



BOLETIN

IMARPE
Instituto del Mar del Perú

Vol. 17 / Nos. 1 y 2 / DICIEMBRE 1998

ISSN 0378 - 7699

LAS POBLACIONES DE AVES GUANERAS Y SUS RELACIONES CON LA ABUNDANCIA DE ANCHOVETA Y LA OCURRENCIA DE EVENTOS EL NIÑO EN EL MAR PERUANO <i>Jaime Jahncke</i>	1
LAS DIETAS DEL GUANAY Y DEL PIQUERO PERUANO COMO INDICADORAS DE LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION DE ANCHOVETA <i>Jaime Jahncke y Elisa Goya</i>	15
RECUPERACION, EROSION Y RETENCION DE OTOLITOS EN BOLOS DE GUANAY: ¿SON LOS BOLOS REALMENTE BUENOS INDICADORES DE LA DIETA? <i>Jaime Jahncke y Cecilia Rivas</i>	35
ESTUDIOS SOBRE DIETA EN PIQUEROS COMO INDICADORES DE LA ESTRUCTURA POR TALLAS DE LOS STOCKS DE ANCHOVETA EN EL MAR PERUANO <i>Jaime Jahncke y Domenica Zileri</i>	47
LA BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE LAS AVES GUANERAS Y SUS RELACIONES CON LA DISPONIBILIDAD DE ANCHOVETA <i>Jaime Jahncke y Luis Paz-Soldán</i>	55
BIOLOGIA REPRODUCTIVA DEL POTOYUNCO PERUANO <i>PELECANOIDES GARNOTII</i> EN ISLA LA VIEJA, COSTA CENTRAL DEL PERU <i>Jaime Jahncke y Elisa Goya</i>	67
LA POBLACION DEL PINGÜINO DE HUMBOLDT <i>SPHENISCUS HUMBOLDTI</i> EN ISLA PACHACAMAC Y EL EVENTO EL NIÑO 1997-98 <i>Luis Paz-Soldán y Jaime Jahncke</i>	75
SAURIOS COMO PREDADORES DE ECTOPARASITOS DE AVES GUANERAS <i>José Pérez y Jaime Jahncke</i>	81

CALLAO, PERU

LA BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE LAS AVES GUANERAS Y SUS RELACIONES CON LA DISPONIBILIDAD DE ANCHOVETA

JAIME JAHNCKE^{1,2} Y LUIS PAZ-SOLDÁN³

RESUMEN

JAHNCKE, J. y L. PAZ-SOLDÁN. 1998. La biología reproductiva de las aves guaneras y sus relaciones con la disponibilidad de anchoveta. Bol. Inst. Mar Perú 17(1-2): 55 - 66.

Se presenta información sobre características reproductivas de las aves guaneras, con énfasis en el piquero peruano *Sula variegata*. Se analizan parámetros de crecimiento calculados para polluelos de piquero, guanay, pelicano y camanay en las islas Lobos de Tierra, Macabí y Mazorca y en la Punta San Juan. Se encontraron tasas de crecimiento mayores en polluelos nacidos en verano que en los nacidos en invierno, hecho que se relaciona con la mayor disponibilidad de alimento que se presenta durante esta estación. Se compararon los pesos de los volantones de guanay, piquero y camanay según tamaño de colonia y estación. Los pesos de volantones de guanay en Macabí y San Juan (colonias de regular y pequeño tamaño) fueron mayores que los de Mazorca (colonia de gran tamaño) en la misma estación. En piqueros, los volantones más pesados se presentaron en Macabí y San Juan en verano. La reproducción del piquero coincide con la mayor disponibilidad de alimento que se presenta durante esta estación. Este patrón se ha visto afectado por el evento El Niño 97-98. La estacionalidad reproductiva en Macabí y Mazorca es similar; sin embargo, el éxito reproductivo en la primera fue porcentualmente más del doble que la segunda. Se encontró una alta tasa de pérdida de huevos por agresividad territorial en Macabí, que estaría relacionada con la mayor densidad de esta colonia.

PALABRAS CLAVE: Biología reproductiva, piquero peruano *Sula variegata*, guanay *Leucocarbo (Phalacrocorax) bougainvillii*, pelcano peruano *Pelecanus thagus*, camanay *Sula nebowxii*.

ABSTRACT

JAHNCKE, J. and L. PAZ-SOLDÁN. 1998. Breeding biology of Peruvian guano-producing seabirds and its relationship with Peruvian anchovy availability. Bol. Inst. Mar Perú 17(1-2): 55 - 66.

Reproductive characteristics of Peruvian Guano-birds are presented with emphasis on Peruvian Boobies *Sula variegata*. Chick growth parameters for Peruvian Boobies, Guanay Cormorants, Peruvian Pelicans and Blue Footed Boobies on Lobos de Tierra, Macabi and Mazorca islands and Punta San Juan were analyzed. Larger growth rates were found for chicks hatched in summer. This is related to the larger food availability during this season. Fledglings weights of mentioned species were compared by colony size and season. Guanay Cormorants fledgling weights on Macabi and San Juan (medium and small colonies) were higher than those in Mazorca (large colony) in the same season. The heaviest Peruvian Booby fledglings were found in Macabi and San Juan in summer. Peruvian Boobies breeding season coincides with the higher food availability during this season; this pattern has been affected by El Niño event 97-98. Breeding season on Macabi and Mazorca are similar; however, breeding success in Mazorca is twice that in Macabi. A high rate of lost eggs due to higher colony density and related to territorial competence was found in Macabi.

KEY WORDS: Breeding biology, Peruvian Booby *Sula variegata*, Guanay Cormorant *Leucocarbo (Phalacrocorax) bougainvillii*, Peruvian Pelican *Pelecanus thagus*, Blue Footed Booby *Sula nebowxii*.

1 Subdirección de Investigaciones en Aves Marinas, Dirección de Recursos Pelágicos, DGIRH, IMARPE, Apartado 22, Callao.

2 Apartado postal 18-0807, Lima 18, Perú.
E-mail: jjahnck@mail.cosapidata.com.pe

3 Av. Perú 1409, Lima 21, Perú.
E-mail: pazzsoldan@datos.limaperu.net

INTRODUCCION

Es ampliamente reconocido que los aspectos reproductivos de las aves marinas pueden ser utilizados como indicadores de la disponibilidad de alimento, y en consecuencia del estado del ambiente marino (FRANK Y BECKER 1992, WILLIAMS Y CROXAL 1990, BOERSMA 1990, VAN HEEZIK Y DAVIS 1990, FURNESS Y MONAGHAN 1987, RICKLEFS *et al.* 1984). Se han sugerido una variedad de parámetros para evaluar la reproducción de las aves (CAIRNS 1987) entre los que destaca el cálculo de las tasas de crecimiento. Sin embargo, se conoce poco la sensibilidad de dichos parámetros a las condiciones ambientales de un sistema en un tiempo dado.

Los patrones de crecimiento en aves sintetizan la información de las adaptaciones y la adaptabilidad individual de los polluelos y sus padres a los factores ambientales (RICKLEFS 1968) y reflejan sus adaptaciones a las restricciones energéticas -v.g. variabilidad en la disponibilidad de alimento- u otro factor ecológico. Las variaciones en las tasas de crecimiento entre polluelos reflejan la variabilidad del ambiente y/o las variaciones de la adaptabilidad individual (NISBET *et al.* 1995). Esta variabilidad de adaptaciones y de adaptabilidad influye en el éxito reproductivo de las aves marinas (FURNESS Y MONAGHAN 1987).

Otros parámetros utilizados son la talla y peso de los volantones, el número de volantones por nidada, la estacionalidad reproductiva, tamaño de las colonias, el comportamiento reproductivo, etc. (CCAMLR 1991, VAN HEEZIK Y DAVIS 1990, LECROY Y LECROY 1974, BOERSMA 1990, HAHN 1981, WILLIAMS Y CROXALL 1991, BROWN *et al.* 1990). Sin embargo, las interpretaciones basadas sólo en uno de estos parámetros pueden conducir a apreciaciones erradas sobre la abundancia de los stocks de peces.

La dinámica poblacional y el desempeño reproductivo de las aves marinas que se reproducen en el litoral peruano están influidas principal-

mente por la disponibilidad de alimento, las condiciones climáticas y las actividades humanas (TOVAR *et al.* 1987). El guanay *Leucocarbo (Phalacrocorax) bougainvillii*, el piquero *Sula variegata* y el pelícano *Pelecanus thagus* merecen particular atención por ser las principales productoras del "guano de isla" y entre las aves marinas, las principales predadoras de los recursos pelágicos. Sin embargo, considerando la importancia económica y ecológica de estas aves, es poca la atención que ha sido puesta en el estudio de sus aspectos reproductivos, principalmente aquéllos relacionados con su adaptabilidad a las fluctuaciones en la disponibilidad de alimento, a condiciones climáticas desfavorables y a los efectos de las actividades humanas.

El Mar Peruano es uno de los más ricos del mundo. Su sistema de afloramiento ofrece recursos para soportar grandes masas de peces y crustáceos, que a su vez sostienen grandes poblaciones de aves y mamíferos marinos, constituyendo así la base de las pesquerías en el Perú. A pesar de su abundancia, la irregularidad en el tiempo y en el espacio es una característica de los recursos hidrobiológicos de interés para las aves, por lo que éstas han desarrollado estrategias de forrajeo y reproducción que optimizan su esfuerzo energético. La anomalía del sistema climático del Pacífico, conocida como El Niño se presenta en forma recurrente, alterando las características del Mar Peruano y generalmente trae consigo graves consecuencias ecológicas para las aves, pues la disponibilidad de alimento alcanza niveles mínimos extremos, con lo que no sólo se anula su capacidad reproductiva sino que se presenta un «cuello de botella» ecológico (SOULÉ Y WILCOX 1980) para sus poblaciones, las que disminuyen por emigración y mortalidad (ARNTZ Y FAHRBACH 1996).

El presente trabajo contiene los resultados del proyecto de investigación que viene llevando a cabo la Subdirección de Investigaciones en Aves Marinas del Instituto del Mar del Perú (DGIRH), con el objeto determinar como las aves guaneras adecúan su reproducción a la va-

riabilidad en el ambiente del que consiguen su alimento.

MATERIAL Y METODOS

Período y áreas de estudio

El estudio se realizó entre setiembre de 1996 y mayo de 1997 en las islas Macabí (07°48'S; 79°30'W) y Mazorca (11°23'S; 77°45'W) y en Punta San Juan (15°22'S; 75°22'W). Entre enero y mayo de 1997, se capturaron y midieron polluelos y volantones de guanay, piquero y pelícano en las Islas Macabí, Mazorca y en Punta San Juan. El desempeño de anidación mencionado corresponde al período reproductivo ocurrido entre setiembre de 1996 y abril de 1997 en Macabí y Mazorca.

Toma de las muestras

En este estudio se consideran los siguientes tres parámetros para el análisis del éxito reproductivo de las aves:

- tasas de crecimiento de piquero, guanay, camanay y pelícano;
- medida de los volantones de piquero, guanay y camanay;
- éxito de eclosión y anidación de piquero.

Tasas de crecimiento en polluelos

Piquero.- Para el caso del piquero el estudio de este parámetro se plantearon dos metas:

La primera meta, fue describir el desarrollo de polluelos durante su fase en el nido. Al proceso relacionado con esta meta se le denominará en el resto del informe como Análisis de Curvas Individuales (en adelante ACI). Para analizar la magnitud, forma y velocidad del desarrollo se monitoreó el crecimiento individual de un grupo de polluelos entre el 17 de febrero y el 9 de mayo de 1997 en Punta San Juan. Para ello, se pesaron y midieron los polluelos en intervalos

de 5 días. Fueron medidas: la parte descubierta de la mandíbula superior (en adelante, pico); la porción del ala -flexionada en ángulo recto- comprendida desde la muñeca hasta el extremo de las falanges o la pluma primaria externa (en adelante, ala); y la pata -flexionada en ángulo recto- desde el metatarso hasta el extremo de la falange central (en adelante, pata). Los pesos se tomaron utilizando balanzas Pesola de 100 g, 500 g y 2.500 g, con precisiones de 1 g, 5 g y 50 g respectivamente; el pico se midió utilizando un calibrador vernier (precisión de 0,05 mm) y las otras medidas se tomaron con ayuda de una regla graduada en milímetros. Con esta información se calculó la asíntota (en adelante a), una constante directamente relacionada al punto de inflexión (en adelante b) y una constante directamente relacionada con la tasa de crecimiento (en adelante k), estimadores de la magnitud, forma y velocidad de la función que describe el crecimiento de un polluelo.

La segunda meta fue afinar el método por el cual se calculan los mismos parámetros a y k que estiman el crecimiento. En este caso estos parámetros representan el desarrollo combinado de un grupo de polluelos de diferentes edades en un momento y lugar determinado, a partir de incrementos en peso, pata, pico y ala en intervalos de 5 días (RICKLEFS y WHITE 1975). Para ello se capturaron polluelos en las Islas Mazorca, Macabí y Punta San Juan. En adelante al proceso relacionado con esta meta se le denominará Análisis de Curvas Compuestas (en adelante ACC).

Guanay y pelícano.- La gran movilidad que adquieren los polluelos de estas especies cuando alcanzan el 50% del desarrollo no permitió completar las series de datos y utilizar el ACI. En tal sentido, el cálculo de parámetros de crecimiento de polluelos de guanay y pelícano se hizo mediante el ACC (RICKLEFS y WHITE 1975), manteniendo las mismas especificaciones utilizadas para el caso del piquero, a cada polluelo se le pesó y midió pata, pico y ala cada 5 días.

Camanay. Se capturaron polluelos de Camanay en la isla Lobos de Tierra y se calcularon los parámetros de crecimiento utilizando el ACC (RICKLEFS y WHITE 1975), manteniendo las mismas especificaciones utilizadas para el caso de las especies mencionadas; a cada polluelo se le pesó y midió pata, pico y ala cada 5 días.

Medida de volantones

Se tomaron como medidas de volantones a los valores promedio calculados a partir de las medidas de ala, pico y pata y los pesos de polluelos con plumaje completo, patas cubiertas de guano y sin vuelo, próximos a abandonar el nido. Todo volantón capturado fue debidamente anillado.

Exito de eclosión y anidación

En las islas Mazorca y Macabí se registró diariamente el contenido de los nidos previamente identificados en las colonias. En las islas Mazorca y Macabí, fueron seleccionadas áreas para la vigilancia de nidos de piquero. Cada cierto período se registró el contenido de cada nido. Para ello, se tomaron como medida referencial la edad del polluelo, el desarrollo de las plumas, categorizando 11 estadios, incluyendo el de volantón.

Análisis de los datos

Tasas de crecimiento en polluelos

Para el ACI se desconocía la edad real de todos los individuos al momento de iniciar las mediciones. Por este motivo, se procedió a estimar la edad de los polluelos. Primero se construyeron curvas promedio de crecimiento para el ala, la pata y el pico de tres polluelos de edad conocida. Para el análisis de las curvas que describen el crecimiento se utilizó el módulo de funciones no lineales de SYSTAT 5.0. Considerando el valor del coeficiente de determinación y el de la suma de cuadrados del residual, se determinó entre los modelos matemáticos Logístico, de GOMPertz y de VON BERTALANFFY cual describe mejor el crecimiento. Otro criterio de decisión

fue considerar el coeficiente de correlación lineal, utilizando el método de RICKLEFS (1967). Para el cálculo de dichos coeficientes se utilizó el módulo para análisis de datos de EXCEL 5.0.

Una vez escogido el modelo a utilizar, que en todos los casos fue el Logístico, se calcularon los parámetros que describen las curvas: la asíntota (a), la constante que describe la tasa de desarrollo (k), y la constante que describe el punto de inflexión (b). Con dichos parámetros se calculó la magnitud de las variables según la edad. A partir del crecimiento del ala principalmente, complementado con el crecimiento de las otras dos variables, se estimó la edad de los polluelos.

Una vez estimada la edad, se determinó entre los modelos matemáticos mencionados cual describía mejor el desarrollo del peso. Las observaciones de peso siguieron el mismo tratamiento de las otras variables. Se determinó que el modelo de GOMPertz describía mejor el desarrollo del peso. A partir de este modelo se calcularon los parámetros a, k y b del crecimiento en peso para cada individuo. Para el análisis de las curvas que describen el crecimiento se utilizó el módulo de funciones no lineales de SYSTAT 5.0. Los parámetros a y k son comparados utilizando la prueba de WILCOXON para analizar el crecimiento entre hermanos.

Para el cálculo de las tasas de crecimiento en el ACC para las cuatro especies se utilizó el módulo para funciones no lineales de SYSTAT 5.0, relacionando cada par de medidas de ala, pico y pata mediante la ecuación logística. Una vez calculados los parámetros de la curva compuesta de desarrollo de ala, se estimaron las edades de cada polluelo medido y a partir de esta estimación se calcularon los parámetros del desarrollo del peso.

Medida de volantones

Se compararon las medidas de los volantones de Lobos de Tierra, Macabí, Mazorca y San Juan. Para el análisis se utilizó la prueba t de STUDENT

(SPIEGEL 1970) o U de MANN-WHITNEY (STEEL Y TORRIE 1985).

Éxito de eclosión y anidación

Se calcularon las tasas de éxito de eclosión (número de huevos que eclosionan respecto del total de huevos puestos) y de anidación (número de volantones logrados respecto del total de huevos que eclosionaron o respecto del total de polluelos bajo vigilancia) para los nidos bajo observación. Se comparó la situación reproductiva de las colonias y la distribución poblacional de huevos y polluelos en dichas colonias.

RESULTADOS

Tasas de crecimiento

Análisis de curvas individuales en Piquero

Para la estimación de la edad se elaboró una tabla en la que se relaciona esta variable con el tamaño del ala, pico y pata (Tabla 1). Los valores consignados en esta tabla son los parámetros *a*, *k* y *b* calculados para la curva promedio descrita por cada variable a partir de 3 polluelos de edad conocida. Estimada la edad del resto de individuos, se calcularon los parámetros de crecimiento de peso; para ello se ajustó el desarrollo de los pesos al modelo de GOMPertz, la asíntota promedio calculada fue de 1694,28 g, con una tasa de crecimiento *k* de 0,064.

Análisis de curvas compuestas en Piquero

En la isla Macabí en mayo de 1997, la asíntota promedio calculada fue de 1.758,34 g, con una

tasa de crecimiento *k* de 0,063; en isla Mazorca para el mismo período, la asíntota promedio calculada fue de 1.714,53 g, con una tasa de crecimiento *k* de 0,038; y en Punta San Juan en febrero de 1997, la asíntota promedio calculada fue de 1.686,29 g, con una tasa de crecimiento *k* de 0,066.

Análisis de curvas compuestas en Guanay

En Punta San Juan, en febrero y mayo de 1997, las asíntotas promedio calculadas fueron 2.186,06 g y 2.219,38 g, con tasas de crecimiento *k* de 0,078 ($R^2=0,956$) y 0,068 ($R^2=0,837$), respectivamente.

Análisis de curvas compuestas en Pelicano

En Punta San Juan en febrero de 1997, la asíntota promedio calculada fue de 9.354,35 g, con una tasa de crecimiento *k* de 0,045 y una constante relativa punto de inflexión *b* de 0,837.

Para el cálculo de estos parámetros se emplearon las medidas inicial (1,7 cm) y de asíntota de ala (60,0 cm) mencionadas por GUERRA y CIKUTOVIC (1984). Una vez estimados los parámetros de ala, se calcularon los parámetros de peso. Las observaciones de peso fueron ajustadas a la ecuación de GOMPertz.

Análisis de curvas compuestas en Camanay

En la isla Lobos de Tierra en abril y junio de 1997, las asíntotas promedio calculadas fueron 1.869,53 g y 2.134,87, con tasas de crecimiento *k* de 0,049 ($R^2=0,914$) y 0,039 ($R^2=0,813$).

Tabla 1. Parámetros de las curvas de crecimiento del ala, pico y pata de tres (3) polluelos de piquero peruano de edad conocida, ajustadas al modelo Logístico.

Variable	A	b	k	R ²
Ala	38,827	20,430	0,064	0,973
Pico	9,462	4,237	0,082	0,988
Pata	9,434	4,421	0,124	0,970

Medida de volantones

Piquero

La información se resume en la tabla 2. Los volantones mas pesados se presentaron en Macabí en enero y en San Juan en marzo, los pesos de las aves en am-

Tabla 2. Medidas promedio (y desviación estándar) de volantones de piquero *Sula variegata* en cuatro áreas guaneras de la costa para 1997.

Localidad	Período	n	Peso (g) Media (DS)	PICO (cm) Media (DS)	ALA (cm) Media (DS)	PATA (cm) Media (DS)
Lobos de Tierra	Mayo	12	1224,17 (279,17)	9,38 (0,27)	37,2 (2,88)	9,05 (0,5)
Macabí	Enero	109	1492,39 (208,61)	9,23 (0,38)	36,76 (1,69)	8,99 (0,35)
	May-Jun	61	1382,26 (151,82)	9,43 (0,37)	37,3 (1,37)	9,18 (0,3)
Mazorca	Mayo	45	1365,56 (155,51)	9,36 (0,35)	37,15 (1,45)	9,16 (0,31)
San Juan	Marzo	100	1490,5 (155,89)	9,4 (0,4)	36,56 (1,94)	9,21 (0,33)

Tabla 3. Medidas promedio (y desviación estándar) de volantones de guanay *Leucocarbo (Phalacrocorax) bougainvillii* en tres áreas guaneras de la costa para 1997.

Localidad	Período	n	Peso (g) Media (DS)	PICO (cm) Media (DS)	ALA (cm) Media (DS)	PATA (cm) Media (DS)
Macabí	Enero	89	2013,48 (185,49)	7,09 (0,28)	30,2 (0,9)	10,89 (0,34)
Mazorca	Enero	66	1931,06 (160,95)	7,24 (0,28)	30,77 (0,77)	11,32 (0,32)
San Juan	Abril	43	2006,51 (163,97)	7,16 (0,26)	30,61 (0,81)	11,21 (0,31)

bas localidades no mostraron diferencias. Los volantones más livianos, sin considerar aquellos de Lobos de Tierra, fueron los de Mazorca en mayo y los de Macabí en mayo-junio, los pesos de las aves en ambas localidades tampoco mostraron diferencias. Los volantones de Macabí en enero fueron significativamente más pesados que en mayo-junio (MANN-WHITNEY; $P=0,002$; $GL=1$); y que los de Mazorca en mayo (MANN-WHITNEY; $P=0,001$; $GL=1$). Asimismo, los pesos de volantones de San Juan fueron sig-

nificativamente mayores que los de Mazorca en mayo (t STUDENT; $P=0,000$; $GL=143$) y que los de Macabí en mayo-junio (t STUDENT; $P=0,000$; $GL=159$).

Debe considerarse que durante el muestreo de volantones de piquero en Lobos de Tierra, la mayor parte de los polluelos nacidos en el período enero-abril ya estaban en edad juvenil, por eso el pequeño tamaño de la muestra en esa localidad.

Guanay

La información se resume en la tabla 3. Los volantones más pesados estuvieron en Macabí y San Juan. Las aves en Mazorca fueron significativamente más livianas que las de Macabí (*t* STUDENT; *P*=0,004, *GL*=153) y las de San Juan (*t* STUDENT; *P*=0,01; *GL*=107).

Camamay

La información se resume en la tabla 4. Los volantones en junio fueron significativamente más pesados que en abril (*t* STUDENT; *P*=0,00; *GL*=114).

Estacionalidad reproductiva en piquero

Isla Mazorca

En años normales, si bien se pueden encontrar piqueros con huevos en cualquier estación, estos muestran un período de puesta que se extiende desde setiembre hasta mayo. Se puede afirmar que, en Mazorca los piqueros terminaron el ciclo reproductivo 96-97 a fines de marzo de 1997. En dos de los tres cuadrantes (MZ01 y MZ02) monitoreados se observaron volantones en este mes. El tercero (MZ03) mostró actividad reproductiva importante hasta octubre de 1996, observándose volantones y juveniles en ese mes.

Paralelamente se apreció el inicio de un intento reproductivo en marzo de 1997. Esta tendencia

se observó en los tres cuadrantes. En MZ03, las aves comenzaron la postura antes que en los otros dos, siendo en MZ01 donde la postura comenzó más tarde. Este intento, tuvo un éxito reproductivo de 0% de eclosión en los cuadrantes bajo vigilancia. Sin embargo, fuera de estos cuadrantes se pudo apreciar nidos exitosos con volantones en mayo.

Otro intento reproductivo se inició en setiembre, donde muchos adultos completaron sus nidadas (de dos a tres huevos). Sin embargo, al cabo de tres semanas, alrededor de tres hectáreas de nidos con huevos fueron abandonados por los adultos. Similar situación se observó en isla Ballestas (13°44' S; 76°24' W) en el mismo mes.

Isla Macabí

El piquero terminó su período reproductivo 96-97 a inicios de marzo de 1997. En los 4 cuadrantes monitoreados pudo observarse volantones hacia fines de febrero. Hacia abril se inició un intento reproductivo que involucró algunos pocos adultos con algunos nidos exitosos con volantones hacia mayo y junio.

Punta San Juan

El piquero mostró un solo pico reproductivo que se desarrolló en el verano de 1997, con nidos exitosos con volantones hacia abril.

Éxito de anidación en piqueros

Isla Mazorca

Desde julio de 1996 hasta mayo de 1997 se evaluó el desempeño reproductivo de una colonia de 123 nidos en un área de 61,09 m² (2,01 nidos/m²). Todos los nidos mostraron algún tipo de actividad sexual. Ciento cuatro nidos del total (84,55%; n=123) tuvieron al

Tabla 4. Medidas promedio (y desviación estandar) de volantones de *camamay Sula nebowxi* en isla Lobos de Tierra para dos meses de 1997.

Período	n	Peso (g)	PICO (cm)	ALA (cm)	PATA (cm)
		Media (DS)	Media (DS)	Media (DS)	Media (DS)
Abril	98	1 399,480	9,74	40,165	9,32
		(284664)	(0,67)	(2,95)	(0,54)
Junio	18	1 636,110	10,2	40,212	9,65
		(260546)	(0,45)	(1,77)	(0,36)

menos un huevo en algún momento ("nidos activos"); lográndose en 42 de ellos (40,38%; $n=104$) al menos un volantón ("nido exitoso") (Tabla 5).

El promedio de huevos por nido activo fue de 2,21, con un éxito de eclosión del 47%. Nacieron 107 polluelos de 230 huevos puestos, con un éxito de anidación del 64%. El éxito reproductivo general (número de polluelos que llegaron a volantones respecto del total de huevos puestos) fue del 30%. Se logró un total de 69 volantones, con un promedio de 0,66 volantones por nido. Se observaron nidos con 1, 2 y 3 volantones, representando el 50%, 37,71% y 14,29% del total de nidos exitosos respectivamente.

Isla Macabí

Desde octubre de 1996, se evaluó el desempeño reproductivo de una colonia de 103 nidos distribuidos en un área de 40,3 m² (2,55 nidos/m²). Todos los nidos mostraron indicios de algún tipo de actividad reproductiva. Ochenta y tres nidos estuvieron activos (80,58%); siendo 20 de ellos exitosos (24,10%) (Tabla 5).

El promedio de huevos por nido fue de 3,17, con un éxito de eclosión del 18,63%. Nacieron 49 polluelos de 263 huevos puestos, con un éxito de anidación del 63,27%. El éxito reproductivo

general fue de 11,79%. Se logró un total de 31 volantones, con un promedio de 0,37 volantones por nido.

Los nidos con 1 y 2 volantones, fueron exitosos en porcentajes de 45% y 55% del total. Esta proporción varía a 42,31% y 53,85% si se consideran 6 nidos físicamente separados de los otros y cuya vigilancia se inició posteriormente. En uno (3,84%) de éstos últimos 6 nidos adicionales se lograron 3 volantones.

DISCUSION

Tasas de crecimiento

La tasa de crecimiento es uno de los parámetros más sensibles para describir las condiciones del medio en el que habitan los polluelos y sus padres (RICKLEFS 1967; RICKLEFS *et al.* 1984) y una importante valoración del esfuerzo reproductivo de estos últimos (FURNES Y MONAGHAN 1987).

En general, el ajuste del crecimiento en peso de las tres especies al modelo de GOMPERTZ muestra la adaptación de los individuos a condiciones variables de alimento. La opción de ganar peso en los primeros estadíos, aprovechando una buena disponibilidad de alimento, es una estrategia que incrementa las posibilidades de supervivencia del polluelo en caso de

una escasez de alimento. Estudios posteriores en este tema deberán ahondar aspectos alométricos relacionados con el desarrollo en peso de estas aves.

En los resultados hallados por ACC para piquero, se nota una clara diferencia entre Macabí y Punta San Juan, respecto de Mazorca. Las diferencias entre Mazorca y Macabí se deberían

Tabla 5. Desempeño reproductivo de colonias de piquero peruano *Sula variegata* ubicadas en las islas Mazorca y Macabí entre setiembre de 1996 y abril de 1997.

Variable	Isla Mazorca	Isla Macabí
Total de nidos	123	103
Densidad (nidos/m ²)	2,01	2,55
Nidos con actividad	123	103
Nidos activos (al menos 1 huevo)	104	83
Nidos exitosos	42	20
Huevos por nido (promedio)	2,21	3,17
Volantones por nido (promedio)	0,66	0,37
Éxito de anidación	64,00%	63,27%
Éxito reproductivo general	30,00%	11,79%

Tabla 6. Parámetros de crecimiento en peso para polluelos hermanos de piquero *Sula variegata* en Punta San Juan de Marcona (n=22) entre enero y mayo de 1997.

	Hermano mayor		Hermano menor	
	Asíntota (g)	Tasa de crecimiento (k)	Asíntota (g)	Tasa de crecimiento (k)
Promedio	1.658028	0,068	1.698835	0,063
Desv. Est.	141,651	0,009	141,642	0,011
Máximo	2.040874	0,083	1.934668	0,098
Mínimo	1,476,083	0,053	1.481315	0,037

a la mayor disponibilidad de anchoveta que se observó alrededor de esta última como consecuencia del evento El Niño 97-98 y que obligó a los cardúmenes a formar grupos densos en áreas cercanas a Macabí, ocasionando a su vez la disminución drástica de alimento en las inmediaciones de Mazorca (JAHNCKE *et al.* 1997; JAHNCKE *et al.*⁽⁴⁾). Las mayores tasas de crecimiento en San Juan respecto de Mazorca, se deberían principalmente a las diferencias en el tamaño de las colonias; si bien en ambas áreas la disponibilidad de anchoveta fue baja, el tamaño de la colonia y la competencia inter e intraespecífica es mucho mayor en Mazorca.

La asincronía en el nacimiento de hermanos permite que ante la escasez de alimento ocurra un fratricidio facultativo. Sin embargo, no se encontraron diferencias en el crecimiento en peso de hermanos mayores y menores (*t* STUDENT; datos pareados) en los individuos bajo ACI en San Juan (tabla 6). Esta similitud en el crecimiento de hermanos podría deberse a que en San Juan la colonia de piqueros es muy pequeña, razón por la cual la competencia inter e intraespecífica por alimento y espacio es baja.

El efecto de la variación en la disponibilidad de anchoveta y otros recursos alimenticios de acuer-

do a la estación y su efecto sobre la reproducción de las aves también se puede apreciar claramente al observar la diferencia entre las tasas de crecimiento de polluelos de guanay entre febrero (verano) y mayo (otoño); y de camanay entre abril y junio. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el camanay es una especie de distribución tropical, por lo que podría estar siguiendo estrategias distintas para maximizar su éxito reproductivo. Se requiere de un análisis más profundo de cómo esta ave enfrenta la variabilidad de la oferta de alimento en condiciones de ecotono como las que se encuentran en Lobos de Tierra.

Medidas de volantones

La medida de los volantones es un índice controversial respecto a su relación con la disponibilidad de alimento para las aves marinas (WILLIAMS y CROXAL 1990, WILSON 1992). Estos autores proponen dos hipótesis para explicar las diferencias en peso de volantones para localidades y estaciones diferentes. WILLIAMS y CROXAL proponen que en "buenas condiciones" de alimento, los volantones tendrán un peso menor que el de aquellos volantones que se logran en "malas condiciones", dado que en este último caso ocurrirá una fuerte selección, debido a la mayor mortalidad de polluelos. Esta mortalidad disminuye la competencia intraespecífica, aumentando así la disponibilidad de alimento de cada polluelo que sobrevive. Por otro lado, WILSON (1992) afirma lo contrario, planteando que en mejores condiciones alimenticias, se esperaría un mayor peso de los volantones.

(4) JAHNCKE, J., GARCÍA-GODOY, A. y E. GOYA. 1997. La dieta del guanay *Leucocorbo bougainwilli* y del piquero peruano *Sula variegata* en febrero de 1997 en seis áreas de la costa peruana. Informe interno. Instituto del Mar del Perú. (mimeo)

Los pesos de los volantones de guanay en Mazorca (enero), Macabí (enero) y San Juan (marzo), a pesar de la asincronía en el desarrollo de las respectivas colonias, corresponden a la misma estación (verano), siendo los resultados comparables. Los mayores pesos encontrados en Macabí y San Juan respecto de los de Mazorca podría explicarse por el tamaño de las colonias, variable que guarda relación directa con la competencia intraespecífica e inversa con el peso de los volantones. Como se mencionó anteriormente, la colonia de Mazorca es más grande que las de Macabí y San Juan, por lo que la competencia intraespecífica en aquella isla sería mayor.

Caso homólogo se observa con el camanay. En la misma localidad, Lobos de Tierra, los pesos de los volantones en junio (invierno) superaron significativamente a los de abril (verano). En Lobos de Tierra, durante 1997, se observó una mayor disponibilidad de anchoveta en los meses de verano (JAHNCKE *et al.* 1997; JAHNCKE *et al.*⁽⁵⁾). En este caso, también es evidente la diferencia en número de volantones capturados en abril (98) respecto de los de junio (18). Asumiendo una misma intensidad de captura por parte de los investigadores (entre las 1800 y 2200 horas por tres noches en la misma área), tenemos que la población de volantones de camanay en abril era mayor que en junio, con lo cual tenemos una mayor competencia intraespecífica en abril.

Para el caso del piquero, los pesos de los volantones de Macabí en enero y San Juan en marzo (verano) fueron mayores que los de Mazorca y Macabí en junio (invierno). Este hecho se debería a una mayor disponibilidad de anchoveta en el verano (JAHNCKE Y GOYA 1997) y satisfacería la hipótesis de WILSON (1992), que predice mejores pesos de volantones en "buenas" condiciones de alimento.

Estacionalidad reproductiva en piqueros

Las aves se reproducen cuando las condiciones alimenticias alcanzan un nivel que garantice su supervivencia y la viabilidad de sus polluelos (LACK 1967). En primavera y verano, la anchoveta se concentra cerca a la costa, en tanto que en invierno los cardúmenes se dispersan (JORDÁN Y CHIRINOS 1965) y pueden llegar hasta el doble de profundidad (JORDÁN 1982). Esta concentración de los cardúmenes, aumenta la captura por unidad de esfuerzo por parte de las aves. El piquero es una especie que muestra una notable preferencia de alimento por la anchoveta. De esta manera, la estacionalidad y el éxito reproductivo está estrechamente ligado a la disponibilidad de este recurso. De aquí, que la mayor parte de la población de piquero se reproduzca en primavera-verano, época en que el recurso se encuentra más disponible.

Éxito de anidación en piqueros

Si bien ofrece ventajas, el gregarismo tiene desventajas para la reproducción siendo una de ellas la pérdida de nidada por agresión territorial (PATTERSON 1980). El grupo reproductivo bajo vigilancia en Macabí mostró una densidad mayor que la de Mazorca (un nido más por cada 2,0 m²). Sin embargo, a pesar que en las áreas vigiladas en Macabí fueron puestos más huevos que en Mazorca (263 y 230 respectivamente), nacieron menos de la mitad de polluelos (49 y 107 respectivamente), condicionando que el éxito reproductivo en Mazorca sea más del doble que la primera, a pesar que el éxito de anidación fue similar en ambas colonias.

El evento El Niño de 1997-98

La anomalía presentada en las costas peruanas ocasionada por el evento El Niño 97-98 ha tenido consecuencias negativas en la reproducción de las aves guaneras. En Mazorca y Macabí, los piqueros intentaron reproducirse, llegando incluso hasta la fase de puesta. En Mazorca, en octubre se observaron 3 hectáreas de nidos con

(5) JAHNCKE, J., GARCÍA-GODOY, A. y E. GOYA. 1997. La dieta del guanay *Leucocarbo bougainvilli* y del piquero peruano *Sula variegata* en la costa peruana durante junio de 1997. Informe interno. Instituto del Mar del Perú. (mimeo)

hasta 3 huevos. Estos nidos fueron abandonados al cabo de unas semanas.

Hasta finales de 1997, no se observó evidencia reproductiva por parte de las aves en Mazorca, Macabí ni San Juan. Por el contrario, las poblaciones de adultos en estos lugares han venido disminuyendo por migración hacia áreas más favorables. No hay evidencia aún de mortalidad de adultos a gran escala, como la ocurrida durante el evento El Niño 82-83. El Niño 97-98 abre la posibilidad de realizar estudios sobre recolonización y reinicio de actividad reproductiva luego de un cuello de botella ecológico (SOULÉ y WILCOX 1980) tan drástico como el que se presenta en un evento El Niño de estas características.

Finalmente, los resultados obtenidos hasta este momento reflejan la alta relación que existe entre las especies de la comunidad de aves de la Corriente Peruana y la disponibilidad de alimento, el cual varía estacional y espacialmente. Sin embargo, la comprensión de otros aspectos de la historia natural de las especies, como el comportamiento reproductivo, son de importancia para afinar los métodos empleados y precisar los resultados en un contexto integrado del ecosistema.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Proyecto Especial de Promoción del Aprovechamiento de Abonos Provenientes de las Aves Marinas PROABONOS, en la persona del Ing. ENRIQUE OREZOLLI y a todos los empleados de esta entidad que facilitaron nuestra labor en cada una de las guardianías visitadas durante el presente estudio. Asimismo, agradecemos a LILIANA AYALA y ELDA CABRERA quienes apoyaron decisivamente en la toma de datos en el campo. A OTTO RÍOFRÍO y NAYO TELLO por su colaboración y a los prometedores biólogos ULYSSES BUCCICARDI, SAMUEL AMOROS, JORGE CALVIMONTES y DAVID RAMÍREZ por su entusiasta participación. Agradecemos también al

Dr. RÓMULO JORDÁN, Blgo. JULIO VALDIVIA, Blgo. MARCO ESPINO y Blga. GLADYS CÁRDENAS por el constante apoyo brindado durante el presente estudio.

REFERENCIAS

- ARNTZ, W y E. FAHRBACH. 1996. El Niño; Experimento climático de la naturaleza. Fondo de Cultura económica. Mexico. 312 pp.
- BOERSMA, P.D. 1990. Asynchronous hatching and food allocation in the magellanic penguin *Spheniscus magellanicus*. p: 961-973. Acta XX Congressus Internationalis Ornithologici. Volume II. Christchurch, New Zealand.
- CAIRNS, D.K. 1987. Seabirds as indicators of marine food supplies. *Biological Oceanography* 5: 261-271.
- CCAMLR. 1991. Ecosystem monitoring program: Standard methods for monitoring studies. CCAMLR. Hobart, Tasmania, Australia. 131 pp.
- FRANCK, D. y P.H. BECKER. 1992. Body mass and nest relief in common terns *Sterna hirundo* exposed to different feeding conditions. *Ardea* 80: 57-69.
- FURNESS, R.W. y P. MONAGHAN. 1987. Seabird ecology. Blackie and Son Ltd. Glasgow and London. 164 pp.
- GUERRA, C. y M. CIKUTOVIC. 1984. Algunos aspectos de la nidificación y el crecimiento de *Pelecanus occidentalis thagus* Molina, 1782 en el Norte de Chile. En: STILES, G. y P. AGUILAR (Eds.). Primer Simposio de Ornitología Neotropical. Arequipa, Perú.
- HAHN, D.C. 1981. Asynchronous hatching in the laughing gull: cutting losses and reducing rivalry. *Animal Behavior* 29: 421-427.
- JAHNCKE, J. y E. GOYA. 1997. Variación latitudinal y estacional en la dieta del guanay (*Leucocarbo bougainwillii*) y el piquero peruano (*Sula variegata*) en la costa peruana. *Bol. Inst. Mar Perú* 16(1): 23-41.
- JAHNCKE, J., GARCÍA-GODO, A. y E. GOYA. 1997. La dieta del guanay *Leucocarbo bougainwillii* y del piquero peruano *Sula variegata* en la costa peruana en abril-mayo de 1997. *Inf. Inst. Mar Perú* 126: 75-86.
- JORDÁN, R. 1982. La anchoveta y su captura frente a las costas del Perú. p: 51-63. En: CASTILLA, J. C. (Ed.). Bases biológicas para el uso y manejo de recursos naturales renovables: Recursos biológicos marinos. Segundo seminario taller. Monografías Biológicas (2).
- JORDÁN, R. y A. CHIRINOS. 1965. La anchoveta (*Engraulis ringens* J.) conocimiento actual sobre su biología, ecología y pesquería. *Inf. Inst. Mar Perú*. 6: 1-52.
- LACK, D. 1954. The natural regulation of animal numbers. Oxford University Press, New York.
- LECROY, M. y S. LECROY. 1974. Growth and fledging in the common tern (*Sterna hirundo*). *Bird-banding* 45(4): 326-340.
- NISBET, I., J. SPENDELOW y J. HATFIELD. 1995. Variations in growth of Roseate Tern chicks. *The Condor* 97: 335-344.

- PATERSON, I.J. 1980. Territorial behaviour and the limitation of population density. *Ardea* 68: 53-62.
- RICKLEFS, R. 1967. A graphical method of fitting equations to growth curves. *Ecology* 48(6): 978-983.
- RICKLEFS, R. 1968. Patterns of growth in birds. *Ibis* 110: 419-451.
- RICKLEFS, R. y C. WHITE. 1975. A method for constructing nesting growth curves from brief visits to seabird colonies. *Bird-Banding* 46: 135-140.
- RICKLEFS, R., D. DUFFY y M. COULTER. 1984. Weight gain of Blue-footed booby chicks: an indicator of marine resources. *Ornis Scandinavica* 15: 162-166.
- SOULÉ, M.E. y B.A. WILCOX (Eds). 1980. Conservation biology. Sinauer associates, Sunderland, Mass. 395 pp.
- SIEGEL, M. 1970. Estadística. Serie SCHAUM. 356 pp.
- STEEL, R.G.D. y J.H. TORRIE. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. Mc Graw-Hill. Bogotá. Colombia. 623 pp.
- TOVAR, H., V. GUILLÉN y M.E. NAKAMA. 1987. Monthly population size of three guano bird species of Perú, 1953 to 1992. p: 208-218. En: PAULY, D. e I. TSUKAYAMA (Eds.). The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of change. ICLARM Studies and Reviews 15. 351 pp. IMARPE, GTZ, ICLARM, Manila, Philippines.
- VAN HEEZIK, Y. y L. DAVIS. 1990. Effects of food variability on growth rates, fledging sizes and reproductive success in the Yellow-eyed penguin *Megadyptes antipodes*. *Ibis* 132: 354-365.
- WILLIAMS, T. y J. CROXALL. 1990. Is chick fledging weight a good index of food availability in seabird populations?. *Oikos* 59(3): 414-416.
- WILLIAMS, T. y J. CROXALL. 1991. Chick growth and survival in gentoo penguins (*Pygoscelis papua*): effect of hatching asynchronic and variation in food supply. *Polar Biol.* 11: 197-202.
- WILSON, R. 1992. Environmental monitoring with seabirds. Do we need additional technology?. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 12: 919-926.