < 15 mm LT(cm)= 1,984 LO(mm) ^{1,05} si LO > 15 mm P(g)= 0,00476 LT(cm) ^{3,061} si LO < 15 mm P(g)= 0,00972 LT(cm) ^{2,886} si LO > 15 mm	Koen Alonso, M. <i>et al.</i> 1998
	Ln(LT) = a + b(Ln (x)) donde x = Largo del hueso u otolito (mm)	González Zevallos, D. <i>et al.</i> 2010
Escrófalo <i>Sebastes spp.</i>	LT(cm) = 0,188060373265931 + 0,307143061782312 LC (mm) P(g)= -0,672370735632575 + 0,14534265215937 LC(mm)	Fernández, S. y Ciancio, J. (datos no publicados)
Calamarete <i>Doryteuthis sanpaulensis</i>	LM(cm)= -0,330613 + 57,4299 x LRs Ln(P) = 2,04038 + 2,4808 x Ln(LRs) LM(cm)= -9.31512 + 63.6313 x LRI Ln(P)= 1.88113 + 2.8300 x Ln(LRI)	Pineda, S.E. <i>et al.</i> 1996
Calamar <i>Illex argentinus</i>	LM(mm)= 2,0133 + 53,4128 x LRs P(g) = 0,9559 + 3,2198 x Ln(LRs)	Ivanovic, M.L. y Brunetti, N.E. 1997

LT: largo total , LO: Largo otolito, LC: Largo cleitro, LM: Largo del manto, P: Peso



Los cefalópodos fueron contabilizados a partir de los picos inferiores y superiores, los que al ser encontrados todavía adosados al individuo entero o a restos del sistema bucal presentaron en todos los casos un buen estado de conservación. En los pocos casos en que se encontraron picos aislados y rotos o muy desgastados, los mismos fueron excluidos del análisis por considerarlos restos de eventos de alimentación previos (Van Heezik y Seddon 1989). La talla y biomasa reconstituida de cada ítem presa ingerido fue estimada utilizando ecuaciones de regresión para el largo rostral inferior (LRi) o largo rostral superior (LRs) de los picos (Tabla 1).

En el caso del Camaroncito (*Peisos petrunkevitchi*), el único crustáceo con una representación numérica significativa (ver Resultados), el número de individuos en cada muestra fue obtenido contabilizando los pares de ojos. Debido a que la mayoría de los ejemplares se hallaban partidos, no se pudieron obtener sus tallas. Sin embargo, el examen visual permitió corroborar que la mayoría de los ejemplares en todas las muestras presentaban tallas similares. Por lo tanto, se pesó la muestra con mayor número de individuos y se dividió el valor obtenido por el número de ejemplares en la misma, obteniéndose así el peso promedio de los individuos. Para el cálculo de la biomasa reconstruida de esta especie, se extrapoló dicho valor al resto de las muestras.

Para cada especie presa y grupo de presas (peces, cefalópodos y crustáceos), se calculó la frecuencia de ocurrencia (%FO)



$$\%FO = \frac{\text{n}^\circ \text{muestras en las que la especie presa fue identificada}}{\text{muestras totales}} * 100$$

La importancia numérica (%N)

$$\% N = \frac{\text{n}^\circ \text{ de individuos de la especie presa}}{\text{n}^\circ \text{ individuos totales}} * 100$$

La importancia en peso (%P)

$$\%P = \frac{\text{Peso reconstruido de la especie presa}}{\text{Peso reconstruido total}} * 100$$

El índice de importancia relativa porcentual (%IIR)

$$\%IIR = \frac{(\%N + \%P) * FO}{IIR \text{ total}} * 100$$

(Duffy y Jakson 1986)

Para el cálculo de %P y %IIR solamente se tuvieron en cuenta aquellas especies de peces que superaron el 10% de la %FO y %N en las etapas temprana y/o tardía de pichones. Dada la importancia de la Merluza (*Merluccius hubbsi*) como especie blanco de las pesquerías de arrastre en el Golfo San Jorge, la misma fue incluida en el cálculo de estas dos medidas a pesar de no cumplir con el criterio establecido (ver Resultados).

Los resultados se presentan como medias \pm un desvío estándar. Para el análisis de los datos se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Las diferencias en la composición dietaria entre las dos etapas de crianza de pichones fueron evaluadas en base a las frecuencias numéricas y el porcentaje de biomasa relativa utilizando un análisis de similitud



(ANOSIM) realizado con el paquete PRIMER 6.0 (Clarke y Gorley 2006). Se realizó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) para determinar las presas que más contribuyeron a las diferencias entre las etapas (Clarke 1993, Clarke y Warwick 2001).



Resultados

Descripción general de la dieta

Se capturó un total de 98 individuos adultos, 51 para la etapa de pichones temprana y 47 para la etapa de pichones tardía, de los cuales se obtuvieron 62 contenidos estomacales debido a que algunos regresaron sin material en sus estómagos. Tres de ellos fueron descartados para el análisis porque no superaron los 5 g, por lo que se obtuvo un total de 59 contenidos viables para el análisis, 29 para la etapa temprana de pichones y 30 para la etapa tardía.

El peso promedio de los contenidos colectados no mostró diferencias significativas entre las etapas temprana y tardía (Mann-Whitney $U = 947,5$; $p = 0,1523$) siendo de $255 \text{ g} \pm 250,9 \text{ g}$ (rango = 10-1145; $n = 29$) en la etapa temprana y de $152 \text{ g} \pm 154,1 \text{ g}$ (rango = 7-710; $n = 29$) en la etapa tardía. Respecto del peso promedio reconstruido, tampoco se encontraron diferencias significativas entre las etapas temprana y tardía (Mann-Whitney $U = 958$; $p = 0,1821$), siendo de $361,9 \text{ g} \pm 328,7 \text{ g}$ (rango = 29,6-1244,0; $n = 29$) en la etapa temprana y de $273,9 \text{ g} \pm 260,4 \text{ g}$ (rango = 15,7-922,2; $n = 30$) en la etapa tardía.

Se registró un total de 1858 ítems presa y se reconocieron al menos 14 especies, 8 de peces, 3 de cefalópodos y 3 de crustáceos (Tabla 2).



Frecuencia de ocurrencia

Los peces fueron la presa de mayor frecuencia de ocurrencia en las etapas temprana y tardía de pichones (93,1 y 90,0%, respectivamente), seguidos por los cefalópodos (48,3 y 46,7%, respectivamente). La anchoíta (*Engraulis anchoíta*) fue la especie presa con mayor frecuencia de ocurrencia, tanto en la etapa temprana (93,1%) como en la tardía (66,7%), seguida por el calamarete (*Doryteuthis sanpaulensis*) (44,8%) en la etapa temprana y el calamar (*Illex argentinus*) (33,3%) en la tardía (Tabla 2).

Tabla 2. Frecuencias de ocurrencia e importancia numérica de las distintas presas encontradas en las etapas temprana y tardía de pichones.

Especie presa	Etapa de pichones			
	Temprana		Tardía	
	%FO n = 29	%N n = 1222	%FO n = 30	%N n = 636
Peces	93,1	89,0	90,0	60,1
Anchoíta (<i>Engraulis anchoíta</i>)	93,1	35,9	66,7	24,2
Merluza (<i>Merluccius hubbsi</i>)	6,9	1,6	26,7	3,5
Papamoscas (<i>Cheilodactylus bergi</i>)	24,1	0,9	13,3	0,6
Torito (<i>Bovichtus argentinus</i>)	24,1	12,4	10,0	0,5
Pejerrey (<i>Odonthestes</i> sp.)	10,3	1,9	6,7	28,1
Nototenia (<i>Patagonotothen cornucola</i>)	0,0	0,0	3,3	0,2
Escrófalo (<i>Sebastes</i> spp.)	10,3	34,3	20,0	1,9
Saraqita (<i>Ramnogaster arcuata</i>)	10,3	0,3	0,0	0,0
NO IDENTIFICADOS	13,8	1,6	13,3	1,1
Cefalópodos	48,3	10,2	46,7	9,9
Calamarete (<i>Doryteuthis gahi</i>)	3,4	0,2	0,0	0,0
Calamarete (<i>Doryteuthi sanpaulensis</i>)	44,8	10,0	30,0	5,0
Calamar (<i>Illex argentinus</i>)	0,0	0,0	33,3	4,9
NO IDENTIFICADOS	3,4	0,1	0,0	0,0
Crustáceos	6,9	0,8	20,0	30,0
Camaroncito (<i>Peisos petrunkevitchi</i>)	3,4	0,7	16,7	29,9
Langostilla (<i>Munida gregaria</i>)	3,4	0,2	0,0	0,0
Langostino (<i>Pleoticus muelleri</i>)	0,0	0,0	3,3	0,2



Importancia numérica

Los peces dominaron en las etapas temprana y tardía (89 y 60,1%, respectivamente), siendo la anchoíta y el escrófalo (*Sebastes* spp.) las principales especies en número de individuos en la etapa temprana de pichones (35,9 y 34,3%, respectivamente). En la etapa tardía de pichones, el camaroncito mostró la mayor importancia numérica (29,9%) seguido por el pejerrey (*Odonthestes* sp.) (28,1%) y la anchoíta (24,2%). El resto de las especies en esta etapa mostraron importancias numéricas de menos del 5%.

La importancia numérica de las presas difirió significativamente entre ambas etapas (ANOSIM, R Global = 0,102; $p = 0,002$). La presa que más contribuyó a las diferencias en la composición dietaria según el análisis SIMPER fue la anchoíta (40,8%), seguida por el calamarete *Doryteuthis sanpaulensis* (14,2%). Estas especies en conjunto representaron más del 50% de las diferencias observadas.

Importancia en peso

Las tallas y pesos de las anchoítas consumidas por el Pingüino de Magallanes difirieron entre las etapas temprana y tardía, en tanto que las de merluza y el escrófalo no presentaron diferencias significativas entre etapas (Tabla 3). El calamarete (*D. sanpaulensis*) mostró diferencias significativas en ambas variables entre ambas etapas (Tabla 3).



Tabla 3. Talla y peso reconstruido de las principales presas identificadas en la dieta en ambas etapas del período de crianza de pichones (media \pm desvío estándar, con rango entre paréntesis).

Especie presa	Etapa de pichones				Mann-Whitney
	Temprana		Tardía		
Anchoíta	n = 269		n = 72		U = 9580; $p = 0,0002$
Talla (cm)	14,3 \pm 3,6	(6,3 - 18,6)	12,5 \pm 3,5	(6,8 - 17,7)	
Peso (g)	23,1 \pm 12,8	(1,2 - 44,9)	15,7 \pm 12,1	(1,6 - 38,1)	
Merluza	n = 20		n = 18		U = 407; $p = 0,1016$
Talla (cm)	16,3 \pm 5,7	(9,1 - 30,6)	19,1 \pm 6,2	(11,8 - 31,7)	
Peso (g)	34,3 \pm 39,6	(4,2 - 168,1)	53,1 \pm 53,8	(9,0 - 187,5)	
Escrófalo	n = 69		N = 3		U = 115; $p = 0,8765$
Talla (cm)	2,3 \pm 0,2	(1,9 - 2,5)	2,2 \pm 0,2	(2,0 - 2,4)	
Peso (g)	0,3 \pm 0,1	(0,2 - 0,4)	0,3 \pm 0,1	(0,2 - 0,4)	
Calamarete*	n = 121		n = 32		U = 3615; $p < 0,0001$
Talla (cm)	4,6 \pm 1,3	(1,7 - 9,7)	6,8 \pm 2,2	(3,4 - 10,9)	
Peso (g)	5,1 \pm 3,9	(0,4 - 28,6)	13,9 \pm 10,2	(2,2 - 37,8)	
Calamar			n = 31		-
Talla (cm)	-	-	18,8 \pm 2,7	14,9 - 23,4)	
Peso (g)	-	-	154,0 \pm 72,7	(67,6 - 295,8)	

* *Doryteuthis sanpaulensis*

Durante el análisis se obtuvieron solamente tres ejemplares completos y en buen estado de torito (*Bovichtus argentinus*), con posibilidad de ser medidos. La talla promedio fue de 2,4 \pm 0,2 cm (rango = 2,2-2,5; n = 3) mientras que el peso promedio fue de 0,37 \pm 0,05 g (rango = 0,32-0,41; n = 3). La medición de una submuestra de 33 cleitros encontrados en los contenidos permitió corroborar que el tamaño del resto de los ejemplares capturados estuvo dentro del rango de aquellos encontrados enteros. El



peso estimado para cada individuo de Camaroncito fue de 0,3 g (ver Métodos).

Los peces dominaron en la etapa temprana de pichones, con un 94,2% de representación, mientras que en la etapa tardía la importancia en peso fue mayor para los cefalópodos (56,5%) seguida por los peces (42,8%). La anchoíta predominó con el 85,9% de representación en la etapa temprana de pichones pero constituyó solamente el 29,0% en la etapa tardía, cuando el aporte del calamar se elevó al 50,8% (Tabla 4).

La importancia en peso de las presas difirió significativamente entre ambas etapas (ANOSIM, R Global = 0,196; $p = 0,001$). La presa que más contribuyó a las diferencias en la composición dietaria según el análisis SIMPER fue la anchoíta (54,7%), seguida por el calamar (22,9%), representando en conjunto más del 75% de las diferencias observadas.

Índice de importancia relativa porcentual

Los valores de %IIR indicaron que los peces fueron el principal grupo de presas en ambas etapas, aunque con una mayor contribución en la etapa de pichones temprana que en la tardía (94,5 vs. 61,3%, respectivamente) (Tabla 4). En la etapa tardía de pichones, los cefalópodos y los crustáceos aumentaron su importancia relativa en la dieta (Tabla 4).



Tabla 4. Importancia numérica (%N), importancia en peso (%P) e índice de importancia relativa porcentual (%IIR) de las principales especies presa en las etapas temprana y tardía de pichones del Pingüino de Magallanes.

Especie presa	Etapa de pichones					
	Temprana			Tardía		
	%N n = 1154	%P n = 29	%IIR	%N n = 444	%P n = 30	%IIR
Peces	88,8	94,2	94,5	43,0	42,8	61,3
Anchoíta	37,8	85,9	88,4	34,7	29,0	54,1
Merluza	1,7	6,5	0,4	4,9	13,7	6,3
Torito	13,1	0,5	2,5	0,7	0,01	0,1
Escrófalo	36,1	1,2	3,0	2,7	0,05	0,7
Cefalópodos	10,5	5,8	5,6	14,2	56,5	29,5
Calamarete*	10,5	5,8	5,6	7,2	5,7	4,9
Calamar	-	-	-	7,0	50,8	24,5
Crustáceos	0,7	0,02	0,02	42,8	0,7	9,2
Camaroncito	0,7	0,02	0,02	42,8	0,7	9,2

* *Doryteuthis sanpaulensis*



Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que los pichones de Pingüino de Magallanes que reproducen en la costa norte del golfo San Jorge son alimentados mayormente por peces, con un aporte menor de moluscos y crustáceos, y que su dieta está compuesta principalmente por anchoíta. Estos resultados coinciden con evaluaciones de dieta de esta especie en colonias ubicadas al norte del golfo, donde también la anchoíta fue la especie más representada (Gosztonyi 1984, Scolaro y Badano 1986, Frere *et al.* 1996, Scolaro *et al.* 1999, Wilson *et al.* 2005). En el área de estudio, los pingüinos capturaron al menos catorce especies presa, dos a tres veces más que las observadas en estudios previos (Gosztonyi 1984, Scolaro y Badano 1986, Frere *et al.* 1996, Scolaro *et al.* 1999, Wilson *et al.* 2005). El mayor espectro trófico registrado en este trabajo podría deberse a las diferencias en la oferta de presas en las distintas localidades, a diferencias en el periodo de la etapa de crianza de pichones en que se efectuó el muestreo y/o a diferencias en la obtención o procesamiento de las muestras (p.ej. algunos estudios efectuaron un solo lavado por individuo, analizaron los contenidos en el mismo sitio de muestreo solamente mediante inspección ocular y/o analizaron una sub-muestra de cada contenido). Por otro lado, la mayoría de los estudios previos fueron realizados en las décadas de 1970 (Scolaro y Badano 1986) y 1980 (Gosztonyi 1984, Frere *et al.* 1996, Scolaro *et al.* 1999), por lo que no



puede descartarse la existencia de cambios en la oferta de alimento para los pingüinos. Cabe señalar sin embargo, que la mayoría de las catorce especies presa identificadas en este estudio contribuyeron relativamente poco a la dieta de los pichones.

Los estudios previos sobre los requerimientos alimentarios del Pingüino de Magallanes en la provincia de Chubut cuantificaron la dieta en base a la frecuencia de ocurrencia y/o importancia numérica (Gosztanyi 1984, Scolaro y Badano 1986, Scolaro *et al.* 1999, Wilson *et al.* 2005), salvo el trabajo de Frere *et al.* (1996) que incluyó además el porcentaje en peso. En el presente estudio, la contribución relativa de las presas a la dieta de los pichones difirió dependiendo del método de cuantificación utilizado. Presas como el escrófalo, pejerrey o camaroncito presentaron valores de importancia numérica relativamente altos, en algunos casos incluso mayores a los de la anchoíta, o frecuencias de ocurrencia relativamente altas como el calamarete (*D. sanpaulensis*). Sin embargo, debido a su pequeño tamaño o presencia en gran número en sólo uno o dos contenidos estomacales, las mismas presentaron un bajo porcentaje en peso y, por lo tanto, una baja contribución a la dieta de los pichones. Esto señala el valor de cuantificar la importancia en peso de las diferentes presas además de evaluar sus frecuencias de ocurrencia e importancia numérica, de manera de poder determinar adecuadamente su importancia relativa. Es relevante señalar, que el análisis de contenidos estomacales empleado en este estudio brinda información sobre el último evento de alimentación (Karnovsky *et al.* 2012), pudiendo entonces no aportar una descripción



adecuada de la dieta durante el período estudiado si la variabilidad temporal en el uso de alimento fue alta. Futuras evaluaciones deberían complementar los métodos convencionales utilizados en este estudio con el análisis de isótopos estables (Bond y Jones 2009, Polito *et al.* 2011, Flemming y Van Heezik 2014), que permiten determinar el aporte de las principales presas consumidas en el mediano plazo.

Aunque la anchoíta fue la presa más consumida, su contribución relativa varió entre las etapas temprana y tardía de pichones. Esta presa pasó de ser dominante en la etapa temprana con una importancia relativa de casi el 90% a contribuir con algo más del 50% en peso en la etapa tardía, coincidente con un aumento del aporte del calamar. Los cefalópodos son consumidos en mayor o menor medida por la mayoría de las especies de pingüinos (Croxall y Lishman 1987) y estudios previos sobre el Pingüino de Magallanes indican que este grupo puede tener una mayor importancia que los peces en algunas colonias de Santa Cruz (*I. argentinus* y *Doryteuthis* sp.; Frere *et al.* 1996, Scolaro *et al.* 1999) e Islas Malvinas (*Gonatus* sp. y *D. gahi*; Thompson 1993, Pütz *et al.* 2001). Debido a su menor calidad como alimento en relación a los peces (Heath y Randall 1985, Cherel y Ridoux 1992), es posible que los cefalópodos constituyan una presa alternativa en situaciones en que los peces se encuentran temporalmente en menor disponibilidad, como ha sido observado en el Pingüino Azul (*Eudyptula minor*) (Cullen *et al.* 1991).



Los crustáceos contribuyeron relativamente poco a la dieta de los pichones del Pingüino de Magallanes en el área de estudio. Los crustáceos también pueden ser un componente significativo en la dieta de varias especies de pingüinos (Croxall y Lishman 1987). En este estudio sólo el camaroncito tuvo un aporte, aunque menor, a la dieta de los pichones del Pingüino de Magallanes. A pesar de la significativa abundancia del langostino y la langostilla en el área de estudio (Boschi *et al.* 1981, Ravalli *et al.* 2010), estas especies fueron identificadas en tan sólo un contenido estomacal y con baja frecuencia numérica, sugiriendo su baja importancia como alimento para el Pingüino de Magallanes en la costa norte del golfo San Jorge. En cambio, estudios realizados en Islas Malvinas muestran que la langostilla puede representar hasta el 20% de la composición general de la dieta (Clausen y Pütz 2002), y otro estudio desarrollado indican en Tierra del Fuego que es una especie relevante en la dieta, aunque principalmente en la etapa de incubación (Sciosa *et al.* 2014).

Entre las especies consumidas por el Pingüino de Magallanes se encontraron algunas que son de interés pesquero en la Patagonia, como el calamar, merluza, pejerrey y langostino, aunque estas dos últimas estuvieron escasamente representadas en su dieta. El golfo San Jorge es un importante caladero para pesquerías comerciales de arrastre, que capturan principalmente merluza y langostino (Góngora *et al.* 2012) y operan en áreas similares a las utilizadas por los pingüinos para su alimentación (Yorio *et al.* 2010). Si bien la principal especie capturada por la flota fresca y descartada en ambas pesquerías es la merluza (Dato *et al.* 2006, Góngora



et al. 2012, Bovcon *et al.* 2013), la misma contribuyó poco a la dieta del Pingüino de Magallanes y únicamente en la etapa tardía de pichones. La merluza había sido señalada como un componente importante de la dieta durante la etapa tardía de pichones de los Pingüinos de Magallanes que crían en Cabo Dos Bahías, representando casi el cincuenta por ciento de importancia en peso (Frere *et al.* 1996). El calamar, por su parte, no es objeto de la pesca en aguas del golfo. Cabe destacar que la anchoíta es considerada comercialmente importante al norte del paralelo 41° (Hansen *et al.* 2009). Aunque el stock disponible en la costa sur de Argentina no ha sido significativamente explotado hasta la fecha, se han presentado planes para su explotación en aguas de Chubut (Skewgar *et al.* 2007). Varios autores han expresado los efectos negativos que pueden tener las pesquerías de peces pelágicos sobre las poblaciones de aves marinas (p.ej. Crawford 2004, Cury *et al.* 2011), por lo que el posible desarrollo de una pesquería de anchoíta en aguas provinciales abre una serie de interrogantes sobre los potenciales efectos de dicha explotación sobre las poblaciones del Pingüino de Magallanes.

El presente estudio brinda la primera información sobre la dieta del Pingüino de Magallanes que se alimenta dentro del golfo San Jorge durante la temporada de cría. Dada la relevancia de esta especie en el sistema marino costero y del potencial valor de la información sobre requerimientos alimentarios para el manejo de sus poblaciones y de las actividades pesqueras; futuros estudios deberían evaluar la composición dietaria en el resto de las etapas del ciclo reproductivo y analizar la variación interanual



en el consumo de presas. La complementación de los estudios de dieta utilizando metodologías convencionales, como las aplicadas en este estudio, con técnicas bioquímicas como el análisis de isótopos estables permitirán dimensionar más adecuadamente el nicho trófico de uno de los principales depredadores tope en la costa patagónica.



BIBLIOGRAFIA

- Acha, E.M.; Mianzan, H.W.; Guerrero, R.A.; Favero, M. y Bava, J. (2004). Coastal marine fronts at the southern cone of South America. Physical y ecological processes. *Journal of Marine Systems* 44: 83-105.
- Akselman, R (1996) Estudios ecológicos en el Golfo San Jorge y adyacencias (Atlántico sudoccidental). Distribución, abundancia y variación estacional del fitoplancton en relación a factores físico-químicos y la dinámica hidrológica. Tesis En Ciencias Marinas. Golfo San Jorge, Santa Cruz, Argentina.
- Barret, R.T.; Camphuysen, C.J.; Anker-Nilssen, T.; Chardine, J.W.; Furness, R.W.; Garthe, S.; Hüppop, O.; Leopold, M.F.; Montevecchi, W.A. y Veit, R.R. (2007). Diet studies of seabirds: a review and recommendations ICES *Journal of Marine Science* 64: 1675-1691.
- Bertellotti, M. y Yorio, P. (1999). Spatial and temporal patterns in the diet of the Kelp gull in northern Chubut, Patagonia. *Cóndor* 101: 790-798.
- Boersma, P.D.; Rebstock, G.A.; Frere, E. y Moore, S.E. (2009). Following the fish: penguins and productivity in the South Atlantic *Ecological Monographs* 79: 59-76.
- Boersma, P.D.; Garcia Borboroglu, P.; Frere, E.; Kane, O.; Pozzi, L.M.; Pütz, K.; Raya Rey, A.; Rebstock, G.A.; Simeone, A.; Smith, J.; Yorio, P. y Van Buren, A. (2013). Magellanic Penguin (*Spheniscus magellanicus*). Pp. 233-263. En: Garcia Borboroglu, P. y Boersma P. D. (eds.). *Penguins: Natural History and Conservation*. University of Washington Press, Estados Unidos.
- Bond A.L. y Jones I.L. (2009). A practical introduction to stable-isotope analysis for seabird biologists: approaches, cautions and caveats. *Marine Ornithology* 37: 183-188.
- Boschi, E.E.; Fischbach, K. y Iorio M.I. (1992). Catálogo ilustrado de los crustáceos estomatópodos y decápodos marinos de Argentina. *Frente Marítimo* 10: 7-94.
- Boschi, E.; Iorio, M. y Fischbach, C. (1981) Distribución y abundancia de los crustáceos decápodos capturados en las campañas de los B/I Walther Herwig y Shinkai Maru en el Mar Argentino, 1978-1979.. INIDEP, Mar del Plata. *Contribución* 383: 233-253.
- Bovcon N.D.; Gongora M.E.; Marinao C. y González Zevallos D. (2013). Composición de las capturas y descartes generados en la pesca de merluza común *Merluccius hubbsi* y langostino patagónico *Pleoticus muelleri*: un caso de estudio en la flota fresca de altura del Golfo San Jorge, Chubut, Argentina. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48: 303-319.



- Cherel Y. y Ridoux V. (1992). Prey species and nutritive value of food fed during summer to King Penguin *Aptenodytes patagonica* chicks at Possession Island, Crozet Archipelago. *Ibis* 134: 118–127.
- Clarke, M.R. (1986). *A Handbook for the Identification of Cephalopods Beaks*. Clarendon Press, Oxford, Reino Unido.
- Clarke, K.R. (1993). Nonparametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143.
- Clarke, K.R. y Gorley, R.N. (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth, Reino Unido.
- Clarke, K.R. y Warwick, R.M. (2001). *Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation*, 2ª edición, PRIMER-E. Plymouth, Reino Unido.
- Clausen A.P. y Pütz K. (2002). Recent trends in diet composition and productivity of Gentoo, Magellanic and Rockhopper Penguins in the Falkland Islands. *Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems* 12: 51-61.
- Crawford, R.J.M. (2004). Accounting for food requirements of seabirds in fisheries management: the case of the South African purse-seine fishery. *African Journal of Marine Science* 26: 197–203.
- Croxall, J.P. (1987) Conclusions. Pp. 369-381. En: Croxall, J.P. (Ed.). *Seabirds feeding ecology and role in marine ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Croxall, J.P. y Lishman, G.S. (1987). The food and feeding ecology of penguins. Pp. 101-133. En: Croxall, J.P. (ed.). *Seabirds: feeding ecology and role in marine ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Cullen J.M.; Montague T.L. y Hull C. (1991). Food of Little Penguins *Eudyptula minor* in Victoria: comparison of three localities between 1985 and 1988. *Emu* 91: 318–341.
- Cury, P.M.; Boyd, I.L.; Bonhommeau, S.; Anker-Nilssen, T.; Crawford, R.J.M.; Furness, R.W.; Mills, J.A.; Murphy, E.J.; Österblom, H.; Paleczny, M.; Piatt, J.F.; Roux, J.P.; Shannon, L. y Sydeman, W.J. (2011). Global seabird response to forage fish depletion for the birds. *Science* 334: 1703–1706.
- Dato, C.V.; Bambill, G.A.; Cañete, G.R.; Villarino, M.F. y Aubone, A. (2006). Estimación cuantitativa del descarte en la pesquería de merluza realizado por la flota comercial argentina. INIDEP documento científico, 6. p. 31-38 ISSN: 0327-9332



- Duffy, D.C. y Jackson, S. (1986). Diet studies of seabirds: a review of methods. *Colonial Waterbirds* 9: 1-17.
- Flemming, S.A. y van Heezik, Y. (2014). Stable isotope analysis as a tool to monitor dietary trends in little penguins *Eudyptula minor*. *Austral Ecology* 39: 656-667.
- Forero, M.; Hobson, K.; Bortolotti, G.R.; Donázar, J.A.; Bertellotti, M. y Blanco, G. (2002). Food resource utilisation by Magellanic penguin evaluated through stable isotope analysis: segregation by sex and age and its influence on offspring quality. *Marine Ecology Progress Series* 234: 289-299.
- Frere, E.P.; Gandini y V. Lichtschein (1996). Variación latitudinal en la dieta del Pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la costa patagónica, Argentina. *Ornitología Neotropical* 7: 35-41.
- Góngora, M.E.; González Zevallos, D.; Petrovello A. y Mendia L. (2012). Caracterización de las principales pesquerías del golfo San Jorge Patagonia, Argentina. *Latin American Journal of Aquatic Research* 40: 1-11
- González Zevallos, D.; Kuba L. y Gosztanyi A. (2010). Estimación de la longitud utilizando relaciones morfométricas de huesos del cráneo la cintura escapular, otolitos y medidas específicas del cuerpo en *Merluccius hubbsi* en aguas patagónicas. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45: 341-345.
- Gosztanyi, A. (1984). La alimentación del pingüino magallánico (*Spheniscus magellanicus*) en las adyacencias de Punta Tombo, Chubut, Argentina. Contribución N° 95, Centro Nacional Patagónico (CONICET), Puerto Madryn, Argentina. pp. 1-9.
- Gosztanyi, A. y Kuba, L. (1996). Atlas de huesos craneales y de la cintura escapular de peces costeros patagónicos. *Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica* 4: 1-2.
- Grémillet, D. y Charmantier, A. (2010). Shifts in phenotypic plasticity constrain the value of seabirds as ecological indicators of marine ecosystems. *Ecological Applications* 20: 1498-1503.
- Hansen J.E.; Garciarena A.D. y Buratti C.C. (2009). Recomendación de capturas biológicamente aceptables de Anchoíta Bonaerense durante el año 2010, a partir de estimaciones de la estructura y abundancia de la población en el periodo 1990-2009. Informe técnico oficial INIDEP, 23 pp.
- Heath R.G.M. y Randall R.M. (1985). Growth of Jackass penguin chicks (*Spheniscus demersus*) hand reared on different diets. *Journal of Zoology* 205: 91-105.



- Ivanovic, M.L. y Brunetti, N.E. (1997). Description of *Illex argentinus* beaks and rostral length relationships with size and weight of squids. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 11: 135-144.
- Karnovsky, N.J.; Hobson, K.A.; Iverson, S. y Hunt, Jr., G.L. (2008). Seasonal changes in diets of seabirds in the North Water Polynya: a multiple-indicator approach. *Marine Ecology Progress Series* 357: 291-299.
- Karnovsky, N.J.; Hobson, K.A. y Iverson, S. (2012). From lavage to lipids: estimating diets of seabirds. *Marine Ecology Progress Series* 451: 263-284
- Koen-Alonso M.; Crespo, E.A.; García, N.A.; Pedraza, S.N. y Coscarella, M.A. (1998). Diet of dusky dolphins (*Lagenorhynchus obscurus*), in waters of Patagonia, Argentina. *Fishery Bulletin* 96: 366-374.
- Lack, D. (1968). *Ecological adaptations for breeding in birds*. Methuen, Londres, Reino Unido.
- Pierotti, R. y Annett, C.A. (1991). Diet choice in the Herring Gull: constraints imposed by reproductive and ecological factors. *Ecology* 72: 319-328.
- Pineda, S.E.; Aubone A. y Brunetti N.E. (1996). Identificación y morfometría comparada de las mandíbulas de *Loligo gahi* y *Loligo sanpaulensis* (Cephalopoda, Loliginidae) del Atlántico Sudoccidental. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, INIDEP 10:85-99.
- Piola, A.R. y Rivas, A.L. (1997). Corrientes en la plataforma continental. Pp 119-132. En: Boschi, E.E. (ed.). *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*. Volumen I. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata.
- Polito M.J., Trivelpiece W.Z., Karnovsky N.J., Ng E., Patterson W.P. y Emslie S.D. (2011). Integrating stomach content and stable isotope analyses to quantify the diets of pygoscelid penguins. *PLoS ONE* 6, e26642. doi: 10.1371/journal.pone.0026642
- Pütz, K.; Ingham, R.J.; Smith, J.G. y Croxall, J.P. (2001). Population trends, breeding success and diet composition of gentoo *Pygoscelis papua*, magellanic *Spheniscus magellanicus* and rockhopper *Eudyptes chrysocome* penguins in the Falkland Islands. *Polar Biology* 24: 793-807.
- Ravalli, C.; López-Greco, L. y De la Garza, J. (2010). Abundancia y distribución de los morfotipos *gregaria* y *subrugosa* de la langostilla *Munida gregaria* (Decapoda, Galatheididae) en el golfo San Jorge. Informe Técnico del INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 19 pp.
- Scioscia G.; Raya Rey, A.; Saenz Samaniego, R.; Florentin, O. y Schiavini, A. (2014). Intra- and interannual variation in the diet of the Magellanic penguin



- (*Spheniscus magellanicus*) at Martillo Island, Beagle Channel. *Polar Biology* 37: 1421-1433.
- Scolaro, J.A. y Badano L.A. (1986). Diet of the Magellanic penguin *Spheniscus magellanicus* during the chick-rearing period at Punta Clara, Argentina. *Cormorant* 13: 91-97.
- Scolaro, J.A.; Wilson R.P.; Laurenti S.; Kierspel M.; Gallelli H. y Upton J.A. (1999). Feeding preferences of the Magellanic penguin over its breeding range in Argentina. *Waterbirds* 22: 104-110.
- Skewgar, E.D.; Boersman, D.; Harris, G. y Caille, G. (2007). Anchovy fishery threat to patagonian ecosystem. *Science* 315: 45.
- Suryan, R.M.; Irons, D.B.; Kaufman, M.; Benson, J. y Jodice, P.G.R. (2002). Short-term fluctuations in forage fish availability and the effect on prey selection and brood-rearing in the Black-legged Kittiwake *Rissa tridactyla*. *Marine Ecology Progress Series* 236: 273-287.
- Thompson, K.R. (1993). Variation in Magellanic penguin *Spheniscus magellanicus* diet in the Falkland Islands. *Marine Ornithology* 21: 57-67.
- Tremblay, Y. y Cherel, Y. (2003). Geographic variation in the foraging behaviour, diet and chick growth of rockhopper penguins. *Marine Ecology Progress Series* 251: 279-297.
- Van Heezik, Y. y Seddon, P. (1989). Erosión de otolitos y picos de calamares en el estómago de Pingüinos (*Megadyptes antipodes*). *Journal of Field Ornithology* 60: 451-458
- Volpedo, A.V. y Echeverria, D.D. (2000). Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del mar argentino. ED. Dunken Buenos Aires. pp90.
- Williams, T.D. (1995). *The penguins*. Oxford University Press. Oxford, Estados Unidos.
- Wilson, R. (1984). An improved stomach pump for penguins and other seabirds. *Journal of Field Ornithology* 55: 110-112.
- Wilson, R.; Scolaro, J.A.; Grémillet, D.; Kierspel, M.; Laurenti, S.; Upton, J.; Gallelli, H.; Quintana, F.; Frere, E.; Müller, G.; Thor Straten, M. y Zimmer, I. (2005). How do Magellanic penguins cope with variability in their access to prey? *Ecological Monographs* 75: 379-401.
- Yorio, P.; Frere, E.; Gandini, P. and Schiavini, A. (2001). Tourism and recreation at seabird breeding sites in Patagonia, Argentina: current concerns and future prospects. *Bird Conservation International* 11: 231-245.



- Yorio, P.; Quintana, F.; Dell'Arciprete, P. y González Zevallos, D. (2010). Spatial overlap between foraging seabirds and trawl fisheries: implications for the effectiveness of a marine protected area at Golfo San Jorge, Argentina. *Bird Conservation International* 20: 320-334.
- Yorio, P.; Garcia Borboroglu, P.; Bertellotti, M.; Lizurume, M.E.; Giaccardi, M.; Punta, G.; Saravia, J.; Herrera, G.; Sollazzo, S. y Boersma, D. (1998). Distribución reproductiva y abundancia de las aves marinas de Chubut. Parte II: Norte del Golfo San Jorge, de Cabo Dos Bahías a Comodoro Rivadavia. Pp. 75-117. En: Yorio, P., Frere, E., Gandini, P. y Harris, G. (eds.). Atlas de la distribución reproductiva de aves marinas en el litoral patagónico Argentino. Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica. Fundación Patagonia Natural y Wildlife Conservation Society. Instituto Salesiano de Artes Gráficas. Buenos Aires, Argentina.



AGRADECIMIENTOS

Este seminario está dedicado a mis padres, especialmente a mi viejo que ya no se encuentra entre nosotros, por ser el formador de mi persona y de mis hermanos, por estar siempre, por ser un gran hombre, un gran amigo, por ser "THE BOSS".

Quiero agradecer a The Rufford Small Grants Foundation, Wildlife Conservation Society, al Centro Nacional Patagónico (CONICET), a la Fundación Patagonia Natural y a Soriano S.A. por la oportunidad de poder concretar este trabajo, con el aporte económico, logístico, del espacio de trabajo y tiempo, sin todo esto este seminario no hubiera visto "la luz".

Muchas personas ayudaron a que llegue este momento, muchos creyeron que era posible y me "convencieron" en terminar, a llegar al fin, a cerrar esta etapa, a no tener que arrepentirme, nombrarlos a todos sería interminable y seguramente me olvidaría de algunos pero hay personas que tienen que ser mencionadas, las primeras dos son mis directores Diego González Zevallos y Pablo Yorio se merecen un gran agradecimiento por su paciencia, realmente pusieron lo mejor de ellos, tanto como personas como profesionales; a Joanna Castillo, Cynthia Ibarra, Priscila Moraes y Ximena Novoa por la gran ayuda en el laboratorio. A Julián Andrejuk, Javier Ciancio, Guilherme de Melo Becher y Franco Corral por su entrega y profesionalismo en el campo, a Santiago Fernández por "esa regresión" que faltaba.

A mis amigos de la vida, que nombrarlos a todos sería interminable, así que simplemente les doy un inconmensurable "GRACIAS"...