

2006- A

396393253

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



**CUIDADO PARENTAL Y ECOLOGÍA DE FORRAJE
DEL BOBO CAFÉ (*Sula leucogaster brewsteri*)
EN EL FARALLÓN DE SAN IGNACIO, SINALOA,
MÉXICO, EN LA TEMPORADA REPRODUCTIVA
2004**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLÓGÍA
PRESENTA:

ERIK ADRIAN PEÑALOZA PADILLA

LAS AGUJAS, NEXTIPAC, ZAPOPAN, JAL. DICIEMBRE DEL 2006



Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y
Agropecuarias

Coordinación de Titulación y Carrera de Licenciatura
en Biología
8971 C. C. BIOLOGÍA

C. ERIK ADRIAN PEÑALOZA PADILLA
PRESENTE

Manifestamos a usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de: Tesis e Informes opción Tesis con el título: **"CUIDADO PARENTAL Y ECOLOGÍA DE FORRAJE DEL BOBO CAFÉ (*Sula leucogaster brewsterii*) EN EL FARALLÓN DE SAN IGNACIO, SINALOA, MÉXICO, EN LA TEMPORADA REPRODUCTIVA 2004"** para obtener la Licenciatura en *Biología*.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director / a de dicho trabajo el/la: **M en C. JOSÉ ALFREDO CASTILLO GUERRERO** y el Asesor/a es el/la: **DR. ERIC MELLINK BIJTEL** y la/el: **M en C. SERGIO GUERRERO VAZQUEZ**.

Sin más por el momento, le envío un caluroso saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Zapopan., 16 de Octubre del 2006.

"2006. Año del Bicentenario del natalicio del Benemérito de las Américas.
Don Benito Juárez García"

DR. CARLOS ÁLVAREZ MOYA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

M en C. ISELA LETICIA ALVAREZ BARAJAS
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

BIBLIOTECA CUCBA

Dr. Carlos Álvarez Moya
 Presidente del Comité de Titulación
 Carrera de Licenciado en Biología
 CUCBA
 Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad tesis con el título: "CIUDAD PATERNAL Y ECOLOGÍA DE FORRAJEO DEL BOBO CAFÉ (*Sula leucogaster brewsterii*) EN EL PARALLÓN DE SAN IGNACIO, SINALOA, MÉXICO, EN LA TEMPORADA REPRODUCTIVA 2004" que realizó el pasante Erik Adrián Peñaloza Padilla con número de código 396393253 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente
 Guadalajara Jalisco
 23 de octubre 2006

Firma
 Nombre
 Director M. C. J. Alfredo Castillo Guerrero

firma
 nombre
 Asesor(es)

Dr. Sergio Guerrero V.
 E. ... Meléndez
 23/10/2006
 24/10/2006
 26/10/2006

Nombre	Firma	Fecha
Dr. Guillermo Parba Calvillo		23/10/2006
M.C. Efraim Gue. Robles J.		24/10/2006
M.C. Oscar Fco. Reyna Bastos		24/10/2006
Supl. Dr. Fco. Martín Huerta Ortiz		26/10/2006

INDICE

INDICE DE TABLAS	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
DEDICATORIA	IX
AGRADECIMIENTOS	X
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	5
Cuidado parental	5
Ecología de forrajeo	6
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVOS	10
General	10
Particulares	10
HIPÓTESIS	10
ÁREA DE ESTUDIO	11
MATERIAL Y MÉTODOS	13
Cuidado parental	13
Dieta	13
Profundidad máxima de buceo	14
Operación de los tubos capilares	14
Principios funcionales y sensibilidad de los tubos capilares	15
Duración de los viajes de forrajeo	16
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	17
RESULTADOS	18
Cuidado Parental	18
Estancia de los padres en el nido	18
Frecuencia de alimentación	19
Tasa de defensa del territorio	21
Ecología de forrajeo	22
Dieta	22

Profundidad máxima de buceo	23
Número de viajes de forrajeo.....	25
Duración de los viajes de forrajeo.....	26
DISCUSION	27
Cuidado parental	27
Estancia de los padres en el nido	27
Alimentación de pollos	28
Defensa de territorio	29
Ecología de forrajeo	30
Dieta	30
Profundidad máxima de buceo	31
Viajes de forrajeo.....	33
CONCLUSIONES	35
LITERATURA CITADA.....	37

INDICE DE TABLAS

Tabla I. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la proporción de tiempo de estancia de adultos de Bobo café en el nido en la isla FSI, Sinaloa. Se resaltan con negritas los casos donde hubo un efecto significativo.....	18
Tabla II. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la frecuencia de alimentación a pollos (por hora de observación) de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa...	20
Tabla III. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la tasa de defensa del territorio (por hora de observación) de adultos anidantes de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.....	21
Tabla IV. Frecuencia de aparición de presas en los regurgitados de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.....	23
Tabla V. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la profundidad máxima de buceo de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.....	24
Tabla VI. ANDEVA de las variables consideradas para explicar el número de viajes por día de los adultos de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.	25
Tabla VII. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la duración de los viajes de forrajeo de los adultos de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.	26

INDICE DE FIGURAS

Fig	Figura 1. Hembra de bobo café (<i>Sula leucogaster brewsterii</i>).....	4
nid		
hor	Figura 2. Hembra y Macho de bobo café.....	4
Fig	Figura 3. Área de estudio.....	12
me	Figura 4. Farallón de san Ignacio (Foto Gonzáles –Bernal 2002).....	12
hoi	Figura 5. Proporción de tiempo dedicada al cuidado del nido (por hora de observación) de adultos de Bobo café, en función de la edad de la nidada, en FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.....	19
	Figura 6. Frecuencia de alimentación a pollos de Bobo café (por hora de observación) en función del sexo y mes en la isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.....	20
	Figura 7. Frecuencia de alimentación a pollos de Bobo café en función del mes de observación y de la edad de la nidada, en isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.....	21
	Figura 8. Tasa de defensa del territorio a nidos de Bobo café (por hora de observación) en función de la edad de la nidada en la isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.....	22
	Figura 9. Distribución de frecuencia en las profundidades máximas de buceo de Bobo café en isla FSI, Sinaloa.....	24

Figura 10. Profundidad máxima de buceo en función del sexo y la edad de la nidada del nido de Bobo café en la Isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%. 25

Figura 11. Duración de los viajes de forrajeo de los adultos de Bobo café en función del mes de observación en la isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%. 26

DEDICATORIA

A mis padres Viviano y Teresa y a mi esposa Isela por su cariño, amor, comprensión y apoyo durante toda la carrera. A mis amigos de licenciatura en especial al Serch, el Barra, y el Miyagui por mencionar algunos, con quienes pase ratos biieeen chéveres y quienes siempre están ahí para levantarme el ánimo. A Luna Quetzalli quien desde el vientre de su madre siempre me alentó para que terminara mi trabajo pero sobre todo por que forman parte esencial de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi Dire, el inche Alfredo quien me dirigió y estuvo al pendiente durante toda la realización del trabajo y por sus muy buenas observaciones, comentarios y buenos ratos en campo, además por adentrarme al mundo de las aves. Al Doc Eric Mellink quien me asesoró en el mismo y quien además se ha portado chido liro. A la Guille quien gracias a ella encontré un lugar para mi servicio social donde fue la realización de esta tesis. Al flaco y su familia quienes me recibieron en su hogar en Culiacán y a todos lo culichis implicados. Al Peri y al Jelipe por apoyo logístico. Al Migue y sus botas pútridas por su asistencia en el trabajo de campo. A mis sinodales los maestros Elva Robles, Guillermo Barba, Oscar Reyna y Martín Huerta y a mi asesor interno Sergio Guerrero por sus aportaciones a este trabajo, consejos recibidos y apoyo en todo momento.

Pero sobre todo agradezco profundamente a los Bobos café por soportarme durante todo la temporada reproductiva.

Solo una cosa más, omito mi agradecimiento a los lobos marinos quienes me hicieron pasar noches de insomnio por sus “berridos” a lo largo de la temporada.

*La época más bella y excitante
es aquella de la que se pasa
de la ignorancia al conocimiento.*

Carl Sagan 1979

RESUMEN

El Bobo café (*Sula leucogaster*) es una especie dimorfica (Hembras 24% más pesadas que los machos). Se han propuesto dos explicaciones ecológicas a este rasgo: 1) La hipótesis de división de labores de crianza y 2) la hipótesis de competencia intersexual por alimento. Se evaluaron simultáneamente algunos componentes de cuidado parental y de la ecología de forrajeo de la especie buscando diferencias intersexuales que apoyaran alguna de las hipótesis. Se midió el tiempo de estancia de los padres en el nido, frecuencia de alimentación a pollos, tasa de defensa del territorio, profundidad máxima de buceo, número y duración de los viajes de forrajeo y se caracterizó la dieta. Sólo se encontró diferencia en la tasa de alimentación; las hembras alimentaron con mayor frecuencia a los pollos solo en el primer mes de estudio. La profundidad máxima de buceo estuvo influenciada por la interacción entre el sexo del padre y edad de la nidada, las hembras con pollos grandes (8 a 12 semanas de edad) bucearon más profundo. El dimorfismo inverso de talla en esta especie parece tener poca relación con la ecología de forrajeo y el cuidado parental, pues las diferencias intersexuales fueron mínimas.

ABSTRACT

The brown boobie it's dimorphic specie (females 24% heavier than males). It has been proposed two ecological explanations to this trait: 1) the hypothesis of the labor division in parental care and 2) the hypothesis of sexual competition for food. Simultaneously evaluate some of the parental care and foraging ecology components of the brown boobie searching for intersexual's differences that support some of the two hypotheses. I measure the time spending on the nest by the parents, feeding frequency, territory defense rate, maximum depth diving, frequency and duration of the foraging trips and diet characterization. Only found differences in the feeding frequency; where the females fed more frequently to the chicks. Also an interaction between the parent's sex and the age of the brood; where the females with larger chicks (8 to 12 weeks of age) dive deeper. The reversed sexual dimorphism in this specie seems to have little relation with foraging ecology and parental care, due to the minimal intersexual differences.

INTRODUCCIÓN

El Bobo café (*Sula leucogaster*) (Figura 1) es una especie de distribución pantropical, y en México la subespecie *S. l. brewsterii* se reproduce a lo largo del Pacífico, incluyendo las islas de San Jorge, Farallón de San Ignacio, San Ildefonso, San Benedicto e islas Revillagigedo, Clipperton, Tres Marías e Isabel (Schreiber y Norton, 2002). En el Golfo de California es una de las aves marinas más numerosas, con cerca de 50,000-60,000 parejas (Mellink, 2000). En la isla Farallón de San Ignacio es un residente común, con una cantidad máxima de parejas anidantes estimada en 1,200 en marzo de 2001 (González-Bernal *et al.*, 2002). El Bobo café es una especie dimórfica, (Figura 2) en la que la hembra mide cerca de 80 cm de largo y tiene una envergadura de aproximadamente 150 cm, mientras que el macho mide 75 cm de largo y 140 cm de envergadura promedio (Nelson, 1978). Las hembras pesan entre 970 y 1480 g y los machos entre 850 y 1200 g (Nelson, 1978; Dorward, 1962; Schreiber y Norton, 2002). Este dimorfismo inverso de talla ha sido tema de debate. En general se han propuesto dos explicaciones a la evolución y mantenimiento de este rasgo: 1) La hipótesis de división de labores que sugiere que los machos y las hembras desempeñan papeles distintos en el cuidado parental y por tanto, la selección natural actúa diferente sobre cada sexo produciendo tamaños corporales distintos, óptimamente adaptados para su papel particular (Nelson, 1978; Guerra y Drummond, 1995) y 2) la hipótesis de competencia intersexual que propone que la diferencia en el tamaño evolucionó de la división del nicho entre los sexos, como un mecanismo para reducir la competencia intersexual por alimento (Lewis *et al.*, 2005).

En este trabajo se aportan datos sobre el cuidado parental (tiempo de estancia en el nido, tasa de alimentación y de agresión) y hábitos de forrajeo (dieta, profundidad

máxima de buceo, cantidad y duración de los viajes de forrajeo) del Bobo café en el Farallón de San Ignacio, tratando de detectar diferencias entre sexos que pudieran apoyar alguna de las hipótesis mencionadas.



Figura 1. Hembra de bobo café (*Sula leucogaster brewsterii*)



Figura 2. Hembra y Macho de bobo café

ANTECEDENTES

Cuidado parental

El término “parental” se refiere a los padres. La monogamia social con cuidado biparental de los pollos es el sistema reproductivo predominante en los Bobos (Nelson, 1978). En el Bobo café la inversión parental es elevada y los pollos alcanzan la edad de vuelo a los 110 días. Sin embargo, siguen siendo alimentados por los padres, aun después de 3 a 8 semanas de la edad en que iniciaron el vuelo. Durante el período post-primer vuelo, los pollos permanecen fuera por largo tiempo, mientras aprenden a alimentarse por su cuenta (Schreiber y Norton, 2002). Se ha sugerido que durante la época de crianza los padres pueden tener una división de labores, que puede ser responsable del dimorfismo observado en la especie. Esta hipótesis propone que machos y hembras realizan actividades diferentes durante el periodo de crianza, de manera que la selección natural actúa de manera distinta en cada sexo, produciendo tamaños corporales óptimos diferentes en función del papel desempeñado (Nelson, 1978; Guerra y Drummond, 1995).

Se han realizado estudios sobre diferentes aspectos del cuidado parental en cuatro especies de pájaros Bobo. En los Bobos de Nazca (*Sula grantii*), café (*S. leucogaster*), de patas azules (*S. nebouxii*) y de patas rojas (*S. sula*) la tasa de alimentación y la cantidad de alimento acarreado por los padres varía entre sexos y no es concordante con la diferencia de masa entre los mismos. Cuando la demanda de alimento es baja, machos y hembras acarrean cantidades similares de alimento, pero cuando la demanda de alimento es alta, la hembra de Bobo de patas azules provee de dos a cinco veces más alimento que el macho (Anderson y Ricklefs, 1992; Guerra y Drummond, 1995). Cuando la demanda de alimento es alta, la hembra de Bobo café provee hasta 4 veces

más que el macho (Tershy y Croll, 2000), pero la del Bobo de Nazca provee solo 1.2 veces más (Anderson y Ricklefs, 1992).

En los Bobos café en la isla de San Pedro Mártir la inversión parental fue similar entre sexos. Las hembras estuvieron presentes en el 49.5% y machos un 50.5% del periodo de incubación. Después de la puesta de huevos las hembras y los machos contribuyeron igualmente en la defensa del territorio (Tershy y Croll, 2000). Las hembras entregaron cargas de alimento mayores a los pollos y fueron responsables de un 70% de la entrega de alimento al pollo durante el día (Tershy y Croll, 2000). Es decir, hubo una división de labores mínima, no concordante con el dimorfismo.

Estos estudios sobre la posible influencia de la división de labores en el dimorfismo inverso de talla en pájaros Bobo han sido muy puntuales y en algunos casos demasiado breves. Los estudios se han enfocado en alguno de los dos posibles mecanismos y se hacen inferencias sobre la parte no evaluada, es decir, las hipótesis de división de labores y diferencias en el forrajeo nunca se han contrastado al mismo tiempo (e.g. Lormee *et al.*, 2005 y Lewis *et al.*, 2005).

Ecología de forrajeo

Según el diccionario Santillana de la lengua española (1993) "forrajeo" significa "recolección de pasto verde o seco para alimentar ganado". Sin embargo, en el presente trabajo se utilizará para referirse a los hábitos de búsqueda de alimento, ya que en ornitología es utilizado como tal.

Los Bobos café pueden alimentarse en mar abierto o en aguas costeras y forrajean tanto solos como en bandadas multiespecíficas (Schreiber y Norton, 2002). Sus presas principales son peces voladores (Exocoetidae), calamares (Ommastrephidae), algunos miembros de las familias Carangidae y Mullidae (Harrison *et al.*, 1984; Mellink *et al.*,

2001), así como especies de importancia pesquera como sardina (*Sardinops caeruleus* y *S. sagax*) y anchoveta (*Engraulis mordax*) (Pérez *et al.*, 1996; Harrison *et al.*, 1984; Mellink *et al.*, 2001; Nelson, 1978; Dorward, 1962; Schreiber y Norton, 2002; Ballance y Pitman, 1999). Sin embargo, hay una notable variación en la composición de presas entre localidades (sensu Mellink *et al.*, 2001; Pérez *et al.*, 1996; Harrison *et al.*, 1984; Dorward, 1962; Nelson, 1978; Ballance y Pitman, 1999). De hecho, en el Atolón de Jhonston y la isla Navidad la dieta es más diversa durante los eventos del Niño (Schreiber y Norton, 2002).

La técnica de alimentación en los sulidos consiste en ganar inercia mediante caída en picada para penetrar en la columna de agua y obtener sus presas por medio de buceos someros, rápidos y relativamente verticales (Garthe *et al.*, 2000). En el Bobo café la altura de la caída puede variar entre 1 y 15 m, con un promedio de 4.0 m (Schreiber y Norton, 2002; Pitman y Ballance, 1993) y realiza zambullidas superficiales en ángulos estrechos en relación con la superficie (Schreiber y Norton, 2002). La profundidad que los sulidos alcanzan durante su alimentación es variable. Por ejemplo, en los alcatraces del norte (*Sula bassana*) la profundidad promedio fue 4.6 m y la máxima 22 m, variando en función del tipo de buceo y del tipo de presa (Garthe *et al.*, 2000). En los Bobos de patas azules (*Sula nebouxii*) la profundidad máxima promedio fue de 4.58 m, variando entre 1.25 y 11.34 m (Castillo-Guerrero, 2003).

El Bobo café sigue una estrategia de alimentación que varía entre vuelos al ras de la superficie del mar, a buceos de 2 m de profundidad, utilizando en ocasiones sus patas o alas para propulsarse al perseguir presas bajo el agua (Schreiber y Norton, 2002; Garthe *et al.*, 2000). En la Isla San Jorge la profundidad máxima alcanzada por la mayoría de los individuos de *S. leucogaster* en las temporadas 2003 y 2004 osciló entre

0 y 4 m (Suazo-Guillén, 2004) y la profundidad promedio en el Atolón de Jhonston fue de 0.9 m para los machos y 0.8 m las hembras (Lewis *et al.*, 2005).

En los Bobos se cree que la hembra más pesada y grande puede bucear más profundo que los machos y se ha tratado de relacionar el dimorfismo sexual con el intervalo de forrajeo ó distribución en el mar (Gilardi, 1992; Lewis *et al.*, 2005). En el Atolón de Jhonston se encontró que las hembras duraron menos tiempo en los viajes de forrajeo que los machos, sugiriendo que viajan una distancia menor (Lewis *et al.*, 2005). Por lo contrario, en la isla Clipperton los machos predominaron dentro de los 36.8 km de la colonia y las hembras fueron más allá de los 73.6 km (Gilardi, 1992). En isla San Jorge se encontró que durante las temporadas reproductivas del 2003 y 2004, las hembras bucearon más profundo que los machos (Suazo-Guillén, 2004). Sin embargo, en otra localidad el patrón fue inverso aunque sin diferencias significativas (Lewis *et al.*, 2005). En el presente estudio se aportan datos adicionales que pueden ayudar a esclarecer si existe una relación entre el forrajeo y el dimorfismo de talla en la especie.

JUSTIFICACIÓN

La importancia del trabajo radica en que este es el primer trabajo en el que se han contrastado al mismo tiempo datos de toda la temporada reproductiva del cuidado parental (tiempo de estancia en el nido, tasa de alimentación y de agresión) y de hábitos de forrajeo (dieta, profundidad máxima de buceo, cantidad y duración de los viajes de forrajeo) del bobo café para detectar si existen diferencias entre sexos y comparar resultados entre localidades para esclarecer el mecanismo que llevo al dimorfismo inverso de talla (DIT) en la especie, enfocándonos particularmente en las hipótesis ecológicas de división de labores y de competencia intersexual.

OBJETIVOS

General

- Determinar los patrones de cuidado parental y ecología de forrajeo del Bobo café (*S. l. brewsterii*) en el Farallón de San Ignacio, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2004.

Particulares

- Estimar los patrones de cuidado parental (estancia en nido y tasa de alimentación) del Bobo café en el Farallón de San Ignacio durante la temporada reproductiva 2004.
- Caracterizar algunos aspectos de la ecología de forrajeo del Bobo café (profundidad máxima de buceo, dieta, número de viajes realizados por día y duración de los viajes).
- Establecer si existen diferencias entre sexos en el cuidado parental y la ecología de forrajeo del Bobo café (*S. l. brewsterii*) en Farallón de San Ignacio durante la temporada reproductiva 2004.

HIPÓTESIS

- Debido a las diferencias en tamaño corporal hay una división de labores entre sexos, las hembras se encargan principalmente de la alimentación del pollo y los machos del cuidado y defensa del territorio.
- Debido a la técnica de alimentación que usan los sulidos, las hembras, al tener mayor masa corporal alcanzan mayores profundidades al bucear. Es decir, las hembras tienen una amplitud mayor de nicho alimentario.
- A medida que avanza la temporada aumenta la necesidad de realizar buceos profundos y viajes más largos, por la reducción en la disponibilidad de presas (debido a la depredación continua de los padres y al incremento en la demanda de alimento por parte de los pollos).



Figura 3. Área de estudio

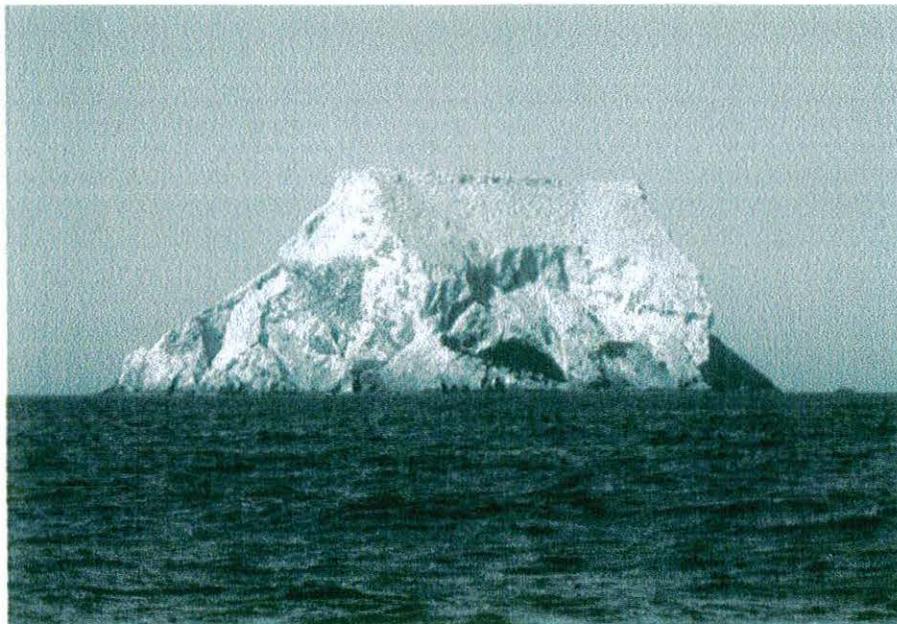


Figura 4. Farallón de san Ignacio (Foto Gonzáles –Bernal 2002)

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron 8 salidas de campo entre febrero y mayo de 2004. Cada una constó de cinco días efectivos de campo.

Cuidado parental

Para estudiar el cuidado parental se efectuaron observaciones focales en nidos de *S. l. brewsterii* seleccionados desde un punto fijo a una distancia de entre 5 y 10 m, distancia a la que no afecta el comportamiento normal de las aves. Las observaciones fueron realizadas en sesiones de 4-5 horas divididas en los diferentes periodos del día (mañana, mediodía y tarde). Durante las observaciones se registró el contenido del nido, el sexo del ave que incubaba ó cuidaba, edad del pollo (si contenía), agresión ó defensa del nido, tiempo sobre el nido o pollo por hora de observación, duración de los viajes de forrajeo y tasa de alimentación a los pollos (número de veces por hora de observación). Se utilizaron binoculares 10 X 50 para revisar si el pollo estaba siendo alimentado ó no. El tiempo de observación de nidos individuales fue de cuando menos 60 horas por cada visita.

Dieta

Durante todas las visitas se capturaron aves en las diferentes secciones de la colonia. Se les colocó en posición vertical y se les agitó la cabeza gentilmente tratando de que regurgitaran. Además, cuando regurgitaban durante su manejo para otras actividades ó durante la estancia en la colonia se colectó el regurgitado. Cada regurgitado se fijó con formol al 10% y se etiquetó con los siguientes datos: localidad, fecha y sexo del ave. Las presas contenidas fueron identificadas en laboratorio y se midió su longitud y altura cuando el grado de digestión lo permitió.

Profundidad máxima de buceo

Para determinar la profundidad máxima de buceo se capturaron individuos de Bobo café y se les colocaron tubos capilares de plástico flexible de aproximadamente 150 mm de largo y 0.8 mm de diámetro interno, revestidos con un polvo soluble (azúcar glass) y sellados en uno de sus extremos (Burger y Wilson, 1988).

Para la captura se utilizó una red de golpeo de 50 cm de diámetro con un mango de 1 m de largo. Se seleccionaron individuos aleatoriamente con nidos establecidos. El tubo capilar se colocó debajo de una de las plumas retrices y se sujetó con cinta adhesiva a prueba de agua. Los tubos capilares se recuperaron después de 24 h. De febrero a mayo de 2004 se colocaron 62 tubos capilares, 30 en hembras y 32 en machos.

Operación de los tubos capilares.

Durante el buceo el agua entra al tubo por presión hidrostática, comprimiendo el volumen de aire dentro del mismo y disolviendo el polvo soluble de las paredes. El volumen de aire comprimido varía inversamente a la presión hidrostática (con el incremento de la profundidad). Cuando el ave regresa a la superficie el agua sale del tubo, dejando una línea en el punto máximo de compresión. A partir de este, se calcula la profundidad máxima de buceo por la ecuación $dm = 10.08 ((Ls/Ld) - 1)$; donde dm es la profundidad máxima en metros, 10.08 es el peso de una columna de agua equivalente a 1 atm de presión, Ls es la longitud total del capilar y Ld es la longitud del tubo con azúcar sin disolver (Burger y Wilson, 1988).

Principios funcionales y sensibilidad de los tubos capilares.

La compresión del aire dentro de los tubos sigue la siguiente ley de los gases:

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2 \quad (1)$$

Donde P, V y T representan presión (en atmósferas), volumen (cm³) y temperatura (°K) respectivamente. Los efectos de la temperatura pueden considerarse mínimos si los buceos son cortos, si se minimiza el tiempo de estancia y si se colocan en zonas no expuestas al sol, de manera que sus efectos pueden ser omitidos en la ecuación (1), que, dado que el diámetro es homogéneo a lo largo del tubo puede ser modificada para determinar cambios en la longitud (L) de la columna de aire en el tubo:

$$P_s L_s = P_d L_d \quad (2)$$

Donde P_s es la presión en la superficie del agua (1 Atm), L_s es la longitud original de la columna de aire en la superficie, y P_d y L_d son la presión y longitud de la columna de aire a la profundidad "d" respectivamente. La longitud del aire que permanece (L_d) a la profundidad "d" puede ser determinado por la longitud del indicador no disuelto dentro del tubo. En el agua marina, la presión se incrementa 1 atm por cada 10.08 m de incremento en la profundidad, en adición a 1 atm. de la superficie. La presión a la profundidad "d" es entonces $1 + d / 10.08$, de manera que la ecuación (2) puede ser modificada para predecir la profundidad de la siguiente manera:

$$d \text{ m} = 10.08 ((L_s / L_d) - 1)$$

Donde L_s es la longitud total del tubo capilar, L_d = es la longitud de la marca del indicador después de sumergirse.

Las diferencias entre profundidades reales y las estimadas es de menos del 3 %, con inmersiones de hasta 140 m de profundidad. En inmersiones múltiples los errores usualmente son menores a 10% y siempre menores a 25%. La exactitud no se ve afectada por la profundidad, duración, tasa de descenso ó movimientos bajo el agua (Burger y Wilson, 1988). Los datos obtenidos por medio de tubos capilares comparan favorablemente con los obtenidos con TDRs (time-depth recorders) (Hedd *et al.*, 1997) y los capilares se han utilizado en estudios con petreles (Chastel y Bried, 1996; Mougín y Mougín, 2000; Bocher *et al.*, 2000), albatros (Hedd *et al.*, 1997), alcatraces (Garthe *et al.*, 2000), pardelas (Keitt *et al.*, 2000; Burger, 2001), álcidos y cormoranes (Barret y Furness, 1990), y súlidos y rabijuncos (Le Corre, 1997).

Duración de los viajes de forrajeo

Se realizaron recorridos de revisión de nidos elegidos a intervalos de una hora durante 13 horas, iniciando a las 0600 hrs y terminando a las 1900 hrs. En cada revisión se registró la presencia y el sexo del padre que cuidaba del nido. Además durante las observaciones de cuidado parental se tomaron datos de la duración de los viajes.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el cuidado parental se realizaron dos análisis de varianza (ANDEVA) de tres vías analizando: 1) el tiempo de permanencia de los padres en el nido usando como factores independientes la edad de la nidada, el sexo del padre y el mes de observación y 2) la frecuencia de alimentación por parte de los padres utilizando los mismos factores independientes. Para el análisis de la tasa de defensa del territorio se realizó un ANDEVA de dos vías usando como factores independientes el sexo del padre y la edad de la nidada.

Para comparar la composición y proporción de la dieta entre sexos se usó una tabla de contingencia con prueba X^2 . Para el análisis de la profundidad máxima de buceo, número de viajes de forrajeo y duración de los viajes de forrajeo se realizó un ANDEVA de tres vías para cada uno utilizando como factores independientes el mes de observación, sexo del padre y la edad de la nidada.

Todas las pruebas se realizaron con un $\alpha = 0.05$. A los datos expresados como porcentaje se les aplicó la transformación Arcoseno. Los análisis y las gráficas presentadas fueron realizados por medio del software Statistica 6.0.

RESULTADOS

Cuidado Parental

Estancia de los padres en el nido

Hubo un efecto de la edad de la nidada y una interacción entre las tres variables consideradas sobre la proporción de tiempo que los padres pasaron cerca del nido (Tabla I). En general, la proporción de tiempo en el nido por parte de los padres disminuyó con el incremento en la edad de los pollos (Figura 5). En la interacción no se observó un patrón claro y parece ser producto del tamaño bajo de muestra (El número total de horas de observación fue de 630. Sin embargo no se obtuvieron datos de marzo de nidos con pollos de 0-30 días, ni de abril de nidos con pollos de 46-75 días).

Tabla I. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la proporción de tiempo de estancia de adultos de Bobo café en el nido en la isla FSI, Sinaloa. Se resaltan con negritas los casos donde hubo un efecto significativo.

<i>Variable</i>	<i>g.l.</i>	<i>CM efecto</i>	<i>g.l. error</i>	<i>CM error</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Edad de la nidada	6	19960.97	7.2127	3793.31	5.2621	0.02
Sexo	1	1559.98	1.8941	16964.25	0.0919	0.79
Mes	2	14526.99	0.3132	5568.55	2.6087	0.63
Edad*Sexo	6	8640.48	8.7019	10997.56	0.7856	0.60
Edad*mes	8	2284.96	8.0000	8064.41	0.2833	0.95
Sexo*mes	2	12997.58	7.4277	9989.64	1.3011	0.32
Edad*sexo*mes	8	8063.73	647.0000	1321.87	6.1002	0.00

ÁREA DE ESTUDIO.

El Farallón de San Ignacio (FSI; 27° 35' N y 103° 23' W) es una pequeña isla rocosa, escarpada y desprovista de vegetación que se encuentra en el sureste del Golfo de California, aproximadamente a 36 km del puerto de Topolobampo, Sinaloa (Figuras 3 y 4). Mide 142 m de altura, de paredes casi verticales y con una cumbre relativamente plana. Tiene una extensión aproximada de 500 m² en la base y 250 m² en la parte más alta (González-Bernal *et al.*, 2002). El océano que rodea la isla puede llegar a tener una profundidad de hasta 3 km (Gutiérrez, 2003). La temperatura media anual es superior a los 22°C, con una oscilación térmica superior a los 14°C y temperaturas inferiores a los 18°C durante el invierno. La precipitación pluvial anual es de 310.5 mm, con un periodo de lluvias en verano, principalmente durante agosto (Anónimo en Gutiérrez, 2003). Las aves de la isla se han estudiado pobremente, aunque en el pasado se extrajo su guano. Esta isla alberga una de las dos colonias más importantes de rabijunco (*Phaethon aethereus*) en el Golfo de California y tiene colonias importantes de Bobo de patas azules (*Sula nebouxii*), Bobo café (*Sula leucogaster*) y gaviota ploma (*Larus hermannii*), además de una pequeña colonia de cormoranes (*Phalacrocorax auritus*) (González-Bernal *et al.*, 2002). Los Bobos café anidan principalmente en las zonas escarpadas y acantilados de la isla.

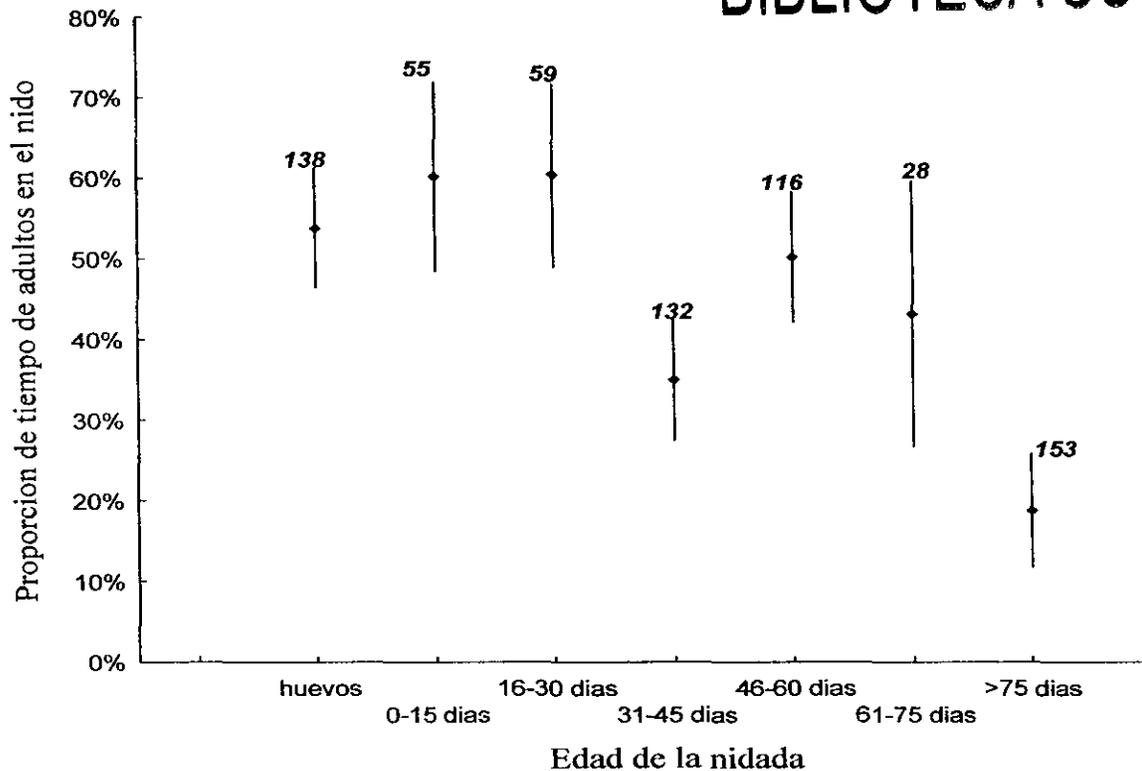


Figura 5. Proporción de tiempo dedicada al cuidado del nido (por hora de observación) de adultos de Bobo café, en función de la edad de la nidada, en FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.

Frecuencia de alimentación

La frecuencia de alimentación a pollos fue afectada por el mes, el sexo del padre, las interacciones entre mes y sexo y entre mes y edad de la nidada, y la interacción triple entre todos los factores considerados (Tabla II). En general, las hembras alimentaron con mayor frecuencia a los pollos, excepto durante el mes de abril (Figura 6). Con respecto al mes, la frecuencia de alimentación disminuyó con el transcurrir de la temporada, particularmente por parte de las hembras (Figura 6). En la interacción entre el mes y la edad de la nidada se observó que la frecuencia de alimentación se mantuvo constante en pollos chicos (0-30 días de edad), mientras que decreció de febrero a abril en pollos mayores (Figura 7).

Tabla II. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la frecuencia de alimentación a pollos (por hora de observación) de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.

Variable	g.l.	CM efecto	g.l. error	CM error	F	p
Mes	2	0.2494	518	0.0650	3.8369	0.0221
Sexo	1	0.8076	518	0.0650	12.425	0.0004
Edad de la nidada	5	0.0491	518	0.0650	0.7568	0.5812
Mes*Sexo	2	0.2781	518	0.0650	4.2791	0.0143
Mes*Edad	6	0.2026	518	0.0650	3.1173	0.0052
Sexo*Edad	5	0.0194	518	0.0650	0.2991	0.9132
Mes*Sexo*Edad	6	0.1378	518	0.0650	2.1213	0.0494

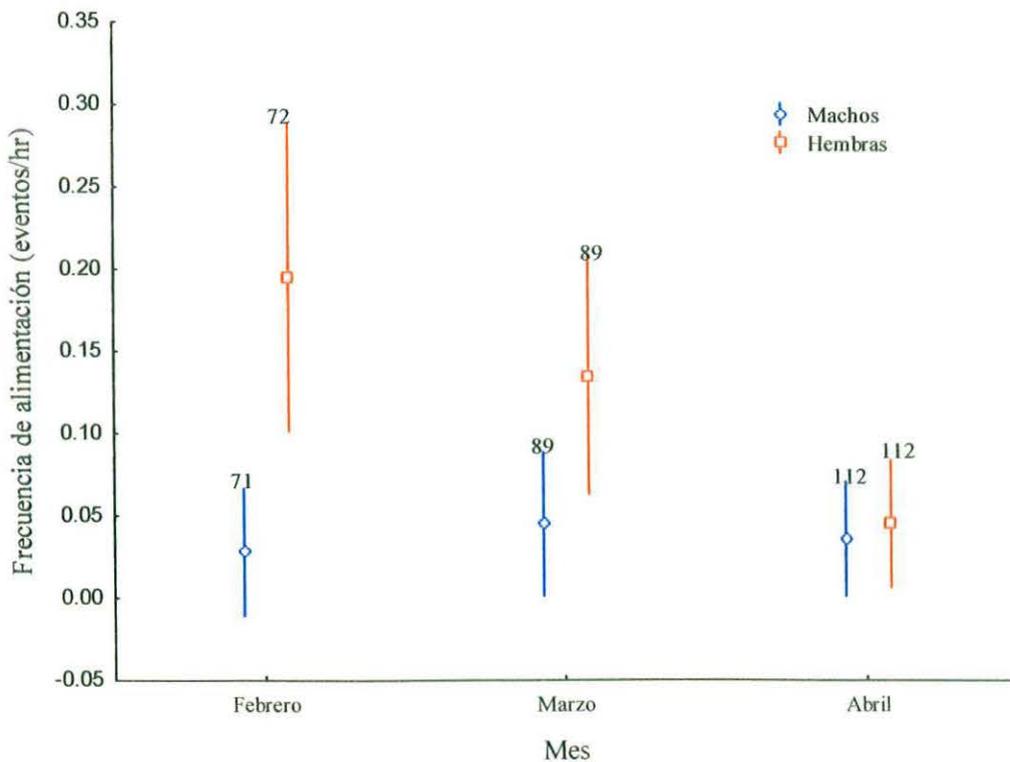


Figura 6. Frecuencia de alimentación a pollos de Bobo café (por hora de observación) en función del sexo y mes en la isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.

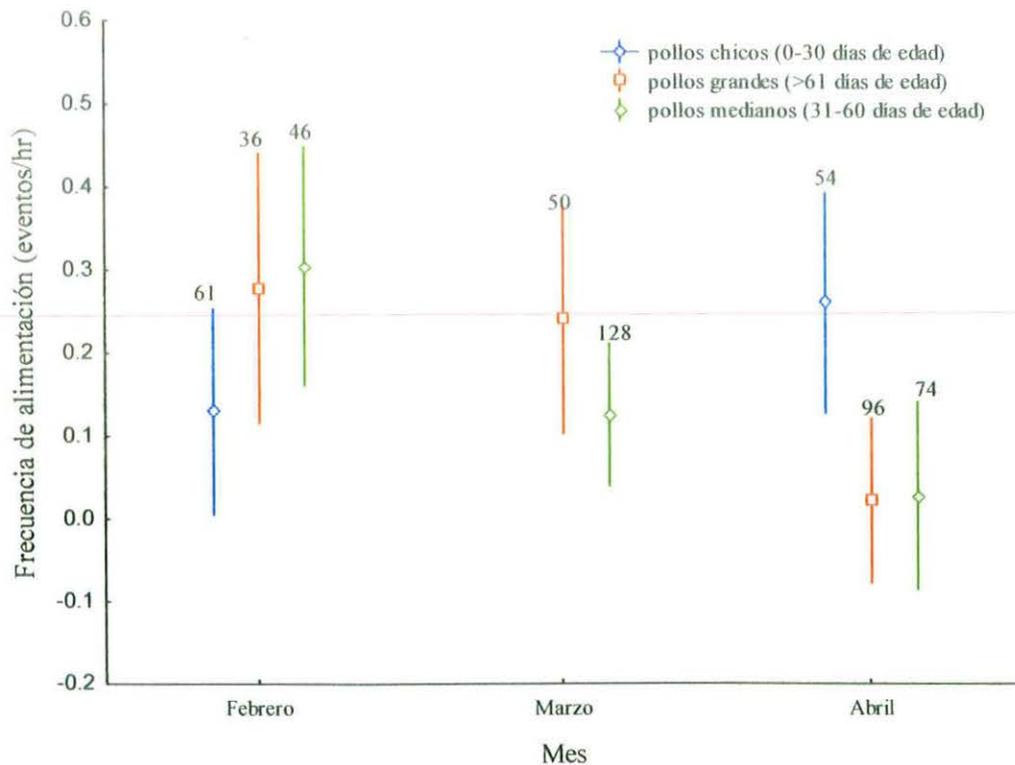


Figura 7. Frecuencia de alimentación a pollos de Bobo café en función del mes de observación y de la edad de la nidada, en isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.

Tasa de defensa del territorio

La tasa de defensa del territorio fue similar entre sexos, pero se vió influida por la edad de la nidada (Tabla III). La defensa del territorio se mantuvo relativamente constante, excepto en los nidos con pollos de 16 a 30 días de edad donde fue considerablemente mayor (Figura 8).

Tabla III. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la tasa de defensa del territorio (por hora de observación) de adultos anidantes de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.

Variable	<i>g.l.</i>	<i>CM efecto</i>	<i>g.l. error</i>	<i>CM error</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Edad de la nidada	6	0.3564	670	0.0824	4.3253	0.0002
Sexo	1	0.0395	670	0.0824	0.4797	0.4887
Edad *sexo	6	0.1047	670	0.0824	1.2707	0.2685

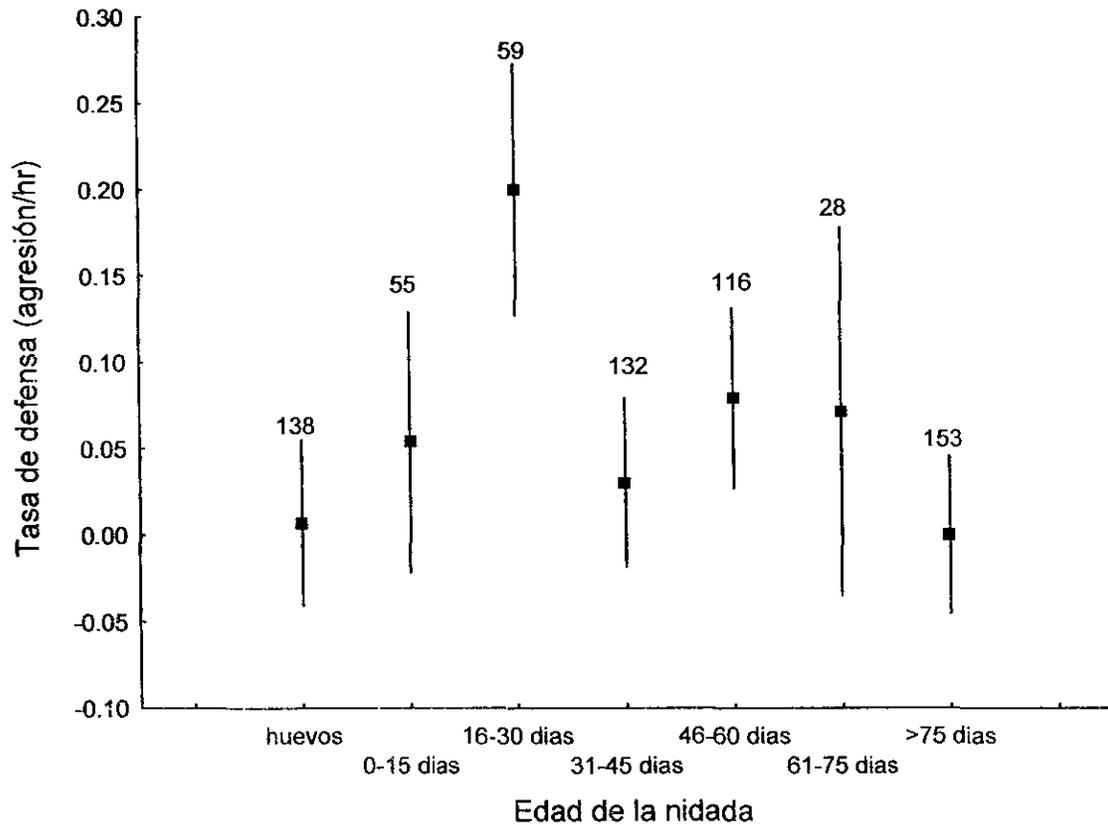


Figura 8. Tasa de defensa del territorio a nidos de Bobo café (por hora de observación) en función de la edad de la nidada en la isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.

Ecología de forrajeo

Dieta

En total se obtuvieron 35 muestras de regurgitados. Las presas contenidas en las muestras correspondieron a 12 especies de peces. Las proporciones de presas consumidas fueron similares entre machos y hembras ($X^2= 14.27$, 10 g.l., $P > 0.05$). Las presas más importantes fueron *Cetengraulis mysticetus* y *Fistularia corneta* (Tabla IV).

Tabla IV. Frecuencia de aparición de presas en los regurgitados de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.

<i>Presa</i>	<i>Hembra</i>	<i>Macho</i>	<i>Indeterminado</i>	Total
<i>Cetengraulis mysticetus</i>	3	7	0	10
<i>Fistularia corneta</i>	3	1	0	4
<i>Decapterus macrosoma</i>	3	0	0	3
<i>Hemiramphus saltator</i>	0	3	0	3
<i>Opisthonema libertate</i>	1	2	0	3
<i>Scomber australasicus</i>	2	1	0	3
<i>Engrulis mordax</i>	2	0	0	2
<i>Anchoa analis</i>	0	1	0	1
<i>Benthoosema panamense</i>	0	1	0	1
<i>Mugil cephalus</i>	1	0	0	1
<i>Oligoplites refulgens</i>	0	0	1	1
<i>Vinciguerra sp.</i>	1	0	0	1
No identificados	1	0	1	2
Total general	17	16	2	35

Profundidad máxima de buceo

No se encontraron diferencias significativas entre sexos en la profundidad máxima de buceo, que, en promedio, fue 3.23 m para las hembras (n=30 rango= 0.73-12.12 m) y 3.07 m para los machos (n= 32 rango= 0.92-9.37 m). La mayoría de los buceos ocurrieron entre los 2 y 3 m de profundidad (Figura 9). Tampoco hubo diferencias entre meses en esta variable, pero si se encontró un efecto de la interacción del sexo del adulto y la edad de la nidada. Las hembras con pollos grandes (8-12 sem.) bucearon más profundo (Tabla V, Figura 10).

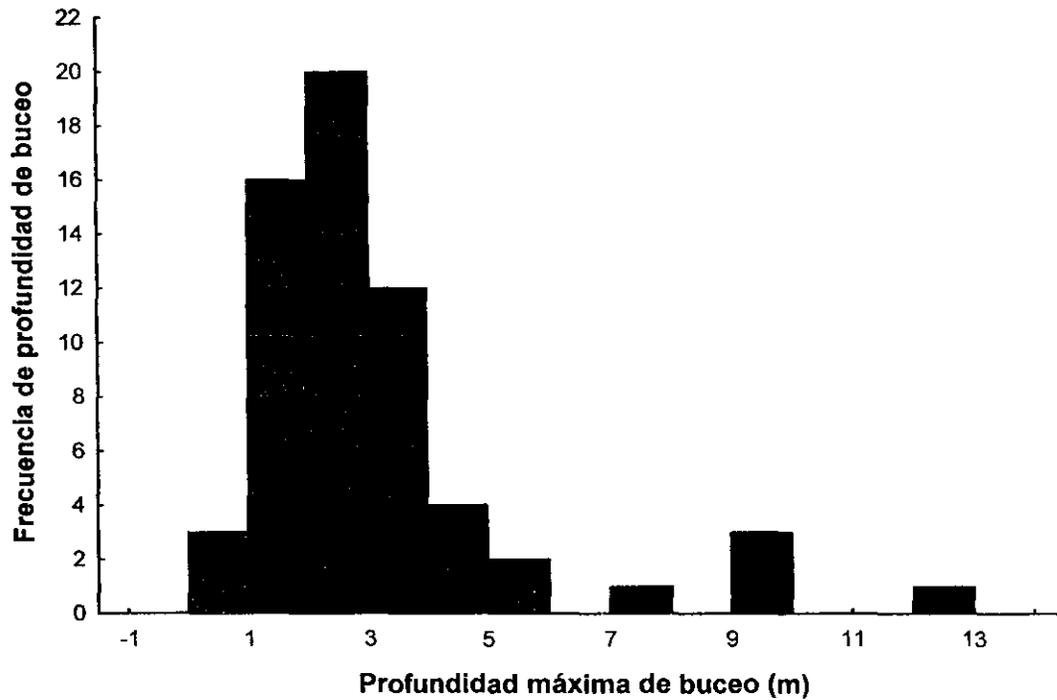


Figura 9. Distribución de frecuencia en las profundidades máximas de buceo de Bobo café en isla FSI, Sinaloa.

Tabla V. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la profundidad máxima de buceo de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.

<i>Variable</i>	<i>g.l.</i>	<i>CM efecto</i>	<i>g.l. error</i>	<i>CM error</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Sexo	1	0.2226	44	3.2198	0.0691	0.7937
Mes	2	9.4358	44	3.2198	2.9305	0.0638
Edad de la nidada	3	8.7207	44	3.2198	2.7084	0.0565
Sexo*Mes	2	5.6490	44	3.2198	1.7544	0.1848
Sexo*Edad de la nidada	3	30.4673	44	3.2198	9.4624	0.0000
Mes* Edad de la nidada	4	2.1200	44	3.2198	0.6584	0.6241
Sexo*Mes* Edad de la nidada	1	0.0027	44	3.2198	0.0008	0.9769

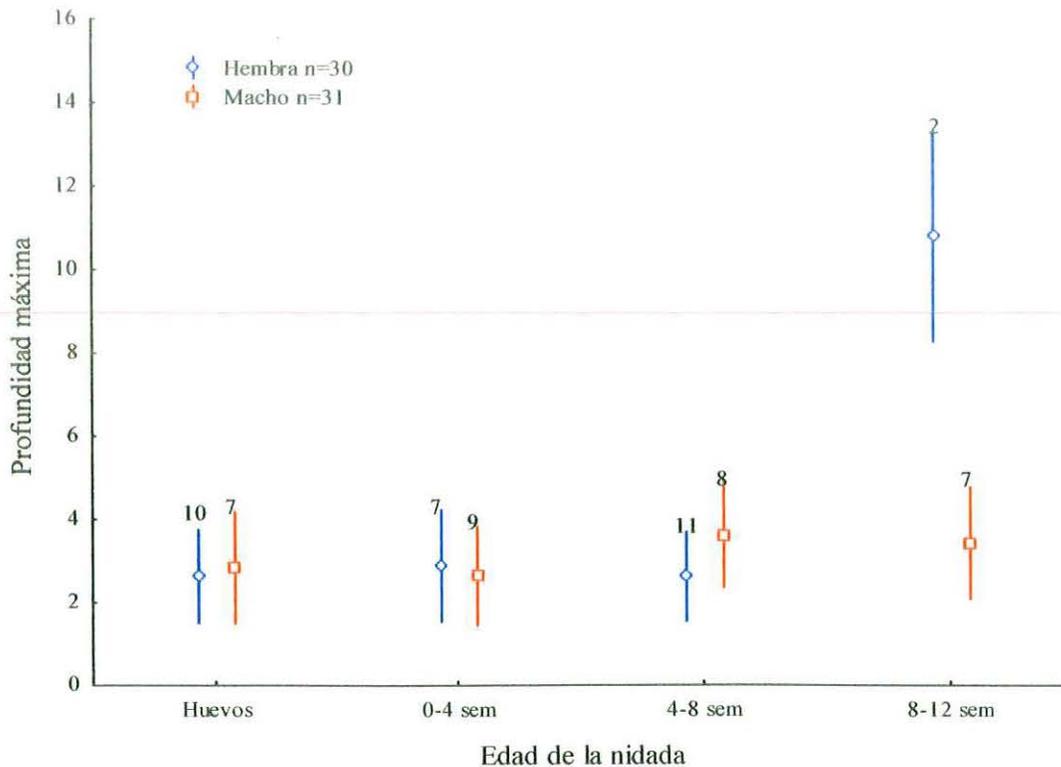


Figura 10. Profundidad máxima de buceo en función del sexo y la edad de la nidada del nido de Bobo café en la Isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.

Número de viajes de forrajeo

No se encontró un efecto significativo en ninguna de las variables consideradas para el número de viajes por día de observación (Tabla VI) (Machos n=52, hembras n=53).

Tabla VI. ANDEVA de las variables consideradas para explicar el número de viajes por día de los adultos de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.

Variable	g.l.	CM efecto	g.l. error	CM error	F	p
Mes	1	0.0011	40	0.7652	0.0014	0.9696
Sexo	1	0.0172	40	0.7652	0.0225	0.8814
Edad de la nidada	6	1.6155	40	0.7652	2.1110	0.0732
Mes *Sexo	1	0.1530	40	0.7652	0.1999	0.6571
Mes* Edad de la nidada	1	0.1428	40	0.7652	0.1866	0.6680
Sexo* Edad de la nidada	6	0.3217	40	0.7652	0.4204	0.8610
Mes*Sexo* Edad de la nidada	1	0.5714	40	0.7652	0.7466	0.3926

Duración de los viajes de forrajeo

Hubo un efecto del mes de observación en la duración de los viajes de forrajeo (Tabla VII). Con el transcurrir de la temporada la duración de los viajes se incrementó (Figura 11).

Tabla VII. ANDEVA de las variables consideradas para explicar la duración de los viajes de forrajeo de los adultos de Bobo café en la isla FSI, Sinaloa.

Variable	g.l.	CM efecto	g.l. error	CM error	F	p
Mes	1	121.2785	82	14.5738	8.3216	0.0050
Edad de la nidada	6	22.6443	82	14.5738	1.5537	0.1712
Sexo	1	9.2600	82	14.5738	0.6353	0.4276
Mes*Edad de la nidada	1	0.4155	82	14.5738	0.0285	0.8663
Mes*Sexo	1	0.1823	82	14.5738	0.0125	0.9112
Edad de la nidada*Sexo	5	9.3556	82	14.5738	0.6419	0.6683
Mes* Edad de la nidada*Sexo	1	44.8048	82	14.5738	3.0743	0.0832

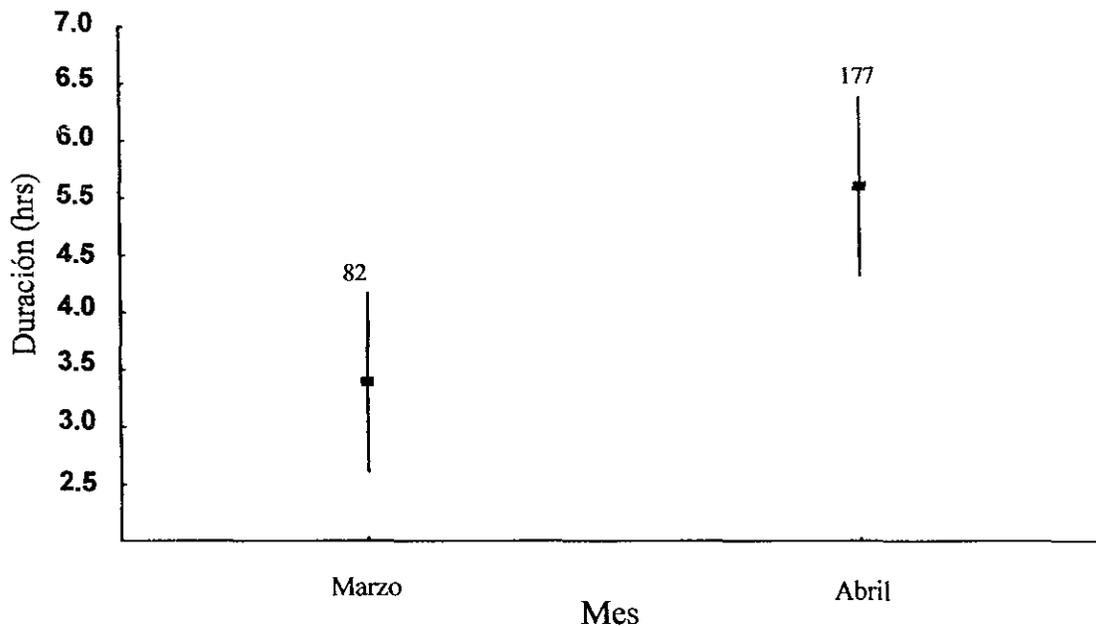


Figura 11. Duración de los viajes de forrajeo de los adultos de Bobo café en función del mes de observación en la isla FSI, Sinaloa. Los números sobre cada línea muestran las horas de observación. Se muestra la media y el intervalo de confianza al 95%.

DISCUSION

Cuidado parental

Estancia de los padres en el nido

No hubo diferencias intersexuales en la permanencia de los padres al cuidado del nido. Esto concuerda con lo reportado previamente para la misma especie en San Pedro Mártir (Tershy y Croll, 2000) y para otras especies de la familia como *Sula nebouxii* (Guerra y Drummond, 1995; Castillo-Guerrero, 2004) y *S. sula* (Lormee *et al.*, 2005). La estrategia de crianza de la familia Sulidae requiere de un periodo extenso de cuidado biparental (Nelson, 1978; Tershy y Croll, 2000), debido a que los huevos y pollos están expuestos a depredación, de manera que los padres salen por turnos en busca de alimento compartiendo las tareas de la crianza.

En ciertos años las hembras de Bobo café, de patas azules y de Bobo de patas rojas dedican más tiempo al cuidado del nido en el periodo de incubación (Suazo-Guillén, 2004; Guerra y Drummond, 1995; Lormee *et al.*, 2005). Esto sugiere que bajo ciertas condiciones una mayor masa corporal significa una mayor reserva de energía que puede ser utilizada para soportar mejor la inanición durante el cuidado del nido (Lormee *et al.*, 2005). Esto se ha sugerido para los Bobos de patas azules con base en observaciones de regulación de masa corporal bajo diferentes esfuerzos de crianza, ya que el esfuerzo de crianza de los machos se mantiene al máximo mientras que las hembras son más flexibles en su inversión parental aparentando tener un amortiguador en la regulación de su masa corporal (Velandy y Alonso-Álvarez, 2003). Sin embargo, tales diferencias no son consistentes: Se observan solo en periodos cortos de tiempo y no se mantienen entre años ni entre diferentes colonias. Es decir, el patrón generalizado es el cuidado biparental en proporciones similares.

La edad de la nidada fue el único factor que afectó la proporción de tiempo dedicada al cuidado del nido por parte de los padres. En general, el tiempo de estancia de los padres en el nido disminuyó a medida que el pollo creció, sin diferencias entre sexos. Este patrón se ha reportado previamente para el Bobo café y otros súlidos (Nelson, 1978; Guerra y Drummond, 1995; Suazo-Guillén, 2004), pues los pollos cada vez mayores demandan una mayor cantidad de alimento y son menos vulnerables a la depredación (Guerra y Drummond, 1995; Robinson *et al.*, 2001), de manera que los padres disminuyen su tiempo de estancia a favor de un mayor esfuerzo en el forrajeo para cubrir la demanda creciente de alimento por parte de los pollos.

Alimentación de pollos

En el FSI las hembras de *S. leucogaster* alimentaron más frecuentemente a los pollos solo en el primer mes de observación y la frecuencia de alimentación por los padres de ambos sexos disminuyó con el transcurrir de la temporada. Esto es similar a lo documentado en el Bobo café en otras localidades (Tershy y Croll, 2000; Simmons, 1970 en Gilardi, 1992) y el Bobo de patas azules (Anderson y Ricklefs, 1992; Guerra y Drummond, 1995; Castillo-Guerrero, 2004), en los que se observaron pocas diferencias intersexuales en la tasa de alimentación, aunque hacia el final del período de crianza la masa acarreada por la hembra es mucho mayor que la del macho. En *S. sula* la frecuencia de alimentación a pollos fue también similar, pero los machos exhibieron una relación positiva entre la duración del viaje y la probabilidad de alimentación al pollo (Lormee *et al.*, 2005). En general las diferencias intersexuales en el cuidado parental en la familia Sulidae son pequeñas, por lo que se ha sugerido que si existiese una división de labores entre sexos, esta sería mínima (Guerra y Drummond, 1995). Aparentemente, las hembras por tener un tamaño corporal mayor tienen una mayor capacidad de carga

alimenticia, pudiendo abastecer con cargas mayores a los pollos con mayor demanda de alimento, aunque éstas no se reflejen en la frecuencia con la que el alimento es suministrado.

La disminución de la frecuencia de alimentación a los pollos con el avance de la temporada de crianza puede explicarse por dos eventos no excluyentes. Por un lado, la demanda de alimento por parte de los pollos aumenta, de manera que los padres dedican un mayor esfuerzo al forrajeo, disminuyendo la frecuencia de alimentación pero, aumentando la cantidad de alimento acarreado y suministrado en cada evento de alimentación. Por otra parte, las presas cerca de la colonia pueden escasear por el forrajeo continuo de las aves cerca de la colonia (Cairns, 1992; Litzow y Piatt, 2003) obligando a los padres a realizar viajes de forrajeo más largos y disminuir su frecuencia de alimentación a pollos, pues la duración de los viajes de forrajeo se encuentra estrechamente relacionado con el área de forrajeo (Hamer *et al.*, 2000, 2001; en Lewis *et al.*, 2005). De acuerdo con los resultados de este estudio, ambos eventos parecen interactuar haciendo que la duración de los viajes se incremente y la frecuencia de alimentación disminuya.

Defensa de territorio

No hubo diferencias intersexuales en la defensa del territorio, algo similar a lo encontrado por Tershy y Croll (2000), pero los padres con pollos de 16 a 30 días de edad mostraron mayor agresividad al estar en el nido. Este resultado es contrario a lo predicho por Gilardi (1992) al tratar de explicar la distribución de sexos durante el forrajeo. El sugirió que los machos proveen mayor defensa del territorio y tratan de ganar y prevenir cópulas extra-pareja. De igual manera, es contrario a la hipótesis de división de labores que sugiere que las hembras son mayores porque una parte de sus

funciones incluye la defensa de territorio y un tamaño corporal mayor les da ventaja contra los agresores (sensu Lewis *et al.*, 2005). Este resultado sugiere que no existe una división de labores marcada entre sexos.

El patrón observado en la tasa de agresión parece estar relacionado con la adquisición de habilidades motrices por parte del pollo y la probabilidad de agresión por parte de vecinos. Al adquirir movilidad, el pollo comienza a abarcar un espacio mayor, pudiendo ser agredido y muerto por vecinos si entra en su territorio. Este aumento en el radio de movimientos de los pollos, junto con su vulnerabilidad cuando son pequeños, provoca una mayor atención y defensa de los padres.

Ecología de forrajeo

Dieta

En FSI se colectaron 12 especies-presa del Bobo café. En la isla San Jorge, en la parte norte del Golfo de California, se observó un mayor número de especies en la dieta del Bobo café: 25spp en 2003 y 21spp en 2004, es decir, aproximadamente el doble de las especies encontradas en FSI. La mitad de estas especies eran bentónicas, lo que indica que en San Jorge, los Bobos forrajearon en zonas costeras someras (Mellink *et al.* 2001). La isla San Jorge esta más cercana a la costa (solo 10 km) que FSI (36 km) y la amplitud de marea es mayor a 7 metros durante las mareas vivas de verano en la parte norte del Golfo de California (Alvarez–Borrego, 2002), facilitando el acceso a presas de fondo. Además, en general hay un incremento de la abundancia de fitoplancton de la parte sur hacia el Norte del Golfo de California (Hidalgo-González y Álvarez- Borrego, 2001), lo que puede fomentar la mayor diversidad en San Jorge. Las dos especies de mayor importancia en la dieta de *S. leucogaster* en FSI fueron *Cetengraulis mysticetus* y *Fistularia corneta*. La primera de ellas coincide en ser una de

las especies de importancia en la isla San Jorge (Suazo-Guillén, 2004; Mellink *et al.*, 2001). Los Bobos se especializan en diferentes presas en diferente tiempo (Nelson, 1978; Suazo-Guillén, 2004) y bajo condiciones de estrés como eventos de “El Niño” (Schreiber y Norton, 2002). De esta manera, se adaptan a la presa de mayor disponibilidad en el momento, con lo que los súlidos se muestran como especies tróficamente generalistas (sensu Mellink *et al.*, 2001; Pérez *et al.*, 1996; Harrison *et al.*, 1983; Dorward, 1962; Nelson, 1978; Ballance y Pitman, 1999; Tershy, 1998 en Schreiber y Norton, 2002). Pese a eso, *S. leucogaster* parece tener preferencia por especies de pelágicos menores, las cuales forman cardúmenes y permiten la explotación continua de bancos por un gran número de aves.

Las proporciones de presas consumidas fueron similares entre machos y hembras, lo que concuerda con lo reportado para las islas San Jorge en la temporada 2003 (Suazo-Guillén, 2004) y San Pedro Mártir (Ángeles – Pérez *et al.*, 1991), y para el Bobo de patas rojas (Weimerskirch *et al.*, 2006). Sin embargo, se encontraron diferencias en la temporada 2004 en San Jorge (Suazo-Guillén, 2004). Por lo tanto, el DIT al ser una característica constante, y que además las diferencias en dieta solo aparecieron en San Jorge en una temporada, no es relevante el hecho de que una diferencia detectada en un año en particular en una localidad en particular explique el DIT en la especie.

Profundidad máxima de buceo

En FSI no hubo diferencias intersexuales claras en la profundidad máxima de buceo alcanzada. En trabajos previos, en otras localidades, se ha documentado algo similar para el Bobo patas rojas y el Bobo café (Weimerskirch *et al.*, 2006; Lewis *et al.*, 2005). Sin embargo, ello es contrario a lo encontrado para el mismo Bobo café y el Bobo de

patas azules en otras localidades dentro del Golfo de California (Suazo-Guillén, 2004; Castillo-Guerrero, 2004), lo que muestra que no existe un patrón consistente.

Solo las hembras con pollos grandes (8-12 sem.) bucearon más profundo que los machos. Esta diferencia puede ser facilitada por una masa corporal mayor (aproximadamente 24% más pesadas que los machos; Nelson, 1978), dado que la profundidad de buceo depende de la inercia ganada durante la caída en picada. El hecho de que la diferencia solo aparezca durante la última etapa del periodo de crianza puede estar relacionado con la mayor contribución de la hembra a la alimentación de los pollos grandes y ser parte de sus mecanismos para “amortiguar” el desgaste fisiológico que conlleva la crianza.

El promedio de profundidad máxima fue mayor que el reportado previamente para la misma especie en la Isla de San Jorge (Suazo-Guillén, 2004), posiblemente debido a que el FSI se encuentra en zona pelágica rodeada de aguas profundas (Hidalgo-González y Álvarez-Borrego, 2001), lo que les podría imponer un mayor esfuerzo en los buceos para atrapar a su presa. Esto también refleja la flexibilidad de la especie en sus hábitos, como una adaptación a un medio variable. Los atributos específicos de comportamiento parecen tener relación con las condiciones de cada colonia y con la plasticidad de las aves para responder ante la variabilidad ambiental. Por ejemplo, en 2003 los Bobos café en la isla San Jorge y los de patas azules en la isla El Rancho exhibieron diferencias intersexuales en la profundidad máxima de buceo (Suazo-Guillén, 2004; Castillo-Guerrero, 2003, respectivamente), probablemente debido a que en ese año hubo un evento del Niño, provocando una escasez de presas y forzando a las hembras a bucear más profundo. Debido a esta serie de patrones contradictorios, el comportamiento de forrajeo no puede ser generalizado entre años ni entre localidades,

de manera que parece poco probable que las diferencias en forrajeo expliquen la evolución y mantenimiento del DIT en la especie.

Viajes de forrajeo

El número de viajes de forrajeo en un día y su duración fue similar entre machos y hembras en FSI. Es decir, no se observaron indicios de una separación de áreas de forrajeo entre sexos. Sin embargo, las diferencias podrían ser más sutiles de lo que el método usado permite discernir, pues en *S. sula* pese a no observarse diferencias en la dieta y en la duración de los viajes, se calculó que las hembras tienen un área de forrajeo mayor que la de los machos y aparentemente siguen una estrategia distinta durante la incubación: las hembras alimentándose en el extremo del área de forrajeo, mientras que los machos haciéndolo activamente a través del recorrido por su zona de forrajeo. Esto sugirió que los machos al tener un tamaño más pequeño y una cola más larga, en relación con las hembras, les confería mayor agilidad en el vuelo y les permitía ocupar un nicho de forrajeo diferente (Weimerskirch *et al.*, 2006). Esto es contrario a lo encontrado por Lewis *et al.* (2005) para el Bobo café, quién sugirió que los machos viajaban más lejos. Es poco factible que solamente una diferencia encontrada solo en el periodo de incubación (Weimerskirch *et al.*, 2006) sea suficiente para explicar el dimorfismo inverso de talla (DIT) en la especie, considerando la flexibilidad que muestran los Bobos en las diferentes localidades donde se han estudiado.

Hubo un efecto claro del mes de observación sobre la duración de los viajes. Al avanzar la temporada reproductiva, los viajes de forrajeo se alargaron y se redujo la frecuencia de alimentación a los pollos. Ambos efectos pueden explicarse por el aumento en la demanda de alimento por parte de los pollos que hace que los padres dediquen mayor esfuerzo al forrajeo y, por otra parte, el forrajeo continuo cerca de la colonia provoca

una escasez de presas (Cairns, 1992; Litzow y Piatt, 2003) obligando a los padres a realizar viajes más largos, pues la duración de estos se encuentra estrechamente relacionado con el área de forrajeo (Hamer *et al.*, 2000, 2001 en Lewis *et al.*, 2005). Aparentemente ambos eventos parecen interactuar haciendo que la duración de los viajes se incremente.

Si la hipótesis de la competencia intersexual se cumpliera tal como plantearon recientemente Lewis *et al.* (2005), los machos deberían de realizar viajes más largos, pues las hembras al ser más grandes dominarían y elegirían los territorios cercanos, desplazando a los machos a zonas más alejadas de la colonia. Por otra parte, Gilardi (1992) sugirió que los machos están adaptados para mantenerse más cerca de la colonia al reducir su rango y duración de los viajes de forrajeo y las hembras se encuentran mejor adaptadas para realizar mayores esfuerzos. Los resultados obtenidos en este trabajo en conjunto con trabajos previos en diferentes localidades (Suazo-Guillén 2004; Lewis *et al.*, 2005; Gilardi 1992) no muestran una tendencia clara, observándose solo ligeras diferencias en el forrajeo. De tal manera, *S. leucogaster* parece ajustar sus respuestas a las características específicas del sitio y condiciones ambientales.

En suma, se observó un patrón temporal claro, explicado por la demanda creciente por parte de los pollos y por el agotamiento de presas cerca de la colonia. Los patrones de cuidado parental muestran una ligera diferencia entre sexos, acorde con la división mínima de labores propuesta por Guerra y Drummond (1995) para el Bobo de patas azules. La ecología de forrajeo no mostró diferencias claras y consistentes entre localidades, por lo que es poco probable que sea uno de los factores que han contribuido al mantenimiento del DIT.

CONCLUSIONES

Del presente trabajo se concluye que:

El tiempo de estancia de los padres del Bobo café en el nido estuvo influido solo por la edad de la nidada; al ir creciendo los pollos demandaron más alimento y los padres dedicaron más tiempo a la búsqueda de alimento. No hubo diferencias entre sexos, y el cuidado fue biparental y compartido por ambos padres en la misma proporción a lo largo de la temporada.

La frecuencia de alimentación a pollos fue similar entre los padres de ambos sexos y exhibió una variación temporal: Disminuyó con la edad de la nidada debido a que aumentó la duración de los viajes de forrajeo.

La defensa del territorio la realizaron machos y hembras en proporciones similares. La agresividad de los padres fue mayor en nidos con pollos de 16 a 30 días de edad y probablemente esté relacionado con el aumento de habilidades motrices del pollo y la probabilidad de agresión por vecinos y de adopción de pollos.

En los componentes de cuidado parental evaluados no se detectaron diferencias intersexuales consistentes que apoyen la hipótesis de división de labores, de manera que si esta ocurre es mínima y poco probable que explique el dimorfismo inverso de talla.

Las hembras, al tener mayor masa corporal, alcanzaron profundidades mayores al bucear. Sin embargo, ello ocurrió solo cuando criaban pollos más grandes (8-12 sem), sugiriendo que, hembras tienen una amplitud mayor de nicho alimentario, que se expresa solo cuando existe una mayor demanda de alimento por parte de los pollos. Sin embargo, de manera general no se encontraron diferencias intersexuales.

El número y la duración de los viajes de forrajeo fueron iguales para los machos y hembras, sugiriendo que no existe una separación durante la alimentación que apoye la hipótesis de divergencia por competencia intersexual.

La duración de los viajes de forrajeo solo se vió influida por el avance de la temporada, al tener pollos más grandes en demanda de mayores cargas de alimento.

El Bobo café es una especie generalista, con una gran diversidad de presas en la dieta, siendo, en isla FSI, las presas más importantes *Cetengraulis mysticetus* y *Fistularia corneta*.

Los machos y hembras consumen presas similares y de tallas similares, lo cual es contrario a lo predicho por la hipótesis de competencia intersexual o de divergencia de nicho nutricional. Es decir, esta no es un factor a considerar en la explicación del DIT.

La especie es flexible en sus hábitos, pudiendo adaptarse a las condiciones de cada colonia y sus variaciones. La variabilidad encontrada en los factores considerados sugiere que los factores ecológicos no son importantes para el origen y mantenimiento del dimorfismo inverso de talla (DIT).

LITERATURA CITADA

- Anderson, D. J. y R. E. Ricklefs. 1992. Brood size and food provisioning in Masked and Blue-footed Boobies (*Sula spp*). *Ecology* 73:1363-1374.
- Ángeles – Pérez, A., R. Carmona y B. Tershy. 1996. Hábitos alimenticios de dos especies simpátricas del género *Sula* (*S. nebouxii* y *S. leucogaster*), anidantes en la isla San Pedro Mártir, Golfo de California. Resúmenes de Simposio Internacional de Biología Marina, La Paz, México, Marzo 1996. 11:18-22
- Ballance, L. T. y R. L. Pitman. 1999. Foraging ecology of tropical seabirds. In: Adams, N.J. & Slotow, R.H. (eds.) *Proceedings of the International Ornithological Congress* 22:2057-2071.
- Barrett, R. T. y R. W. Furness. 1990. The prey and diving depths of seabirds on Hornøy, North Norway after a decrease in the Barents Sea Capelin stocks. *Ornis Scandinavica* 21: 179-186.
- Bocher, P., B. Labidore, y Y. Cherel. 2000. Maximum diving depths of common diving petrels (*Pelecanoides urinatrix*) during the annual cycle at Mayes Island, Kerguelen. *Journal of Zoology* (London) 251:517-524.
- Burger, A. E. 2001. Diving Depths of Shearwaters. *Auk* 118:755-759.
- Burger, A. E. y R. P. Wilson. 1988. Capillary- tube depth gauges for diving animals an assessment of their accuracy and applicability. *Journal of Field Ornithology* 59:345-354.
- Cairns, D. K. 1992. Population regulation of seabirds colonies. Pp. 37-61 en D. M. Powder (Ed). *Current Ornithology* vol 9. Plenum press. New York. 429 pp.

- Castillo-Guerrero, J. A. 2004. Respuestas del Bobo de patas azules (*Sula nebouxii*) a las características del hábitat, con énfasis en las relaciones interespecíficas, en isla el rancho, Sinaloa, durante la temporada reproductiva 2003. CICESE. Tesis de Maestría. pp.98.
- Chastel, O. y J. Briel. 1996. Diving ability of blue petrel and thin-billed prions. *Condor* 98:627-629.
- Dorward, D. F., 1962. Comparative Biology of the White Booby and the Brown Booby *Sula spp.* At Asencion. *Ibis* 103b:174-220.
- Garthe, S., S. Benvenuti y W. A. Montevecchi. 2000. Pursuit plunging by Northern Gannets (*Sula bassana*) feeding on capelin (*Mallotus villosus*). *Proceedings of the Royal Society of London* 267:1717-1722.
- Gilardi, J. D. 1992. Sex-specific foraging distributions of Brown Boobies in the Eastern Tropical Pacific. *Colonial Waterbirds* 15: 148-151
- González-Bernal, M. A., E. Mellink y J. R. Fong-Mendoza. 2002. Nesting Birds of Farallón de San Ignacio, Sinaloa, México. *Western Birds* 33: 54-257.
- Guerra, M. y H. Drummond. 1995. Reversed sexual size dimorphism and parental care: minimal division of labour in the Blue-footed Booby. *Behaviour* 132:479-496.
- Gutiérrez, M. C. 2003. Censos y hábitos del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) en la lobera "El Farallón de San Ignacio", Sinaloa, México. Tesis de licenciatura. Universidad de Occidente, Los Mochis, Sin. 47p.
- Harrison, C. S., T. S. Hida y M. P. Seki. 1984. The diet of Brown Booby *Sula leucogaster* and Masked Booby *Sula dactylatra* on Rose Atoll, Samoa. *Ibis* 126:588-590.

- Hedd, A., N. Gales y G. Robertson. 1997 Diving behavior of the Shy Albatross *Diomedea cauta* in Tasmania: initial findings and diver recorder assessment. *Ibis* 139:452-460.
- Hidalgo-González, R.M. y S. Álvarez-Borrego. 2001. Chlorophyll profiles and the water column physical structure in the Gulf of California. *Oceanologica Acta* 24:19-28.
- Keitt, B. S., D. Croll y B. Tershy. 2000. Dive depth and diet of the black-vented Shearwater (*Puffinus opistomelas*). *Auk* 117:507-510.
- Le Corre, M. 1997. Diving depths of two tropical pelecaniformes: the red tailed tropicbird and the red-footed booby. *Condor* 99: 1004-1007.
- Lewis, S., E. A. Schreiber, F. Daunt, G. A. Schenk, K. Orr, A. Adams, S. Wanless y K. C. Hamer. 2005. Sex-specific foraging behavior in tropical boobies: does size matters? *Ibis* 147:408-414.
- Litzow, M. A. y J. F. Piatt. 2003. Variance in prey abundance influences time budgets of breeding seabirds: Evidence from pigeon guillemots *Cephus columba*. *Journal of Avian Biology* 34:54-64.
- Lormée, H., C. Barbraud y O. Chastel. 2005. Reversed sexual size dimorphism and parental care in the Red footed-boobie *Sula sula*. *Ibis* 147:307-315.
- Mellink, E. 2000. Breeding of Brown Boobies in the Gulf of California: Seasonality and Apparent Effects of El Niño. *Waterbirds* 23: 494-499.
- Mellink, E., J. Domínguez y J. Luevano. 2001. Diet of Eastern Pacific Brown Boobies *Sula leucogaster brewsterii* on Isla San Jorge, north-eastern Gulf of California, and an April comparison with diets in the middle Gulf of California. *Marine Ornithology* 29:23-28.

- Mougin, J. L. y M. C. Mougin. 2000. Maximum diving depths for feeding attained by Bulwer's petrels (*Bulweria bulwerii*) during the incubation period. *Journal of Zoology* (London) 250:75-77.
- Nelson, J. B. 1978. *The Sulidae: Gannets and Boobies*. Oxford University Press, London.
- Pérez, A. A., R. Carmona y B. Tershy. 1996. Hábitos alimenticios de dos especies simpátricas del género *Sula* (*S. nebouxii* y *S. leucogaster*), anidantes en la isla de San Pedro Mártir, Golfo de California. XI Simposium Internacional de Biología Marina, La Paz, B.C.S. México.
- Pitman, R. L. y L. T. Ballance. 1993. Booby Prey-capturing Behavior in the Eastern Tropical Pacific. *Pacific Seabird Group Bulletin* 20:54.
- Robinson, J. A., K. C. Hamer y L. S. Chivers. 2001. Contrasting brood sizes in Common and Arctic Terns: The roles of food provisioning rates and parental brooding. *Condor* 103: 108-117.
- Santillana. 1993. *Diccionario Santillana del Español*. Ed. Santillana. Madrid, España. 776 pp.
- Schreiber, E. A. y R. L. Norton. 2002. *Sula leucogaster*, Brown booby. *The birds of North America*, No. 649.
- Suazo-Guillén, E. 2004. *Biología reproductiva y hábitos de forrajeo del Bobo café, Sula leucogaster, en dos islas del Golfo de California, 2003-2004*. CICESE. Tesis de Maestría. 74 pp.
- Tershy, B. R. y D.A. Croll. 2000. Parental investment, adult sex ratios, and sexual selection in a socially monogamous seabird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 48:52-60.

- Velando, A. y C. Alonso-Álvarez. 2003. Differential body condition regulation by males and females in response to experimental manipulations of brood size and parental effort in the blue-footed booby. *Journal of Animal Ecology* 72:846-856.
- Weimerskirch, H., M. Le Corre, Y. Ropert-Coudert, A. Kato y F. Marsac. 2006. Sex-specific foraging behavior in a seabird with reversed sexual dimorphism: the red-footed booby. *Oecología* 146: 681-691.