

EFFECTOS DE LA CALIDAD DE HABITAT SOBRE EL EXITO REPRODUCTIVO DEL PINGÜINO DE MAGALLANES (*SPHENISCUS MAGELLANICUS*) EN CABO VÍRGENES SANTA CRUZ, ARGENTINA

Patricia Gandini^{1, 2}, Esteban Frere^{1, 2} & Dee Boersma³

¹ Fundación Patagonia Natural. Estrada 1541 (9050) Puerto Deseado, Santa Cruz, Argentina.

² Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UACO), Almirante Brown y Colón (S/N) (9050) Puerto Deseado, Santa Cruz, Argentina.

³ Department of Zoology, Box 351800, University of Washington, Seattle, WA 98100, U.S.A.

Abstract. The Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) breeds in large colonies. Differences among group of nests of this species are easy to determine. These differences can affect breeding success. This paper investigates how heterogeneity of nesting areas affects reproductive success at the Cabo Virgenes colony. We worked during five breeding seasons (1989–1994) from the beginning of penguin reproduction (October) until chick fledgling (January). We propose a habitat quality index "H_a" which is positively related to reproductive success. Reproductive success varied widely from year to year ranging from less than 0.11 to over 1.12 chicks fledged per nest. Despite these variations, pairs breeding in high quality patches reproduced more frequently, and as doubled their breeding success, resulting in a higher individual lifetime fitness. Vegetation height provides a shelter for eggs and chicks. Predation and climatic conditions (cold and wind) seem to be the major selective forces for site selection in Magellanic Penguins at Cabo Virgenes.

Resumen. El pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) nidifica en grandes colonias donde pueden observarse notables diferencias entre los distintos parches con nidos a simple vista. Estas diferencias en el hábitat pueden afectar el éxito reproductivo. En este trabajo se analiza si la heterogeneidad del hábitat dentro de la colonia de Cabo Virgenes determina parches de nidos con calidades diferentes, dando como resultado que el éxito reproductivo no sea homogéneo dentro de la colonia. Se trabajó durante cinco temporadas reproductivas (1989–1994) desde el inicio de la reproducción (octubre) hasta la independencia de los pichones (enero). Se propone un índice de calidad de hábitat "H_a", el cual estuvo asociado positivamente con el éxito reproductivo promedio para las cinco temporadas reproductivas ajustando a una recta de regresión con pendiente positiva. El éxito reproductivo fue muy variable entre temporadas reproductivas (de 0.11 a 1.12 pichones independizados/nido). A pesar de estas variaciones, parejas que nidifican en zonas con calidades de hábitat mayores tienen en promedio el doble de éxito reproductivo y una mayor frecuencia en la reproducción concluyéndose que la aptitud individual a lo largo de toda la vida se verá considerablemente aumentado para aquellas parejas que nidifiquen en estas zonas. La estructura de la vegetación como resguardo u ocultamiento de huevos y/o pichones resultó ser importante en la selección de un sitio, siendo la altura de la vegetación muy importante en la protección contra los fuertes vientos. La depredación y las condiciones climáticas (frío y viento) son los factores más importantes en la selección del sitio de reproducción en el pingüino de Magallanes en la colonia de Cabo Virgenes. Accepted 26 August 1996.

Palabras claves: Pingüino de Magallanes, *Spheniscus magellanicus*, depredación, éxito reproductivo, densidad, hábitat, Argentina.

INTRODUCCION

El pingüino de Magallanes resulta un buen modelo para poder estudiar cómo las diferencias en el hábitat pueden afectar el éxito reproductivo, dado que al nidificar en grandes colonias pueden distinguirse diferentes parches con nidos diferenciados según, la distancia al mar, densidad de nidos, cobertura vegetal.

Una pregunta interesante es cómo la heterogeneidad del hábitat afecta los distintos paráme-

tros reproductivos de una especie. Los recursos provistos por un hábitat pueden estar dispuestos en forma no homogénea por ejemplo un sitio puede ser bueno para la alimentación y pobre en refugios (Orians & Wittenberger 1991).

Algunos componentes del éxito reproductivo, están íntimamente relacionados con las características del hábitat. Nidificar en lugares cubiertos es una estrategia contra la depredación reconocida en distintos grupos de aves (Hines &

Mitchel 1983, Burger & Gotchfeld 1986, Goranson & Loman 1986, Tidemann & Marples 1988). Para algunas especies como la gaviota de California (*Larus californicus*), la ubicación de los nidos cerca de la vegetación o bajo arbustos parece aumentar la supervivencia de sus pichones (Pugesek & Diem 1983, Chapell *et al.* 1984), aunque también existen evidencias que la vegetación puede facilitar el ocultamiento de los predadores terrestres y facilitar la llegada al nido (Seddon 1988), o directamente no tener relación con el éxito (Baird 1976).

Otro factor importante a tener en cuenta es la localización de los nidos dentro de la colonia, esto último ha sido relacionado con la edad y experiencia de los individuos nidificantes. De esta manera se relaciona a las zonas periféricas de una colonia con individuos jóvenes e inexpertos, lo que resulta en una depredación mayor, menor cantidad de comida llevada a sus pichones, etc. (Coulson 1968, Dexheimer & Southern 1974, Spurr 1975, Siegfried 1977, Ryder & Ryder 1981, Pugesek & Diem 1983).

El éxito reproductivo puede estar afectado a dos escalas: 1) El parche en donde se ubica el nido dentro de la colonia y 2) Las características del nido. En este trabajo analizamos el primer caso.

Numerosos autores han evaluado, el sitio de nidificación y su relación con la cobertura vegetal y la probabilidad de depredación en varias especies, (Keppie & Herzog 1978, Westmoreland & Best 1985, Best & Stauffer 1988). También se ha relacionado con costos energéticos (Calder 1973, Walsberg & King 1978, Walsberg 1981).

La estructura general de la vegetación en una determinada zona podría afectar la protección que brinda frente al viento, lluvia, frío y/o calor. Young (1994) encontró que en días tormentosos o ventosos la depredación sobre pingüinos aumenta dado que los adultos pueden estar distraídos u orientados en alguna dirección particular facilitando el acceso a los skuas, que depredan sobre el contenido de los nidos. Por otro lado también se relaciona la distancia de los distintos parches con nidos al mar con los costos energéticos que ocasiona la locomoción (Pinshow *et al.* 1977; LeMaho 1977), particularmente en aves marinas no voladoras como el pingüino que debe recorrer caminando esa distancia desde

el mar hasta su nido. Stokes (1994) encontró para el pingüino de Magallanes en la colonia de Punta Tombo, que el tiempo necesario en recorrer la distancia desde el mar hasta el nido puede oscilar entre 2 y 30 minutos dependiendo de la ubicación del mismo dentro de la colonia. La digestión del alimento durante estos viajes podría resultar, en una menor cantidad de comida recibida por sus pichones, aumento en el stress producido durante el viaje, aumento en el riesgo de depredación y/o menor flexibilidad en los tiempos de relevo. De ser así el efecto producido por la distancia debería verse reflejado en diferencias en el crecimiento de los pichones, peso de los mismos al momento de adquirir la independencia, supervivencia y éxito reproductivo.

Otra de las variables que ha sido relacionada con la calidad de un hábitat de nidificación es la densidad de nidos. Fretwell & Lucas (1970) y Fretwell (1972), postulan que la rentabilidad de un hábitat decrece cuando aumenta la densidad. Scolaro (1983) y Stokes (1994) encuentran que el éxito reproductivo para el pingüino de Magallanes en la colonia de Punta Tombo es significativamente menor tanto en áreas de densidad alta como en aquellas de densidad muy baja (que se corresponden con áreas periféricas).

En este trabajo se analiza si la heterogeneidad de hábitat dentro de la colonia de Cabo Vírgenes, determina parches de nidos con calidades diferentes que resultan en que el éxito reproductivo no sea homogéneo dentro de la colonia. La colonia de Cabo Vírgenes, así como otras colonias de la especie, está sometida a distintas amenazas como el ingreso libre de los turistas y la actividad petrolera en tierra, que podrían tener un efecto sobre el hábitat de los pingüinos en las distintas áreas. Por lo tanto poder estudiar el efecto de la calidad de hábitat sobre el éxito reproductivo es de gran importancia para la implementación y manejo de las áreas naturales en donde esta especie nidifica.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la colonia de Cabo Vírgenes (52° 20'S, 68° 21'W), provincia de Santa Cruz Argentina, entre los meses de setiembre—febrero de las temporadas reproductivas 1989 a 1994. La colonia ocupa una superficie

de 47,2 ho donde la vegetación dominante es *Lepidophyllum cupressiforme*. Esta colonia posee aproximadamente 90.000 parejas reproductivas y por su tamaño es la segunda en importancia para la especie en la Argentina (Gandini *et al.* 1996). La zona presenta un clima riguroso, sometida a fuertes vientos y aunque las lluvias no son muy abundantes (200 mm/año) pueden producirse lluvias de 14 mm en un día (Datos del servicio de Hidrografía Naval).

MEDICION DE VARIABLES DE HABITAT

Se eligieron a priori seis zonas de trabajo dentro de la colonia (TRI, BOS, MAR, LOM, SIN, DIF) visualmente diferentes según la distancia al mar, cobertura vegetal, densidad de follaje, y densidad de nidos (Fig 1.).

La distancia al mar se calculó con una soga graduada cada metro partiendo desde la línea de alta marea, y siguiendo una línea perpendicular a la costa orientados por una brújula, hasta el centro de la zona elegida. La cobertura vegetal se calculó visualmente estimando el porcentaje de suelo cubierto en seis parcelas de 100 m² elegidas al azar dentro de cada zona. Se calculó luego la cobertura promedio.

Para la densidad de follaje se siguió el método propuesto por Hays *et al.* (1981). El mismo consiste en elegir un punto y una dirección al azar en el sitio de muestreo. Luego utilizando una tabla graduada cada 0.25 m, el observador colocado a una distancia de 2 m., estima el porcentaje de la tabla que queda cubierta por la vegetación sucesivamente cada 0.25 m hasta cubrir la totalidad de la mata. Se tomaron cuatro puntos al azar dentro de cada parcela y se calculó el promedio. La densidad de nidos se calculó durante el mes de octubre (momento de mayor ocupación de los nidos), realizando un conteo directo de los nidos activos en cada una de las 6 parcelas de cada zona y se calculó el promedio. Se trabajó con parcelas circulares de 100 m². Se consideró como nido activo, aquel que poseía un adulto o una pareja con huevos durante la tercera semana del mes de octubre.

Se construyó un índice de calidad de hábitat "H_a" utilizando la cobertura vegetal (CV), la densidad de follaje (DF), la distancia al mar

(DM) y la densidad de nidos (DN). Se consideró que las dos primeras variables afectarían en forma positiva y las dos últimas en forma negativa la calidad de hábitat. El índice "H_a" fue calculado para cada zona como $CV \cdot DF / DM \cdot DN$ y posteriormente se midió la asociación entre el índice y el éxito reproductivo en cada una de las temporadas reproductivas. A partir de los datos de calidad de hábitat ("H_a") y el éxito reproductivo promedio de los últimos 5 años en cada una de las zonas, se estimó la recta de regresión para ambas variables. Como medidas indirectas de la calidad de hábitat se tomó la frecuencia de peleas de individuos machos, durante la temporada 1990—1991, asumiendo que una zona de mayor calidad será preferida y por lo tanto más disputada. Para poder medir la frecuencia de peleas se realizaron observaciones en cada una de las zonas, durante 2 horas al día, siempre a la misma hora, desde fines de setiembre hasta mediados de octubre (momento de ocupación de los nidos). Se registró la cantidad de peleas durante un período de observación (N = 15 días) y luego se comparó entre zonas. La frecuencia de peleas se correlacionó con el valor de índice "H_a" de cada zona y con la densidad de nidos. Por otro lado se midió la velocidad del viento con un anemómetro manual a la altura del suelo (nivel "nido") y por encima de las matas (nivel carente de vegetación), durante 21 días en la temporada 1990—1991. Se distinguió en viento normal y ráfagas. Ambas mediciones (viento normal y ráfagas) fueron comparadas en ambos niveles mediante un t de Student pareado.

COMPARACION DE VARIABLES DE HABITAT EN ZONAS CON Y SIN NIDOS

Se midió la cobertura vegetal, la altura de la vegetación y la densidad de follaje en dos parches que limitan zonas de estudio en las que no hay nidos con los mismos métodos descritos anteriormente y se comparó los resultados con los de la zona contigua vecina y se las denominó MAR' y SIN' (ver Fig 1.). La altura de la vegetación fue incorporada porque a priori pudo determinarse que en aquellas zonas en donde la altura de las matas no superaba la altura de un pingüino (aproximadamente 70 cm.) no se hallaban nidos.

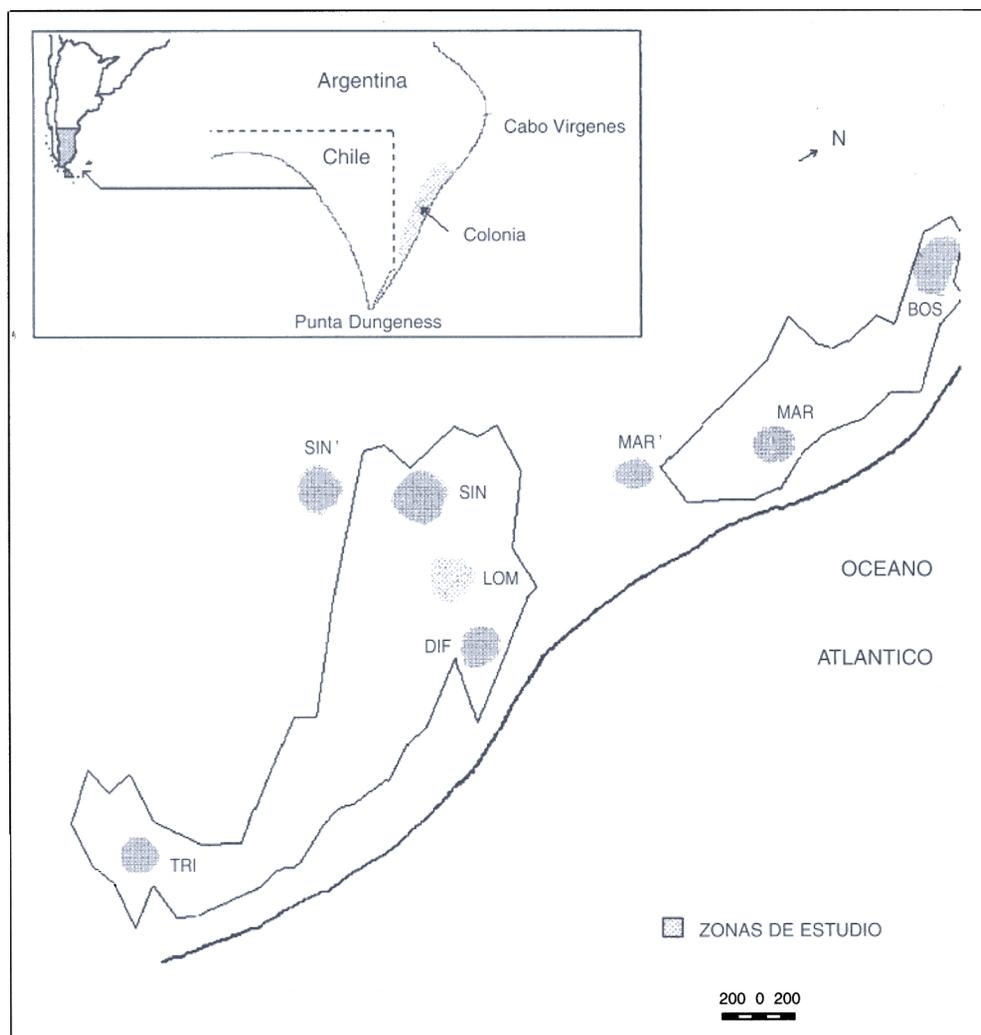


FIG. 1. Zonas de estudio en la colonia de nidificación del pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) de Cabo Virgenes, Santa Cruz, Argentina.

MEDICION DE VARIABLES REPRODUCTIVAS

En cada zona de trabajo se estudió un mínimo de 20 nidos que estuvieran ocupados por una pareja reproductiva al comienzo de la temporada 1989 (mes de octubre). Cada nido fue marcado con una cinta numerada para su seguimiento a través del ciclo reproductivo y durante los años del

estudio. Cada miembro de la pareja fue sexado y se le colocó un anillo metálico numerado en la aleta izquierda. Empleamos el método de Gandini *et al.* (1992) para el sexado de los animales. El seguimiento de los nidos fue diario desde el arribo de los machos hasta completada la postura de los huevos. El muestreo fue reiniciado unos días antes de comenzada la eclosión de los huevos finalizando al culminar la misma y retomado a

comienzos del mes de enero hasta la independencia de los pichones. Cada huevo fue marcado con un marcador indeleble, con un número indicando el nido y un subíndice indicando el orden de postura. Al producirse el nacimiento los pichones se marcaron con una cinta numerada en la aleta, la que fue reemplazada por un anillo metálico al alcanzar los mismos un tamaño conveniente. Con los datos obtenidos del seguimiento de los nidos durante las temporadas 1989–1992 se calculó para cada zona el número de huevos perdidos por depredación, el éxito de eclosión, la supervivencia de pichones y la recaptura de adultos, agregándose para el cálculo de éxito reproductivo las temporadas 1993–1995. También se midió el volumen de los huevos, el tamaño de los adultos, el peso al nacimiento y a la independencia de los pichones.

La mortalidad por depredación se determinó a través del control diario de cada zona. En el caso que el nido se encontrara vacío o faltara alguno de sus huevos, se consideró como “depredado”. Teniendo en cuenta el número de huevos totales de cada zona al finalizar la época de postura y el número de huevos desaparecidos al finalizar la eclosión, se estimó el porcentaje de depredación para cada zona. Considerando el número total de huevos puestos en cada zona, los perdidos por depredación, los huevos inviables y los pichones nacidos se calculó el éxito de eclosión como el porcentaje de pichones nacidos respecto del total de huevos sobrevivientes en cada una de las zonas. El éxito reproductivo se calculó como el número de pichones que alcanzaron la independencia por nido activo. Para ello se tomó como criterio que un pichón alcanzó la independencia, si al 15 de enero pesaba al menos 1800 g

(Boersma *et al.* 1990). La supervivencia de pichones se calculó como el porcentaje de pichones independizados respecto de los pichones nacidos para cada una de las zonas. Se estimó el porcentaje de recaptura de individuos adultos anillados al final del estudio como una medida de la frecuencia de reproducción en cada una de las zonas. A cada huevo se le midió el largo y el ancho con un calibre Mitutoyo, a la centésima de milímetro y se estimó el volumen de los huevos siguiendo el método propuesto por Boersma *et al.* (1990). El peso de los pichones fue tomado utilizando una balanza de resorte con un error de 25 g.

RESULTADOS

Variables reproductivas. La depredación de huevos no fue homogénea entre las zonas para la temporada 91–92 ($G_{91} = 18.77$ $P = 0.03$, $gl = 5$), sin embargo no se encontraron diferencias durante la temporada 89–90 y 90–91 ($G_{89} = 6.99$, $P > 0.05$, $G_{90} = 4.8$, $P > 0.05$). Las zonas BOS y SIN registraron mayor depredación durante casi todos los años (Tabla 1).

Si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el éxito de eclosión entre zonas, las zonas BOS y SIN tuvieron muy bajo éxito para las tres temporadas ($\chi^2_{89-90} = 11$, $P > 0.05$ $gl = 5$, $\chi^2_{90-91} = 3.05$, $P > 0.05$, $gl = 5$, $\chi^2_{91-92} = 6.33$, $P > 0.05$, $gl = 5$) (Tabla 2).

Los pichones nacidos en la zona TRI tuvieron mayor supervivencia que los nacidos en las otras zonas (Tabla 2). Las diferencias en la supervivencia de pichones entre zonas fueron estadísticamente significativas durante las temporadas de 1989–1990 ($G = 11.47$, $P < 0.05$ $gl = 5$) y 1991–

TABLA: 1. Número de nidos, número de huevos y tasas de depredación de huevos en seis zonas de estudio de Cabo Vírgenes durante tres temporadas reproductivas.

Zona	1989–1990			N° nidos	1990–1991		1991–1992		
	N° nidos	N° huevos	Depredación		N° huevos	Depredación	N° nidos	N° huevos	Depredación
TRI	29	55	18 %	23	40	70 %	43	84	30 %
BOS	25	50	32 %	26	46	85 %	20	40	41 %
MAR	25	50	16 %	24	40	78 %	40	80	11 %
LOM	26	52	14 %	21	43	86 %	44	88	28 %
SIN	24	47	23 %	25	48	80 %	23	47	40 %
DIF	27	53	15 %	24	45	77 %	41	76	33 %

TABLA: 2. Éxito de eclosión y supervivencia de pichones en seis zonas de estudio de Cabo Vírgenes durante tres temporadas reproductivas.

Zona	Año	N° nidos	N° huevos puestos	Exito de eclosión (%)	N° pichones Nacidos	Supervivencia de pichones (%)
TRI	89-90	29	55	82	45	67
	90-91	23	40	23	9	56
	91-92	43	84	61	51	51
BOS	89-90	25	50	66	33	58
	90-91	26	46	13	6	17
	91-92	20	40	56	22	50
MAR	89-90	25	50	82	41	46
	90-91	24	40	20	8	38
	91-92	40	80	73	58	38
LOM	89-90	26	52	87	45	40
	90-91	21	43	14	6	50
	91-92	44	88	68	60	37
SIN	89-90	24	47	68	32	34
	90-91	25	48	21	10	0
	91-92	23	47	57	27	19
	89-90	27	53	85	45	47
	90-91	24	45	20	9	33
	91-92	41	76	58	44	30

1992 ($G = 12.6$, $P < 0.05$, $gl = 5$). Para la temporada 1990-1991 no se pudo probar la significancia estadística por el bajo número de pichones sobrevivientes, pero la zona TRI fue la de mayor y la SIN la de menor supervivencia al igual que en las otras dos temporadas (Tabla 2).

El mayor éxito reproductivo se registró en TRI durante las cinco temporadas de estudio. El número de pichones independizados por nido no fue homogéneo en la colonia, existen marcadas diferencias dependiendo de la zona que se trate ($G_{89-90} = 12.00$, $P < 0.05$, $gl = 5$; $G_{91-92} = 13.37$, $P < 0.05$, $gl = 5$). Para la temporada 1990-1991 la significación estadística no pudo ser probada ya que la mortalidad de huevos y pichones fue extremadamente alta resultando en un número de pichones independizado muy bajo (Tabla 3), de todos modos las diferencias entre zonas fueron altas.

Al analizar el tamaño corporal de los adultos reproductivos, se encontró que las hembras son significativamente más pequeñas en las zonas BOS y SIN para la aleta y el largo de pico agre-

gándose la zona DIF al comparar la pata (Kruskal Wallis Ala $H = 40.43$, $P < < 0.0001$; Lpico $H = 11.45$, $P = 0.043$; Pata $H = 16.59$, $P = 0.0005$; APico $H = 6.16$, $P = 0.29$). No se encuentran diferencias al comparar las medidas de los machos (Kruskal Wallis Lpico $H = 6.26$, $P = 0.282$; APico $H = 3.92$, $P = 0.56$; Ala $H = 10.35$, $P = 0.06$; Pata $H = 10.38$, $P = 0.06$) (Tabla 4).

El volumen de los huevos no fue diferente entre zonas para ninguna de las tres temporadas reproductivas (Anova $F_{89-90} = 0.769$, $P = 0.5734$; $F_{90-91} = 0.257$, $P = 0.2869$; $F_{91-92} = 0.557$, $P = 0.6443$). Tampoco se encontraron diferencias en el peso a la independencia de los pichones (1ro. ó 2do.) entre zonas para ninguna de las estaciones reproductivas. (Kruskal Wallis $H^{1er\ pichón\ 89-90} = 3.01$, $P = 0.69$, $H^{2do.\ pichón} = 10.3$, $P = 0.06$; $H^{1er\ pichón\ 90-91} = 2.08$, $P = 0.72$, $H^{2do.\ pichón} = 0.58$, $P = 0.9$; $H^{1er.\ pichón\ 91-92} = 7.85$, $P = 0.06$, $H^{2do.\ pichón} = 0.06$, $P = 0.16$).

La recaptura de los adultos fue significativamente diferente entre áreas ($\chi^2 = 26.74$,

TABLA 3. Éxito reproductivo (pichones independizados/nido) y número de nidos (N) para las seis zonas de estudio en la colonia de Cabo Vírgenes durante cinco temporadas reproductivas.

Zona	Temporada	N° nidos	ER
BOS	89-90	29	1.03
	90-91	23	0.22
	91-92	43	0.61
	92-93	25	1.3
	93-94	34	1.5
	89-90	25	0.75
	90-91	26	0.04
	91-92	20	0.55
	92-93	20	1.05
	93-94	19	0.89
	89-90	25	0.76
	90-91	24	0.12
	91-92	40	0.55
	92-93	27	1.00
	93-94	31	1.32
SIN	89-90	26	0.69
	90-91	21	0.14
	91-92	44	0.50
	92-93	32	1.03
	93-94	34	0.79
DIF	89-90	24	0.46
	90-91	25	0.00
	91-92	23	0.22
	92-93	17	1.10
	93-94	19	0.47
DIF	89-90	27	0.78
	90-91	24	0.12
	91-92	41	0.32
	92-93	27	1.22
	93-94	29	1.31

$P < < 0.001$, $gl = 4$ $N = 309$) siendo las zonas TRI y DIF las de mayor recaptura y las zonas BOS y SIN las de menor recaptura de adultos anillados (Tabla 5). El mismo resultado se encuentra cuando se analiza la recaptura por sexos. La recaptura tanto de machos como de hembras varía entre zonas ($\chi^2_h = 12.39$ $P < < 0.05$ $N = 151$, $\chi^2_m = 14.76$ $P < < 0.05$ $N = 158$).

TABLA 5. Número de individuos anillados en 1989 y recapturados en 1992 en cada una de las seis zonas de estudio en la colonia de Cabo Vírgenes.

Zona	N° anillados (1989)	N° recapturados (1992)
TRI	44	28
BOS	52	14
MAR	55	22
LOM	55	22
SIN	47	11
DIF	56	33

Variables de hábitat. Las seis zonas difirieron entre sí en la cobertura vegetal (CV) (Kruskal-Wallis $H = 19.468$, $P < < 0.002$); densidad de follaje (DF) ($H = 16.5$, $P = 0.006$) y en la densidad de nidos (DN) ($H = 2991$, $P = 0.00001$), y se encuentran a diferentes distancias del mar (DM) (Tabla 6). Utilizando los datos de éxito reproductivo de las cinco temporadas, se realizó una correlación entre el éxito reproductivo promedio para los cinco años y cada una de las variables de hábitat. No se encontró correlación estadísticamente

TABLA 4. Diferentes medidas del tamaño corporal (promedio y desviación estándar en cm.) de adultos, en cada una de las zonas de estudio en la colonia de Cabo Vírgenes, Santa Cruz, Argentina. LP: Largo del pico (culmen), AP: Ancho del pico, ALA: Longitud de la aleta (cuerda), PATA: Largo del tarso.

Zona	♂				♀			
	LP	AP	ALA	PATA	LP	AP	ALA	PATA
TRI	5.78±0.25	2.37±0.13	15.7±0.52	12.0±0.36	5.43±0.40	2.02±0.17	15.3±0.49	11.5±0.45
BOS	5.77±0.29	2.42±0.07	15.7±0.63	12.3±0.58	5.26±0.17	2.07±0.10	14.8±0.44	11.3±0.65
MAR	5.69±0.27	2.40±0.11	15.4±0.66	12.4±0.36	5.19±1.10	2.02±0.44	13.8±3.0	11.4±0.52
LOM	5.71±0.23	2.41±0.09	15.7±0.55	12.4±0.29	5.44±0.22	2.05±0.08	15.1±0.44	11.4±0.54
SIN	5.83±0.19	2.41±0.09	15.8±0.53	12.4±0.37	5.27±0.19	2.04±0.11	14.8±0.44	11.5±0.66
DIF	5.84±0.17	2.37±0.08	16.0±0.26	12.1±0.39	5.36±0.23	2.06±0.08	15.4±0.49	11.3±0.41

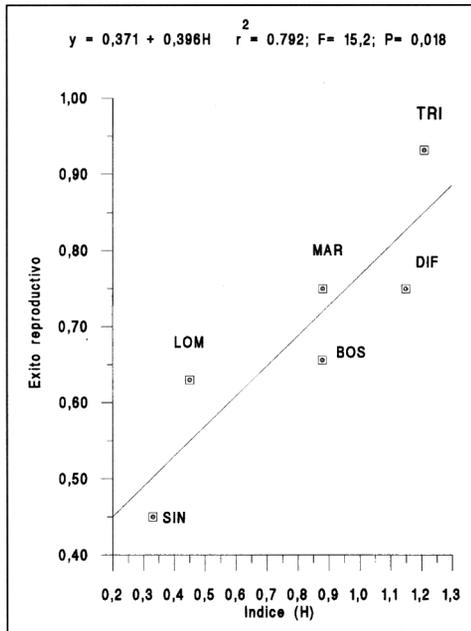


FIG. 2. Recta de regresión entre el índice de calidad de hábitat "H_a" y éxito reproductivo promedio para cinco temporadas reproductivas en la colonia de pingüino de Magallanes de Cabo Virgenes.

significativa entre ninguna de las variables de hábitat y el éxito promedio ($R_{DN} = -0.45$, $P = 0.37$; $R_{DM} = 0.77$, $P = 0.072$, $R_{CV} = -0.29$, $P = 0.78$; $R_{DF} = 0.26$, $P = 0.62$).

El índice de calidad de hábitat "H_a" estuvo asociado positivamente con el promedio de éxito reproductivo para las cinco temporadas ajustando a una recta con pendiente positiva ($r^2 = 0.792$,

$P = 0.018$, Fig 2.). Las zonas de mayor calidad de hábitat fueron también las zonas más disputadas (Correlación de Spearman $r_s = 0.886$, $P < 0.05$). No se encontró correlación entre la densidad de nidos y la frecuencia de peleas ($r_s = -0.314$, $P = 0.48$), de esta manera pudo descartarse que la mayor frecuencia de peleas fuera consecuencia de una mayor densidad de nidos.

Los resultados de medición del viento mostraron que por encima de las matas fue significativamente más fuerte que el viento a nivel del nido tanto para ráfagas (t pareado = 15.11, $gl = 11$, $P = 0.001$) como para intensidades de viento normales (t pareado = 11.31, $gl = 11$, $P = 0.001$) (ver Fig 3a. y 3b.).

Variables de hábitat en zonas sin nidos. Existen diferencias altamente significativas entre la cobertura vegetal de la zona MAR y su homóloga sin nidos MAR' (Fig 4a.) (Mann Whitney, $U = 15.00$, $P = 0.037$), como así también entre la zona SIN y su homóloga SIN' para la misma variable (Mann Whitney, $U = 1.00$, $P = 0.025$) (Fig 4a.). Las zonas con nidos tienen matas significativamente más altas, que las áreas colindantes sin nidos (MAR vs MAR'), (Mann Withney U , $z = 4.385$, $P < < 0.001$); (SIN vs SIN'), ($z = 4.66$, $P < < 0.001$) (Fig 4b.). La densidad de follaje resultó similar entre las zonas con nidos y sus homólogos ([MAR vs MAR'] $U = 6.0$, $P = 0.216$); ([SIN vs SIN'] $U = 3.00$, $P = 0.08$) ($X_{MAR} = 76 \pm 0.81$, $X_{MAR'} = 42.5 \pm 25$; $X_{SIN} = 45.71 \pm 28.2$, $X_{SIN'} = 95 \pm 0$). Se encontró una asociación positiva altamente significativa entre la densidad de nidos y la altura de la vegetación ($r_s = 0.943$, $P < < 0.001$).

TABLA 6. Valores de Distancia al Mar (DM), y promedio y desviación estándar de Cobertura Vegetal (CV), Densidad de Follaje (DF), Densidad de nidos (DN) e índice de calidad de hábitat "H_a", para cada una de las zonas de estudio de la colonia de Cabo Virgenes, Santa Cruz, Argentina.

Zona	DM (mts)	CV (%)	DF (%)	DN / 100 m ²	"H _a "
TRI	200		94	33	1.21
BOS	190		100	58	0.879
MAR	125		76	38	0.88
LOM	375		78	36	0.45
SIN	600		95	42	0.33
DIF	150		68	26	1.15

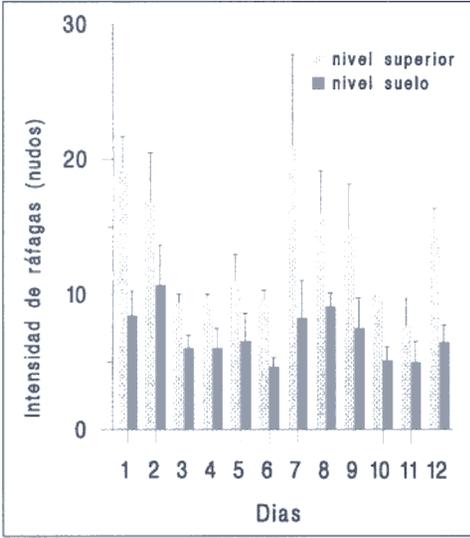


FIG. 3a. Intensidades de ráfagas de viento por encima de las matas y a nivel de los nidos.

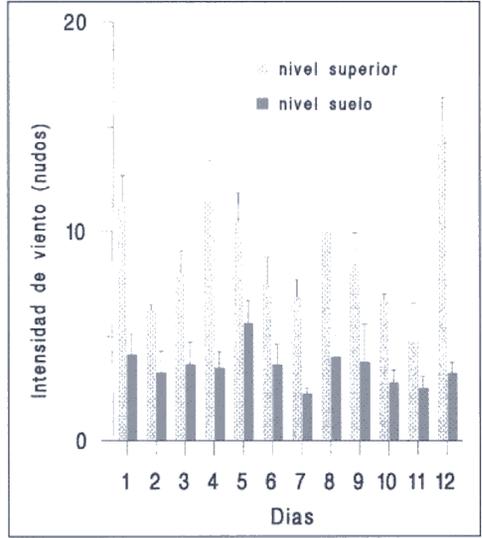


FIG. 3b. Intensidades de viento normales por encima de las matas y a nivel de los nidos.

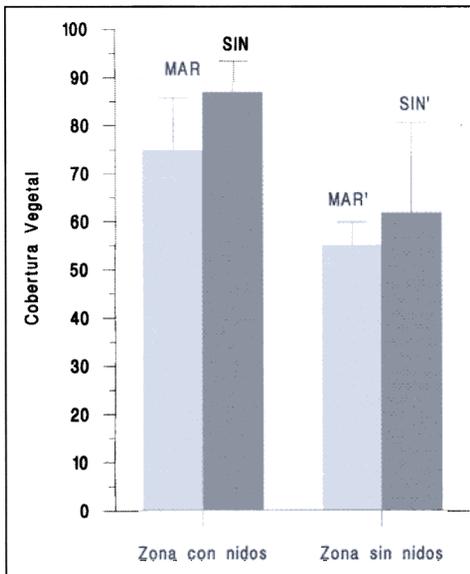


FIG. 4a. Cobertura vegetal promedio en zonas con y sin nidos en la colonia de Cabo Vírgenes, Santa Cruz, Argentina.

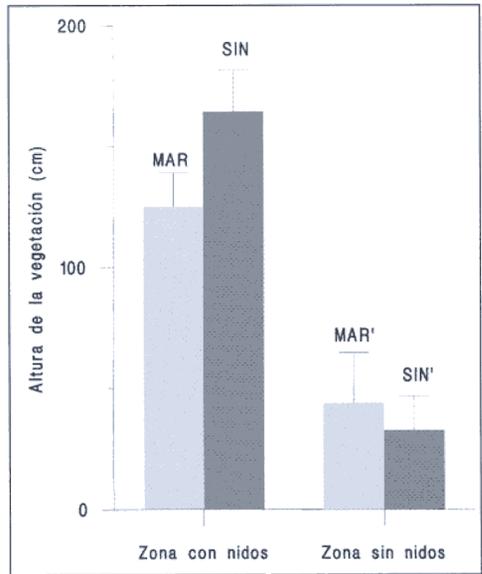


FIG. 4b. Altura promedio de la vegetación en zonas con y sin nidos en la colonia de Cabo Vírgenes, Santa Cruz, Argentina.

DISCUSION

Calidad de hábitat y éxito reproductivo. La cobertura de vegetación, la densidad de nidos, su localización, la altura de las matas, distancia a claros, pendiente del terreno, porcentaje de roca, etc., son algunas de las características del hábitat que han sido relacionadas con el éxito reproductivo en aves marinas (Burger & Gotchfeld 1985, Taylor 1985, Mckearnan & Cuthbert 1989). Otros factores que lo regulan son la disponibilidad de alimento (Boersma *et al.* 1990, Spear 1993), las condiciones ambientales y/o la depredación (Frere 1993). El resultado de la acción de estos factores es una alta variación en el éxito reproductivo entre temporadas. En años con éxito reproductivo muy bajo las diferencias entre las zonas se hacen menores y los efectos del hábitat sobre el éxito pueden quedar oscurecidos, tal fue el caso en la temporada 1990–91. Frere (1993), encontró para la colonia de Cabo Vírgenes que en la temporada 1990–91 el cuello de botella en el éxito reproductivo fue el período de incubación de los huevos, describiendo esta temporada como excepcionalmente fría y ventosa. Sin embargo, cuando seguimos el éxito reproductivo durante un período de tiempo mayor (5 años) encontramos que existen zonas donde los distintos parámetros reproductivos analizados son siempre muy bajos (BOS y SIN), intermedios (LOM y MAR) o altos (TRI y DIF). Las zonas BOS y SIN se encuentran ubicadas en posiciones periféricas donde numerosos autores ya han mencionado que existen tasas de depredación mayores dado que hay una mayor presión o bien porque las mismas están ocupadas por reproductores más jóvenes, menos experimentados resultando en un éxito de eclosión menor como consecuencia de una mayor frecuencia de desatención de los huevos (Gochfeld 1980, Ainley *et al.* 1983, Spear 1993, Emslie *et al.* 1995). De este estudio surge una evidencia que coincide con lo encontrado por los autores antes mencionados. Ambas zonas (BOS y SIN) que presentaron un bajo éxito de eclosión y una alta tasa de depredación durante las tres temporadas, están ocupadas por hembras más pequeñas, pudiendo suponerse que son más jóvenes. Esta suposición puede avalarse con los resultados hallados por Frere y Gandini que trabajando con animales en cautive-

rio de edad conocida encuentran que los individuos siguen creciendo durante algunos años, una vez que presentan el plumaje de adulto (datos no publicados).

Probablemente debido a que existen estos factores extrínsecos al hábitat per se y a las altas variaciones observadas en el éxito reproductivo, es que ninguna de las variables de hábitat por sí sola explicó las diferencias en el éxito reproductivo, actuando distintos factores al mismo tiempo. Sin embargo cuando analizamos una combinación de variables a través del índice "H₁" vemos que las diferencias en el éxito reproductivo pueden ser explicadas cuando se cuenta con información de un período largo de tiempo. Tomando el porcentaje de recaptura de individuos anillados como una medida de la frecuencia de reproducción, se sugiere que aquellos individuos que reproducen en las zonas de mayor calidad reproducirían más frecuentemente. Si aceptamos esta suposición, podemos pensar que las diferencias se deberían a que aquellos individuos que reproducen en áreas más pobres (ej: SIN), tienen un costo mayor en la reproducción. Una evidencia indirecta es que en esta zona, donde del éxito reproductivo fue siempre considerablemente menor, aquellos padres que independizaron sus camadas lograron pichones del mismo peso que aquellos que lo hicieron en zonas mejores (ej: TRI). Si consideramos que durante los cinco años la zona SIN tuvo en promedio casi la mitad de éxito reproductivo que la zona TRI (0.45 y 0.93 pichones por nido respectivamente), sumado a una mayor frecuencia en la reproducción se puede concluir que el fitness individual a lo largo de toda la vida se verá considerablemente aumentado para los adultos que nidifiquen en las zonas mejores.

Poder detectar cuales son las variables que determinan la calidad de un hábitat tiene implicancias directas para el manejo. El índice propuesto permite realizar evaluaciones rápidas de la calidad de hábitat que podrían ser utilizadas como una herramienta predictiva del éxito reproductivo, y permitirían evaluar situaciones a largo plazo y adoptar medidas de manejo. En especies como el pingüino de Magallanes cuyo período reproductivo en tierra es prolongado la conservación del hábitat de reproducción es crítica. Existen actualmente numerosas actividades lleva-

das a cabo por el hombre que podrían tener un efecto directo sobre el hábitat. Particularmente en la colonia de Cabo Vírgenes, la construcción de un oleoducto-gasoducto proveniente de plataformas de extracción ubicadas offshore provocó la pérdida de un 2 % del área total de la colonia (datos no publicados).

Variables relacionadas con la selección del hábitat de nidificación. La Cobertura Vegetal y la Altura de la vegetación fueron las dos variables que tendrían mayor relevancia en la selección de un sitio para la reproducción en la colonia de Cabo Vírgenes. Las evidencias más fuertes surgieron de la comparación de los parches con y sin nidos. La zona MAR' por su cercanía al mar podría ser un sitio óptimo para la nidificación pero la zona es pobre por la estructura de la vegetación siendo probablemente esta la razón por lo que la zona no fue colonizada. La altura de la vegetación jugó un rol muy importante en la protección frente a los fuertes vientos, mientras que la cobertura vegetal podría influir en el grado de ocultamiento y abrigo de los huevos y pichones del área en cuestión. Frere (1993) encontró para esta misma colonia que en temporadas reproductivas con condiciones climáticas extremas la deserción de individuos es mayor resultando en tasas de depredación significativamente más altas. Esto coincide con lo encontrado por Yorio (1991) para la misma especie en la colonia de Punta Tombo quien también encontró que los individuos pueden verse forzados a dejar sus huevos y/o pichones sin protección en respuesta a demandas energéticas. Se han encontrado evidencias similares para otras especies de aves marinas donde condiciones climáticas extremas como el calor (Montevecchi 1978, Salzman 1982), el frío o vientos excesivos (Fisher 1971) pueden causar la falla en la reproducción.

Los resultados hallados permiten concluir que la depredación y las condiciones climáticas (bajas temperaturas y fuertes vientos) son factores selectivos importantes que actúan sobre la selección del sitio de reproducción en la colonia de Cabo Vírgenes. Esto coincide con Frere (1993) quien encontró que estos mismos factores fueron responsables de las variaciones interanuales del éxito reproductivo del pingüino de Magallanes en esta colonia.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todos los que en alguna medida colaboraron con el trabajo: a William Conway y Wildlife Conservation Society, Sociedad Zoológica de Nueva York por proveer los fondos para la realización de este trabajo. A la Dirección de Fauna Provincial quién otorgó los permisos y apoyo logístico para el trabajo en la Reserva de Cabo Vírgenes. Quisiera agradecer especialmente a la Familia Fenton y al Servicio de Hidrografía Naval particularmente al Lic. Carlos Ereño, por brindar alojamiento y apoyo logístico desde los comienzos de este estudio. A la Fundación Mundo Marino y al Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, por su desinteresado apoyo. A Pablo Yorio, Malé Belloco, David Stokes y Arthur Kettle por la lectura crítica del trabajo. A Carlos Liachovitzky, Phillip Gavini, Luis Borgo, Daniel Renison, Tomás Holik y al personal de la Armada y Prefectura Naval Argentina por haber colaborado en las tareas de campo.

REFERENCIAS

- Ainley, D. G., LeResche, R. E., & W. J. L. Sladen. 1983. Breeding biology of the Adelie Penguin. Berkley.
- Baird, P. A. 1976. Comparative ecology of California Ring-billed Gulls (*Larus californicus* and *L. delawarensis*). PH. D. diss. Univ. Montana, Missoula.
- Best, L. B., & D. F. Stauffer. 1988. Factors affecting nesting success in riparian bird communities. Condor 82: 149–158.
- Boersma, P. D., Stokes, D. L., & P. M. Yorio. 1990. Reproductive variability and historical change of Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) at Punta Tombo Argentina. Pp. 13–43 in Davis L., & J. Darby (eds.). Penguins. San Diego.
- Burger, J., & M. Gotchfeld. 1985. Nest site selection by Laughing Gulls: comparison of tropical colonies (Culebra Pto. Rico) with temperate colonies (New Jersey) Condor 87: 364–373.
- Burger, J., & M. Gochfeld. 1986. Nest site selection in Sooty Terns (*Sterna fuscata*) in Puerto Rico and Hawaii. Colonial Waterbirds 9: 31–45.
- Calder, L. 1973. Microhabitat selection during nesting of hummingbirds in the Rocky Mountains. Ecology 54: 127–134.
- Chapell, M. A., Goldstein, D. S., & D. W. Winkler. 1984. Oxygen consumption, evaporative water loss, and temperature regulation of California Gull Chicks (*Larus californicus*) in a desert rookery. Physiol. Zool. 57: 204–211.

- Clark, L., Ricklefs, R. E., & R. W. Scriber. 1983. Nest site selection by the Red-Tailed Tropicbird. *Auk* 100: 953–959.
- Coulson, J. C. 1968. Differences in the quality of birds nesting in the centre and on the edges of a colony. *Nature* 217: 478–479.
- Dexheimer, M., & W. E. Southern. 1974. Breeding success relative to nest location and density in Ring-billed Gull colonies. *Wilson Bull.* 86: 288–290.
- Emslie, S. D., Karnovsky, N., & W. Trivelpice. 1995. Avian predation at penguin colonies on King George Island, Antarctica. *Wilson Bull.* 107: 307–317.
- Fisher, H. I. 1971. The Laysan Albatross: its incubation, hatching, and associated behaviors. *Living Bird* 10: 19–78.
- Frere, E. 1993. Ecología reproductiva del pingüino de magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la colonia de Cabo Vírgenes, Santa Cruz, Argentina. Tesis Doc., Univ. Buenos Aires. Buenos Aires.
- Fretwell, S. D. 1972. Populations in a seasonal environment. Princeton, NJ.
- Fretwell, S. D., & H.L. Lucas, Jr. 1970. On territorial behavior and other factors in influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheor.* 19: 16–36.
- Gandini, P., Frere, E., & T. Holik. 1992. Implicancias de las diferencias en el tamaño corporal entre colonias para el uso de medidas morfométricas como método de sexado en *Spheniscus magellanicus*. *Hornero* 13: 211–214.
- Gandini, P., Frere, E., & P. D. Boersma. 1996. Status and conservation of Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) in Patagonia, Argentina. *Bird Cons. Inter.* 6: 307–316.
- Goransson, G., & J. Loman. 1986. Predation and habitat distribution of pheasant nests: a case of ideal free distribution. *Ardea* 74: 105–109.
- Gochfeld, M. 1980. Timing of breeding and chick mortality in central and peripheral nest of Magellanic Penguins. *Auk* 97: 191–193.
- Hays, R. L., Summers, C., & W. Seitz. 1981. Estimating wildlife habitat variables U.S.D.I. Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-81/47.
- Hinnes, J. E., & G. L. Mitchel. 1983. Gadwall nest site selection and nesting success. *J. Wild.Manag.* 47: 1063–1071.
- Keppie, J., & P. W. Herzog. 1978. Nest site characteristic and nest success of Spruce Grouse. *J. Wild. Manage.* 42: 628–632.
- LeMaho, Y. 1977. The Emperor penguin: a strategy to live and breed in the cold. *Am. Sci.* 65: 680–693.
- Mc Kerman, J. E., & F. J. Cuthbert. 1989. Status and breeding success of common terns in Minnessotta. *Colonial Waterbirds* 12: 185–199.
- Montevocchi, W. A. 1978. Nest site selection and its survival value among Laughing Gulls. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 4: 143–161.
- Orians, H. G., & J. F. Wittemberg. 1991. Spatial and temporal scales in habitat selection. *Am. Nat.* 137: 29–49.
- Pinshow, B., Fedak, M. A., & K. Schidt-Nielsen. 1977. Terrestrial locomotion in Penguins: It cost more to waddle. *Science* 195: 592–594.
- Pugesek, B. H., & K. L. Diem. 1983. The relationship between parental age and reproductive effort in the California Gull (*Larus californicus*) *Behav. Ecol. Sociobiol.* 13: 161–171.
- Ryder, P. L., & J. P. Ryder. 1981. Reproductive performance of Ring Billed Gulls in relation to nest location. *Condor* 83: 57–60.
- Salzman, A. G. 1982. The selective importance of heat stress in gull nest location. *Ecology* 63: 742–751.
- Scolaro, J. A. 1983. Ecology of the Magellanic Penguin (*Spheniscus magellanicus*). Ph. D. Thesis. University of Bardford, Bradfor, U. K.
- Seddon, P. J. 1988. Patterns of behavior and nest site selection in the Yellow-eyed Penguin (*Megadyptes antipodes*) Ph. D. Thesis, Univ. of Otago, Dunedin, New Zealand.
- Siegfried, W. R. 1977. Packing of Jackass Penguin nests. *South Afr. Journal of Science* 73: 186.
- Spurr, E. B. 1975. Breeding of the Adelie Penguin at Cape bird. *Ibis* 117: 324–338.
- Spear, L. B. 1993. Dynamics and effect of Western Gulls feeding in a colony of Guillemots and Brandt's Cormorants. *J. Anim. Ecol.* 62: 399–414.
- Stokes, D. 1994. Nesting habitat use, value, and selection in the Magellanic Penguin (*Spheniscus magellanicus*). Ph. D. Thesis, Univ. of Washington.
- Taylor, K. 1985. Great Black-backed Gull *Larus marinus* predation of seabirds chicks on three Scottish islands. *Seabird* 8: 45–51.
- Tidemann, S. C., & T. G. Marples. 1988. Selection of nest sites by three species of fairy wrens (*Malurus*). *Emu* 88: 9–15.
- Walsberg, G. E. 1981. Nest site selection and the radiative environment of the Warbling Vireo. *Condor* 83: 86–88.
- Walsberg, G. E., & J. R. King. 1978. The energetic consequences of incubation for two passerine species. *Auk* 95: 644–655.
- Westmoreland, D., & L. B. Best. 1985. The effect of disturbance on Mourning Dove nesting success. *Auk* 102: 774–780.
- Yorio, P.M. 1991. Relevos durante la incubación y deserción de nidos: sus efectos sobre el éxito reproductivo del pingüino de Magallanes. Tesis Doc. Univ. Buenos Aires. Buenos Aires.
- Young, E. 1994. Skua and penguin. Cambridge. U. K.