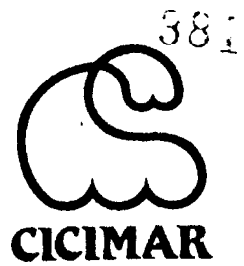




**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA MARINA**



**BIOLOGIA REPRODUCTIVA DEL AGUILA PESCADORA**  
**(Pandion haliaetus) EN ISLA BALLENA, LAGUNA SAN IGNACIO,**  
**BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO**

**TESIS QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE**  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**CON ESPECIALIDAD EN CIENCIAS MARINAS**  
**PRESENTA**

**GUSTAVO DANIEL DANEMANN**

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MARZO DE 1994.**

## INDICE

Lista de figuras .....	i
Lista de tablas .....	ii
Resumen .....	iii
Abstract .....	v
1. Introducción .....	1
2. Antecedentes .....	3
3. Justificación .....	8
4. Objetivos y metas .....	9
5. Area de estudio .....	10
6. Metodología .....	13
6.1. Trabajo de campo .....	13
6.1.1. Cronograma del trabajo de campo .....	13
6.1.2. Censos .....	13
6.1.3. Registro de las características de los nidos .....	13
6.1.4. Medición de huevos y pollos .....	14
6.1.5. Registro de adultos anillados y observaciones conductuales .....	15
6.2. Procesamiento de datos .....	15
6.2.1. Distribución de los nidos .....	15
6.2.2. Cálculo del volumen de los huevos .....	15
6.2.3. Cálculo de los parámetros del éxito reproductivo .....	16
6.2.4. Ajuste de curvas de crecimiento .....	17

7. Resultados .....	18
7.1. Cronología reproductiva .....	18
7.2. Características de la anidación .....	21
7.3. Tamaño de las puestas y volumen de los huevos .	24
7.4. Exito reproductivo y productividad .....	24
7.5. Crecimiento de los pollos .....	31
7.6. Mortalidad .....	40
7.7. Registro de adultos anillados .....	46
8. Discusión .....	47
9. Conclusiones .....	67
10. Recomendaciones .....	70
11. Sugerencias para trabajo futuro .....	72
12. Bibliografía .....	73

## LISTA DE FIGURAS

1. Area de estudio .....	11
2. Nidos activos de águila pescadora en Isla Ballena durante la temporada 1988-1989 . . . . .	19
3. Ovoposiciones y eclosiones en nidos de águila pescadora en Isla Ballena durante la temporada 1988-1989 . . . . .	20
4. Ubicación de los nidos de águila pescadora y otras especies anidantes en Isla Ballena durante 1989 . . . . .	23
5. Porcentaje de nidos en función del tamaño de la puesta . . . . .	25
6. Exito de eclosión, éxito a volantón y relación entre volantones y huevos puestos, en función del tamaño de la puesta .....	27
7. Porcentajes de nidos en los cuales todos los huevos puestos eclosionaron y llegaron a volantón .....	28
8. Exito de eclosión, éxito a volantón, relación volantones/huevos puestos, éxito de anidación y productividad en función de la altura del nido .....	29
9. Productividad en Isla Ballena. Ubicación y cantidad de volantones producidos en cada nido de la colonia . . . . .	30
10. Crecimiento del ala .....	34
11. Crecimiento del culmen .....	35
12. Crecimiento en peso .....	36
13. Incremento diario estandarizado del ala, culmen y peso . . . . .	37
14. Crecimiento porcentual de cada medida respecto del valor asintótico correspondiente .....	38
15. Número de pollos muertos por clase de edad . . . . .	41
16. Mortalidad porcentual acumulada e incrementos en peso y longitud del ala en función de la edad . . . . .	42
17. Regulación poblacional en Isla Ballena .....	65

LISTA DE TABLAS

I. Parámetros del éxito reproductivo . . . . . 26

II. Estimados de los parámetros de crecimiento, coeficiente de determinación de las curvas ajustadas ( $R^2$ ), porcentaje de las medidas en el momento de la eclosión con respecto a la asintota correspondiente ( $L_0/L_\infty$ ) y valor máximo (en adultos) de cada característica medida . . . . . 33

III. Principales causas de muerte detectadas por grupo de edad . . . . . 43

IV. Valores promedio del tamaño de las puestas (TP = huevos/nido), tamaño de la nidada (TN = pollos/nido), período de desarrollo de los pollos (PD) y volumen de los huevos en algunas poblaciones subtropicales y templadas. . . . . 52

V. Tasas de crecimiento ( $k$ ) y valor asintótico ( $L$ ) del peso calculados en tres colonias de águila pescadora . 58

VI. Productividad promedio y global en las colonias de Bahía de los Angeles, Ojo de Liebre e Isla Ballena . . . . . 61

BIOLOGIA REPRODUCTIVA DEL AGUILA PESCADORA  
(Pandion haliaetus) EN ISLA BALLENA,  
LAGUNA SAN IGNACIO, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

RESUMEN

Isla Ballena (Laguna San Ignacio, B.C.S.) alberga a la colonia reproductiva de águila pescadora (Pandion haliaetus) más densa del mundo. Durante 1988 y 1989 se estudió esta colonia para describir su biología reproductiva y evaluar los efectos de la densidad poblacional sobre la productividad de la misma.

Se realizaron censos periódicos en la colonia, en los cuales se registró la ubicación de cada nido y el número de huevos y pollos presentes. Para estudiar el crecimiento de los pollos se realizaron mediciones regulares del peso, longitud del culmen y cuerda alar de individuos de edad conocida. También se registró el número de pollos muertos, evaluando la edad de muerte a partir de la longitud de su culmen.

La temporada reproductiva se extendió desde mediados de diciembre de 1988 hasta mediados de julio de 1989, presentando el máximo de puestas en la primera quincena de febrero y el máximo de eclosiones en la primera quincena de marzo. En total, se contabilizaron 143 nidos activos, y una densidad de anidación máxima de 99.23 nidos activos/km<sup>2</sup>. El éxito de eclosión fue del 73.85%, el éxito a volantón

47.57%, el éxito de anidación 65.03% y la mortalidad 52.43%. En total se produjeron 137 volantones, lo que implica una productividad promedio de 1.47 vol./nido exitoso y una productividad global de 0.96 vol./nido activo. Si bien las tasas de crecimiento de los pollos son similares a las de poblaciones templadas, éstos alcanzaron pesos superiores. La mortalidad de pollos fue causada principalmente por inanición y agresión fraternal durante la fase de crecimiento exponencial de los pollos, cuando los requerimientos energéticos son máximos. La pérdida de pollos aparentemente está ocasionada por tasas de alimentación bajas, resultantes de la competencia en las áreas de pesca causada por el alto tamaño poblacional. A través de este mecanismo, la densidad poblacional afecta la productividad de la colonia.

**BREEDING BIOLOGY OF THE OSPREY**  
(Pandion haliaetus) IN BALLENA ISLAND,  
SAN IGNACIO LAGOON, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

ABSTRACT

Ballena Island (San Ignacio Lagoon, B.C.S.) holds the world densest known breeding **colony** of Osprey (Pandion haliaetus). During 1988 and 1989 this **colony** was studied in order to characterize its breeding biology and **evaluate** the effects of population density **on** its productivity.

Periodical **censuses** were made **in** the **colony**, recording the position of **each** nest and the number of eggs and nestlings. To study the **chick** growth, the weight, culmen and wing chord length of known **age** nestlings were regularly measured. The number of dead nestlings was **also recorded**, evaluating the **age** of death through their culmen length.

Breeding **season** extended from mid-December 1988 to **mid-**July 1989, with the laying peak **in** the first half of February and the hatching peak **in** the first half of **March**. **Overall**, there were 143 active nests, for a maximum nesting density of 99.23 active **nests/km<sup>2</sup>**. Hatching success was **73.85%**, fledgling success **47.57%**, nesting success 65.03% and mortality 52.43% . One hundred and **thirty-seven** fledglings were **produced**, for **an** average productivity of 1.47 fled./successful nest and **an** overall productivity of 0.96 **fled./active** nest. The growing rates of nestlings were similar to those of temperate populations, but they attain



higher weights. Mortality was mainly caused by starvation and sibling aggression during the exponential growth phase of the **chicks** when energy needs were **critical**. The **loss** apparently occurs **because** of low feeding rates, resulting from competition **in** the fishing grounds caused by the high population size. Through this mechanism, population density affects the productivity of the **colony**.

## 1. INTRODUCCION

El águila pescadora (Pandion haliaetus) es una especie cosmopolita. Habitante de costas y lagos, su espectacular técnica de captura de peces ha llamado la atención del hombre en este tipo de ambientes. En la década de 1970, las poblaciones norteamericanas de esta especie sufrieron una declinación grave como consecuencia de la contaminación de lagos y aguas costeras con insecticidas organoclorados (DDT) (Hickey y Anderson, 1968; Kennedy, 1977; Ogden, 1977; Parnell y Walton, 1977; Postupalsky, 1977b). Esto generó un gran esfuerzo de investigación y conservación, que posibilitó la recuperación de estas poblaciones. Este proceso agregó al ya existente conocimiento de la biología de esta especie una enorme cantidad de información científica, llegando ésta a ser una de las aves de presa más y mejor estudiadas (Palmer, 1988; Poole, 1989).

El águila pescadora suele anidar en lo alto de acantilados, árboles y postes (Bent, 1937). Comúnmente, las densidades de anidación son muy bajas, conociéndose unos pocos casos de anidación colonial numerosa (Henny, 1988; Palmer, 1988). Este es el caso de la colonia de Isla Ballena en Laguna San Ignacio, donde el águila pescadora anida sobre el suelo y con la densidad más alta conocida para esta especie en todo el mundo en la actualidad. Este estudio abarca una descripción detallada de las características de la anidación, cronología reproductiva, productividad,

mortalidad y crecimiento de los pollos en esta colonia durante la temporada 1988-1989. Asimismo, se comparan los resultados obtenidos con la información disponible de otras áreas de reproducción, analizando la interrelación entre la densidad y la productividad de esta colonia.

## 2. ANTECEDENTES

2.1. *Colonialismo en el águila pescadora.* Existen en la literatura algunos informes de colonias de águila pescadora que en el pasado fueron muy numerosas y densas: Gardiner's Island (New York), que llegó a contar con 300 nidos y una densidad de 25 nidos/km<sup>2</sup> (Wilson, 1812 en: Palmer, 1988), Seven Mile Beach (New Jersey), con 100 parejas (Shick, 1890 en: Henny, 1988), y Tule Lake (Oregon), que llegó a tener 500 nidos con alrededor de 250 a 300 parejas, alcanzando una densidad de 95 a 114 nidos activos/km<sup>2</sup> (Bailey, 1899 en: Henny, 1988). Ninguna de estas colonias sobrevivió hasta mediados de este siglo, siendo drásticamente reducidas o eliminadas por la colecta de huevos, cacería, contaminación por insecticidas o alteración del hábitat (Henny, 1988; Palmer, 1988). En la actualidad, con excepción de Isla Ballena, no se conocen colonias numerosas comparables a las mencionadas. En 1981-82, la colonia de Isla Conchas, en Laguna Ojo de Liebre (Baja California Sur), alcanzó una población reproductiva de 39 parejas y una densidad de anidación alta, considerando las dimensiones de la isla (Castellanos, 1991).

2.2. *Historia de la colonia de águila pescadora de Isla Ballena.* Huey (1927) visitó Laguna San Ignacio e Isla Ballena en abril de 1927, sin registrar evidencias de anidación del águila pescadora. En sus notas de campo de ese

año, conservadas en la biblioteca del Museo de Historia Natural de San Diego (P.O. Box 1390, San Diego, CA 92112, E.U.A.), Huey asentó que esta isla presentaba poco interés ornitológico. En contraste, Bancroft (1927) señaló a Laguna San Ignacio como área de reproducción para el águila pescadora, sin indicar si las anidaciones se registraban en Isla Ballena. Las notas sobre Laguna San Ignacio publicadas por Bancroft están basadas posiblemente en observaciones de dos colaboradores suyos llamados Sechrist y Bussey, a quienes había comisionado para coleccionar huevos y especímenes para su colección personal. Sechrist y Bussey acompañaron a Huey en su viaje a la laguna, donde permanecieron una semana más, mientras Huey visitaba el estero La Bocana (Huey, 1927 y notas de campo mencionadas). Dado el tiempo que permanecieron en la laguna, Sechrist y Bussey tuvieron oportunidad de recorrer Isla Ballena con más detalle que Huey, encontrando probablemente algunos nidos de águila pescadora. Considerando que actualmente los nidos pueden observarse en números altos y en toda la extensión de la isla, puede concluirse que en 1927 la anidación debió ser escasa o al menos, mucho menor que en el presente.

Henny y Anderson (1979) efectuaron durante 1977 censos aéreos para estimar la población reproductiva de águila pescadora en las costas de la península de Baja California, Sonora y Sinaloa, e islas del Golfo de California. Estos autores registraron 27 nidos ocupados en Isla Ballena. Cuatro años después, Reitherman y Storrer (1981) realizaron

censos terrestres en Isla Ballena, registrando 95 nidos activos y 129 nidos ocupados, con una densidad de 73 nidos **activos/Km<sup>2</sup>**. Las características de esta colonia impulsaron la designación de Isla Ballena como Zona Núcleo de la Reserva de la Biósfera "El Vizcaíno" (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 1988).

Desde los trabajos de Reitherman y Storrer (1981) y Reitherman (1982), no se había realizado ningún tipo de investigación ornitológica en el área. A partir de 1988, se ha estudiado la amplitud y sobreposición de los nichos ecológicos de las aves anidantes en Isla Ballena, incluyendo al águila pescadora (Danemann, 1991), y la composición general de la avifauna de la Laguna San Ignacio (Danemann y Guzmán, 1992).

*2.3. El estudio del águila pescadora a nivel mundial.* Como se expresó anteriormente, el águila pescadora es una especie ampliamente estudiada. Palmer (1988) estimó en más de 500 el número de estudios "significativos" publicados sobre ella. La obra de integración más importante sobre el conocimiento que se tiene de esta especie es la realizada por Poole (1989), que abarca ampliamente aspectos de su historia natural e "innatural", como establece el título de este libro. Este mismo autor publicó diversos estudios sobre poblaciones de áreas templadas y subtropicales de esta especie en Norteamérica (Poole, 1979, 1982a, 1982b).

Respecto de las poblaciones de la península de Baja

California, destacan las investigaciones de Judge (1980, 1981, 1983) en Bahía de los Angeles y Castellanos (1991) en Laguna Ojo de Liebre, además de las ya mencionadas de Reitherman y Storrer (1981) y Reitherman (1982) en Laguna San Ignacio. Cabe destacar que, aunque en la mayor parte de Norteamérica las poblaciones de águila pescadora son migratorias, en latitudes subtropicales (al sur de los **31°-33°N**) el clima permite la existencia de poblaciones residentes, es decir, no migratorias (Poole, **1989:36**). Este es el caso de las poblaciones reproductivas de Florida y de México, incluyendo Baja California Sur.

Muchas otras referencias han sido útiles para la interpretación de los resultados de este estudio. Por ejemplo, Creen (**1976**), Swenson (1979 **en: Levenson** y Koplín, **1984**), Jamieson y Seymour (**1983**), Dominguez (1984) y Stinson et al. (1988) analizaron diversos aspectos de la conducta territorialista del águila pescadora, en relación con otras aves y con la presencia humana. Kennedy (**1977**), Parnell y Walton (1977) y Ogden (1977) describieron la cronología reproductiva de esta especie en diferentes latitudes. Stotts y Henny (**1975**), Stinson (1977) y Harrison (1984) trataron lo concerniente a períodos de anidación y tamaño de los huevos. **Reese** (1977) estudió el éxito de eclosión y la productividad de esta especie en Chesapeake Bay, E.U.A.. **Hickey** y Anderson (**1968**), Odsjö y Sondell (**1976**), Kennedy (1977), Koplín **et al.** (1977), Ogden (1977), Parnell y Walton (1977), Postupalsky (1977b) y Newton (1979) analizaron el

efecto de contaminantes, clima adverso y alimentación en la productividad de poblaciones de latitudes templadas. Jamieson **et al.** (1983) y Poole (1979 y 1982a) realizaron observaciones sobre agresión fraternal y **cainismo** en la costa este de los E.U.A.. Stinson (1977), Werschkul y Jackson (1979 **en:** Poole, 1982a) y **McLean** y Byrd (1991) estudiaron el crecimiento de los pollos de esta especie en diferentes zonas de anidación. Green (1976), Grubb (1977), Prevost (1977 **en:** Poole, 1989) y Stinson (1978) estudiaron el efecto de las condiciones meteorológicas en la capacidad de obtener alimento de las águilas. Dada la gran cantidad de información disponible sobre esta especie, la enumeración de antecedentes es forzosamente fragmentaria.



### 3. JUSTIFICACION.

La colonia de águila pescadora en Isla Ballena difiere del estilo habitual de anidación de esta especie. Es una de las pocas colonias de América donde la anidación se produce a nivel del suelo y la que actualmente registra la densidad de anidación más alta del mundo. La densidad y cercanía de los nidos, así como la concentración de adultos en las áreas de anidación y alimentación son factores que influyen en diversos aspectos de su biología reproductiva. Esto conforma un experimento natural interesante tanto desde un punto de vista científico como de manejo de la especie. Las características de esta colonia de águila pescadora y del resto de las aves presentes en Isla Ballena, localidad decretada Zona Núcleo de la Reserva de la Biósfera "El Vizcaíno", hacen imprescindible la generación del conocimiento biológico necesario para trazar pautas para el manejo y conservación del área.

#### 4. OBJETIVOS Y METAS

Este estudio tiene como objetivos realizar una descripción general de la biología reproductiva del águila pescadora (Pandion haliaetus) en la colonia de Isla Ballena y evaluar los efectos de la densidad poblacional sobre la productividad de la misma.

Para alcanzar dichos objetivos se cumplimentaron las siguientes metas específicas:

- I. Determinación de la cronología reproductiva de la colonia.
- II. Descripción de las características de la anidación.
- III. Determinación del tamaño promedio de las puestas y el volumen de los huevos.
- IV. Determinación del éxito reproductivo y la productividad de la colonia.
- v. Determinación de las curvas de crecimiento en peso, culmen y cuerda alar de los pollos.
- VI. Determinación de mortalidad y sus causas, y edad de muerte de los pollos.
- VII. Registro de adultos anillados.

## 5. AREA DE ESTUDIO

Laguna San Ignacio está situada en la costa occidental de la Península de Baja California, entre los  $26^{\circ}38'$  y  $27^{\circ}00'$  N y los  $113^{\circ}06'$  y  $113^{\circ}18'$  W (Figura 1). Esta laguna costera se encuentra rodeada por el Desierto de Vizcaíno, ubicado en el Municipio de Mulegé, en la porción norte del Estado de Baja California Sur, México.

Laguna San Ignacio presenta una profundidad de 2 a 4 m en la mayor parte de su extensión, llegando hasta los 26 m en los canales que la comunican con el océano Pacífico (Jones y Swartz, 1984). Dos brazos se separan a partir de la zona baja de la laguna: uno hacia el norte, que es el cuerpo de agua principal, y otro hacia el sudeste, que contiene amplias extensiones de manglar y canales poco profundos. La costa de la laguna está representada por playas arenosas, bajos lodosos, manglares y parches de costa rocosa.

Isla Ballena (también llamada Zopilotes, Pelícanos y Garza, *Whale*, o simplemente "Los Islotes") está ubicada aproximadamente en la zona media del brazo norte de Laguna San Ignacio (Figura 1). Cubre una superficie de  $1.3 \text{ km}^2$  y en su punto más cercano a la costa está a 1700 m de tierra firme. Está dividida en dos secciones separadas por un canal de mareas de aproximadamente 500 m de ancho, que se seca durante marea baja. La sección sur (IBS) es prácticamente plana, mientras que la sección norte (IBN) presenta acantilados de hasta 10 m de altura. La mayor parte

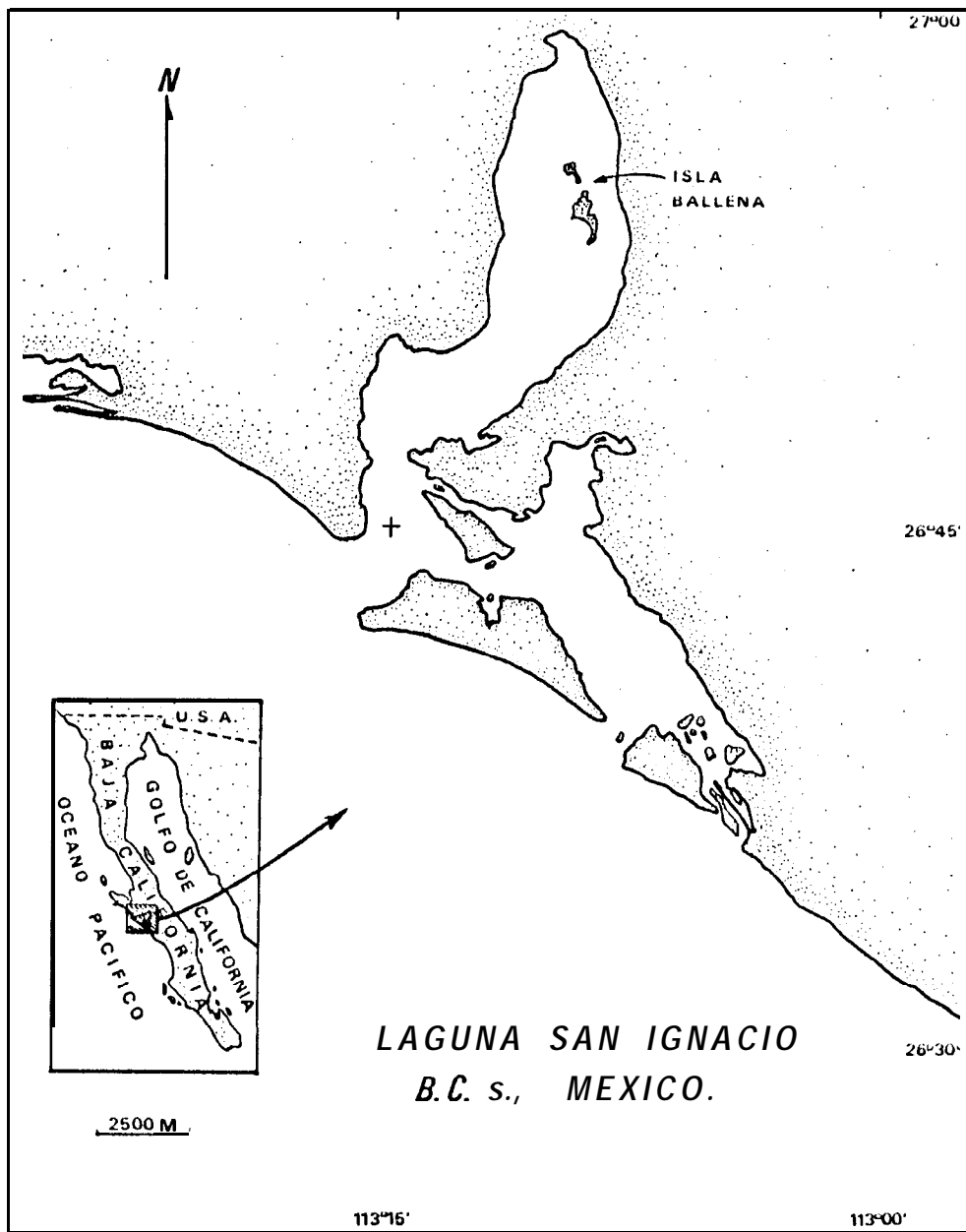


Figura 1: Area de estudio.

de la costa de la isla está constituida por playas arenosas y planicies lodosas, encontrándose algunas porciones rocosas en la costas norte y sudoeste de IBN y en el extremo sur de IBS.

En general, el clima es cálido y muy seco, con lluvias principalmente en verano. El promedio anual de temperaturas oscila entre los 18° y 22°C, con una fluctuación diaria de 7° a 14°C (Contreras, 1985).

La vegetación de Isla Ballena incluye plantas características del Desierto de Vizcaíno (León et al., 1991), como la cholla (Opuntia spp.), garambullo (Lophocereus schottii), pitahaya agria (Machaerocereus uummosus), chamiz (Atriplex spp.), cardón (Pachycereus prinslei), frutilla (Lycium spp.) y palo adán (Fouquieria disuetti), así como plantas características de la franja costera, como la iodera (Allenrolfea occidentalis).

## 6. METODOLOGIA

### 6.1. Trabajo de campo.

6.1.1. **Cronograma del trabajo de campo.** La obtención de datos en el área de estudio se extendió desde diciembre de 1988 hasta julio de 1989, habiéndose realizado visitas prospectivas previas en julio y noviembre de 1988. De enero a julio de 1989 se estableció un campamento semipermanente en **IBN**, que se utilizó durante siete períodos de dos semanas cada uno, en promedio.

6.1.2. **Censos.** Los censos consistieron en recorridos a pie por las dos secciones de la isla (**IBN e IBS**). Cada nido activo (con huevos o pollos) fue ubicado en un mapa en el momento de ser observado por primera vez, asignándosele un número de identificación. Este número se asentó en una estaca de madera y una placa metálica, que fueron dispuestas a un lado y sobre el nido **correspondiente**, respectivamente. Durante los recorridos, se visitó cada uno de los nidos, registrándose el número de huevos y pollos presentes, así como su estado de desarrollo (recién puesto, eclosionando, con *n* días de eclosionado, muerto, volantón). En total, se realizaron **34** censos en **IBN** y **11** en **IBS**.

6.1.3. **Registro de las características de los nidos.** Al identificar cada nido, se tomó nota del tipo de **sustrato**

sobre el que estaba construído y se midió su altura sobre el nivel del suelo con un flexómetro. Asimismo, se tomaron muestras de cada especie vegetal utilizada como **sustrato** de anidación, las que fueron identificadas por personal a cargo del Herbario de Plantas Terrestres de la UABCS.

6.1.4. Medición de huevos y pollos. Los huevos hallados en cada nido fueron marcados con tinta indeleble. Se les adjudicó la letra A, B, C o D de acuerdo a su orden de puesta, cuando este fue determinable. Adicionalmente, se midió el diámetro longitudinal y transversal de casi la mitad de los huevos puestos en toda la colonia.

Cuando pudo registrarse la fecha de eclosión, se procedió a individualizar cada uno de los pollos pintando sus uñas con un distinto color de barniz.

De los pollos marcados, se midió la longitud del *culmen* expuesto (del borde anterior del **cere** al extremo distal del culmen) con un vernier de  $\pm 0.05$  mm de precisión, la *cuerda* alar (de la articulación ulna-húmero al extremo distal del ala) con una regla de  $\pm 1$  mm de precisión, y el peso, con dinamómetros de fl,  $\pm 10$  y  $\pm 50$  g de precisión. En **IBN** la cercanía de los nidos al campamento permitió realizar mediciones cada dos días. En **IBS** los pollos marcados sólo se midieron tres o cuatro veces durante su desarrollo. El crecimiento de los pollos marcados se siguió hasta que estos completaron su desarrollo y abandonaron sus nidos.

Al encontrar pollos muertos se midió la longitud de su

**culmen.** Utilizando la ecuación de crecimiento calculada para esta estructura (ver sección 6.2.4), fue posible estimar la edad de muerte de estos organismos. Asimismo, se registró su posición respecto del nido (dentro o fuera del mismo).

6.1.5. **Registro de adultos anillados y observaciones** conductuales. Durante toda la permanencia en Isla Ballena se registró la presencia y color de bandas de adultos anillados. Estos organismos fueron marcados durante 1981 y 1982 (Reitherman y Storrer, 1981; Reitherman, 1982). En forma esporádica, se realizaron observaciones de conducta, particularmente en eventos de infanticidio.

6.2. Procesamiento de datos.

6.2.1. **Distribución de los nidos.** Para determinar el tipo de distribución que presentaron los nidos se cuadrículó un mapa de la isla, contabilizando el número de nidos en cada sector. Posteriormente se realizó una prueba de hipótesis de igualdad entre la media ( $m$ ) y la variancia ( $\sigma^2$ ) del número de nidos por sector, y cuyos resultados indican si la distribución es fortuita ( $\sigma^2 = m$ ), amontonada ( $\sigma^2 > m$ ) o uniforme ( $\sigma^2 < m$ ), según el método descrito por Odum (1972).

6.2.2. **Cálculo de volumen de huevos.** Para el cálculo del volumen de los huevos medidos se utilizó la expresión propuesta por Barth (1968 en: Coulter, 1973):



$$V = (\pi/6) L A^2$$

donde:

**V** = volumen del huevo.

L = longitud o diámetro mayor.

A = ancho o diámetro menor.

### 6.2.3. *Cálculo de los parámetros del éxito reproductivo.*

Para el cálculo del éxito reproductivo se siguió la nomenclatura propuesta por Postupalsky (1977a), Mayfield (1975) y Erwin y Custer (1982), definiéndose los siguientes parámetros:

*Éxito de eclosión:* número de huevos eclosionados, expresado como porcentaje de los huevos puestos.

*Éxito a volantón:* número de pollos que completan su desarrollo hasta el estado de volantón, expresado como porcentaje de los huevos eclosionados.

*Éxito de anidación:* número de nidos que produjeron al menos un volantón, expresado como porcentaje del total de nidos.

*Mortalidad:* número de pollos que mueren, expresado como porcentaje del número de huevos eclosionados.

*Productividad promedio:* número total de volantones producidos en la colonia dividido por el número de nidos que produjeron al menos un volantón (nidos exitosos).

*Productividad global (=tasa reproductiva de la colonia):* producto del éxito de anidación por la productividad

promedio, 0 lo que es igual, número total de volantones producidos en la colonia dividido por el número total de nidos activos.

Para analizar la relación entre los diferentes parámetros del éxito reproductivo y la altura de los nidos, la distancia de los nidos a la costa y la presencia de colonias de otras especies de aves se utilizaron pruebas de hipótesis de diferencia de medias (Daniels, 1988).

6.2.4. Ajuste de curvas de crecimiento. Los datos provenientes de las mediciones de culmen, cuerda alar y peso fueron ordenados en función de la edad de los pollos (días desde la eclosión), calculándose el promedio de las medidas correspondientes a cada edad. Posteriormente, se ajustó a cada grupo de datos una curva sigmoide según el modelo de Richards (1959):

$$L_t = L_\infty / (1 + e^{-k(t-t_i)})$$

donde:

$L_t$  = longitud de la estructura (o peso del pollo) a la edad  $t$ .

$L_\infty$  = longitud asintótica de la estructura o peso asintótico del pollo.

$k$  = tasa intrínseca de crecimiento.

$t_i$  = edad correspondiente al punto de inflexión de la curva.

Los parámetros  $L$ ,  $k$  y  $t_i$  se calcularon mediante el método iterativo no lineal propuesto por Marquardt (1963).

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Cronología reproductiva.

La temporada reproductiva 1988-1989 del águila pescadora en Laguna San Ignacio se extendió desde noviembre de 1988 hasta julio de 1989.

En una visita prospectiva realizada al área de estudio del 28 de noviembre al 2 de diciembre de 1988 se contabilizaron 163 individuos, observándose numerosos vuelos de cortejo y transporte de material para la construcción de nidos.

Los primeros nidos con huevos se registraron el **22Dic89**. En esa fecha, se observaron alrededor de 50 parejas ocupando nidos. El número de nidos activos se incrementó durante enero y febrero, para llegar a su máximo (129) durante el mes de marzo (Figura 2). En este momento, la colonia alcanzó la máxima densidad de anidación registrada para esta especie en todo el mundo en la actualidad: 99.23 nidos **activos/km<sup>2</sup>**. A partir de marzo el número de nidos activos comenzó a decrecer, registrándose los últimos nidos activos de la temporada a mediados del mes de julio.

Comenzando con las primeras ovoposiciones, registradas en el mes de diciembre de 1988, el número de huevos puestos por mes fue incrementándose, para alcanzar su máximo durante la primera quincena de febrero (Figura 3). En este período se pusieron 160 huevos. A partir de entonces, el número de ovoposiciones comenzó a decrecer, registrándose las últimas

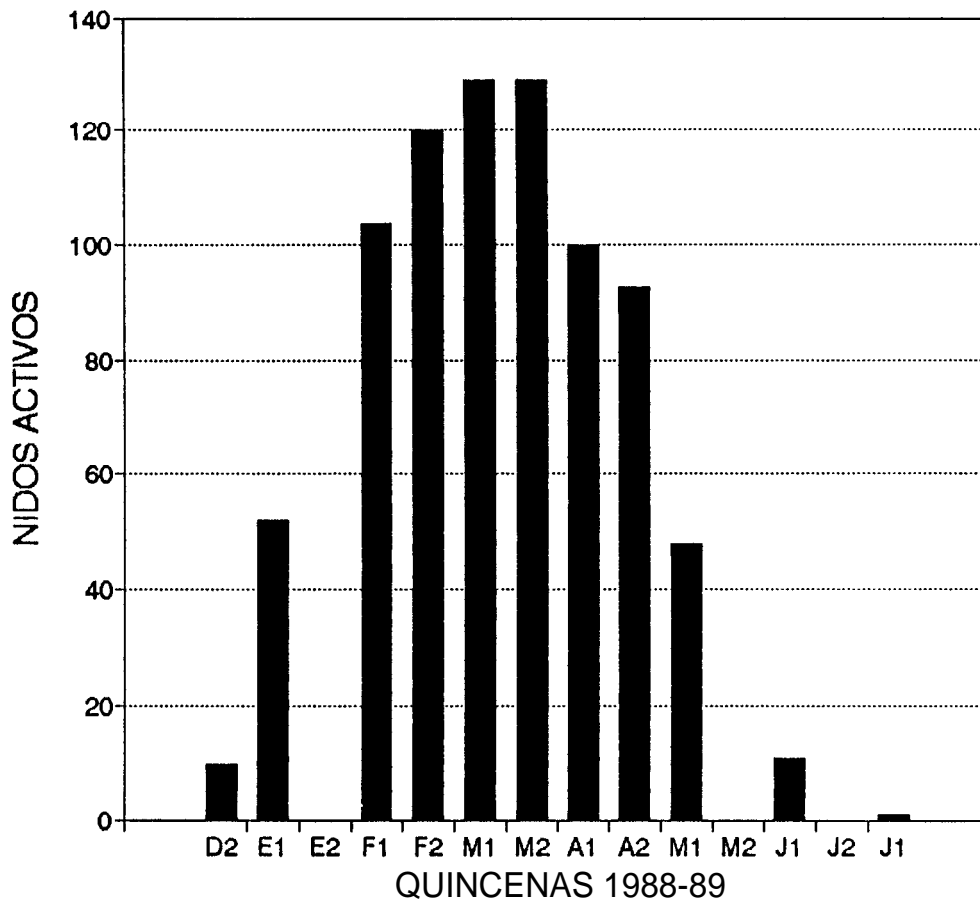


Figura 2: Nidos activos de águila pescadora en Isla Ballena durante la temporada 1988-1989.

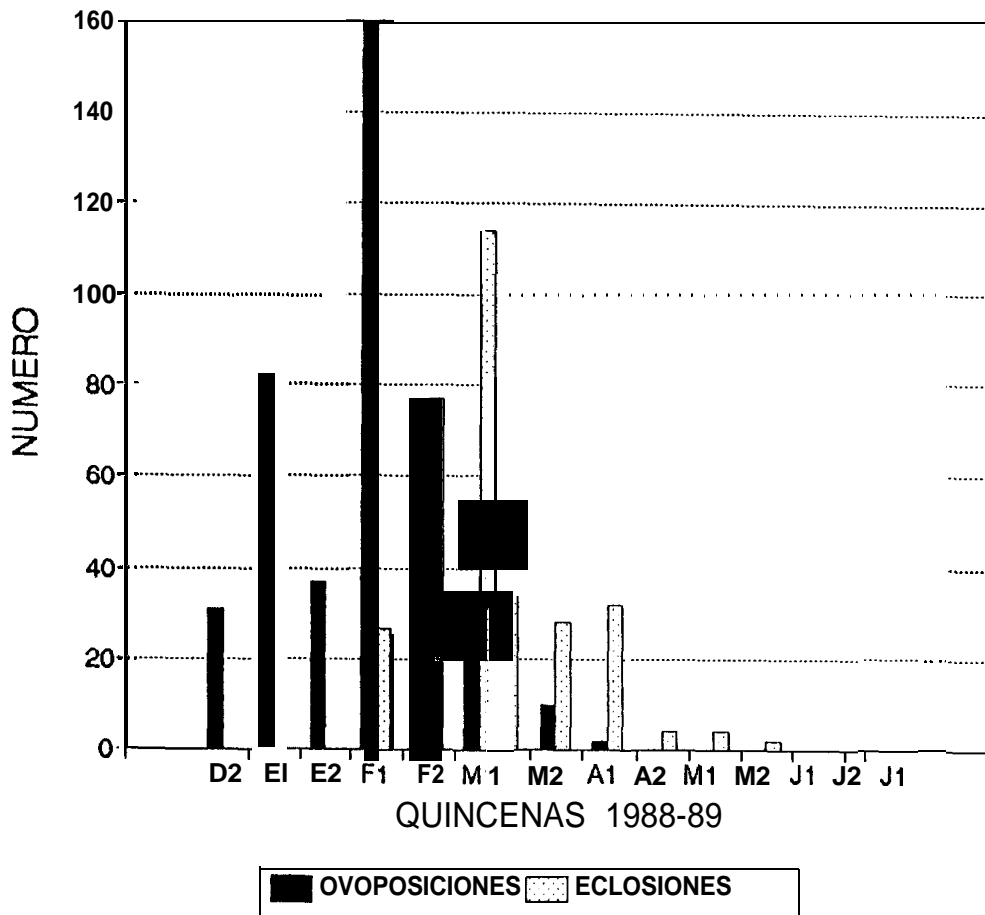


Figura 3: Ovo-posiciones y eclosiones en nidos de águila pescadora en Isla Ballena durante la temporada 1988-1989.

puestas de la temporada durante la primera quincena de abril.

Las primeras eclosiones se registraron durante la primera quincena de febrero, alcanzando el máximo (114 eclosiones) durante la primera quincena de marzo (Figura 3). Las últimas eclosiones de la temporada se registraron en la segunda quincena de mayo.

Los primeros volantones dejaron sus nidos durante la primera quincena de abril, mientras que los últimos de la temporada lo hicieron en la segunda quincena de junio.

## 7.2. Características de la anidación.

Los nidos se establecieron desde el nivel del suelo hasta una altura aproximada de dos metros (promedio= 61.67 cm, desviación estándar = 34.32 cm, n = 120). Se utilizaron un total de diez sustratos de anidación, siendo los más usuales la iodera (Allenrolfea occidentalis, 34.3%), la cholla (Opuntia cholla, 28.7%), la frutilla (Lycium spp., 9.8%), el chamiz (Atriplex spp., 9.8%), o directamente sobre el suelo (10.5%).

El material empleado para la construcción de los nidos incluyó trozos de madera y porciones de cactus secos, huesos de pelícanos y tortugas marinas, trozos de cuerdas y otros desperdicios, y pasto marino como recubrimiento de la parte superior.

Los nidos establecidos en el área central de IBN fueron

rodeados por colonias de pelícanos (Pelecanus occidentalis) y cormoranes (Phalacrocorax auritus) que se establecieron un mes después. En IBS el águila pescadora compartió áreas de anidación con las garzas rojiza (Egretta rufescens) y azul (Ardea herodias) (Figura 4), estando algunos nidos de águila a menos de dos metros de los de estas aves. Algunos nidos estuvieron, consecuentemente, sometidos a un tránsito de aves en ocasiones intenso a través de lo que pudiera considerarse su "espacio territorial", sin evidenciar mayores alteraciones en su conducta. En la sección 7.4. se analiza el efecto de la presencia de otras aves anidantes sobre la productividad de esta especie.

Para el análisis de distribución de los nidos se dividió a la isla en 129 cuadrantes. El valor promedio de nidos por cuadrantes fue de 1.093, con una variancia de 1.325. Este valor de variancia es significativamente mayor al de la media ( $X^2=155.13$ , V.C. [ $P < 0.1$ , 128 g.l.] = 148.86). Por esto, la distribución de los nidos puede considerarse de tipo agregada o amontonada (Odum, 1972), respondiendo a la distribución de la vegetación utilizada como sustrato. Esto se pone de manifiesto en la zona noroeste de IBS, carente de vegetación y donde no se establecieron nidos (Figura 4). En la sección 7.4. se analiza el efecto de la altura y posición de los nidos sobre el éxito reproductivo de esta colonia.

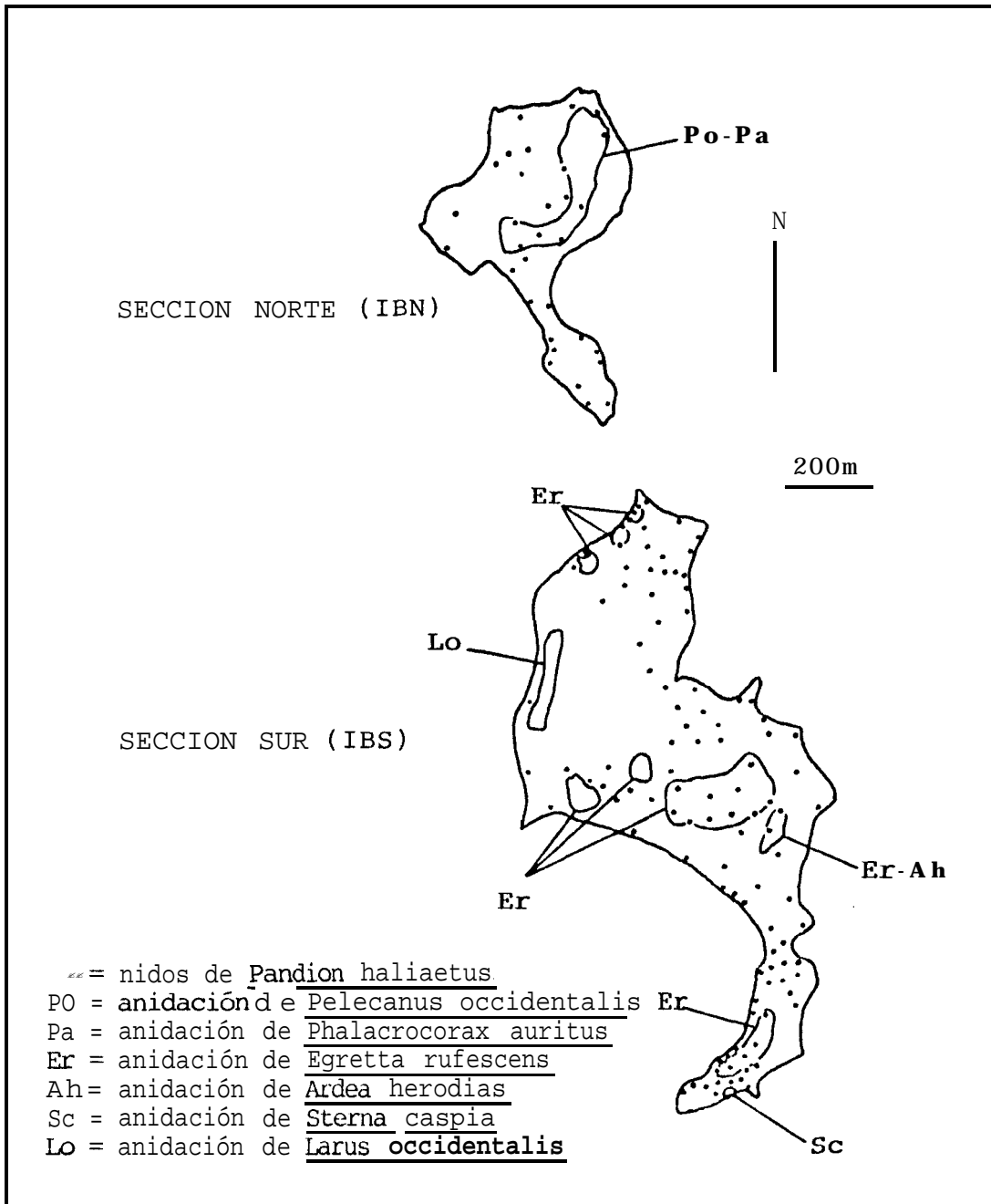


Figura 4: Ubicación de los nidos de águila pescadora y otras especies anidantes en Isla Ballena durante 1989.



### 7.3. Tamaño de las puestas y volumen de los huevos.

El tamaño promedio de las puestas fue de 2.73 huevos/nido activo. En siete nidos se puso sólo un huevo, en 28 nidos se ovopositaron dos, en 105 nidos se ovopositaron tres, y en tres nidos se ovopositaron cuatro (Figura 5).

Se midieron 177 huevos (45.38% del total). El promedio del volumen calculado para estos huevos fue de  $72.793 \text{ cm}^3$  (valor mínimo =  $56.734 \text{ cm}^3$ , máximo =  $86.109 \text{ cm}^3$ , desviación estándar =  $5.542 \text{ cm}^3$ ).

### 7.4. Exito reproductivo y productividad.

Durante la temporada se registraron 143 nidos activos, en los cuales se produjeron 390 huevos. En 118 nidos se observó al menos una eclosión, totalizando 288 eclosiones. Noventa y tres nidos produjeron al menos un volantón, sumando 137 volantones en toda la colonia. Los parámetros de éxito reproductivo calculados a partir de estos datos se exponen en la Tabla 1.

El éxito de eclosión se incrementó con el tamaño de la puesta (Figura 6A), mientras que el éxito a volantón presentó el comportamiento inverso (Figura 6B). La razón entre el número de volantones y el número de huevos puestos alcanzó un máximo en las puestas de dos huevos (Figura 6C). En forma similar, los mayores porcentajes de nidos en los cuales todos los huevos puestos a) eclosionaron y b)

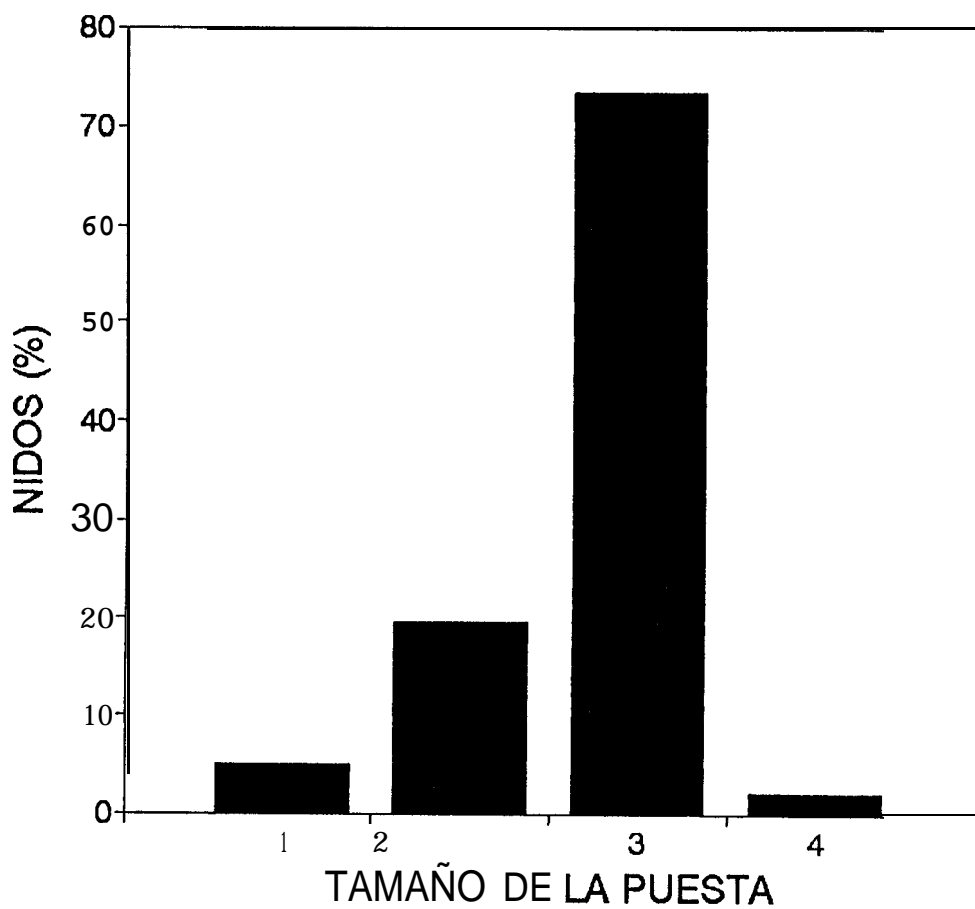


Figura 5: Porcentaje de nidos en función del tamaño de la puesta.

Tabla 1. Parámetros de éxito reproductivo calculados para toda la colonia (TOT.) y para los diferentes tamaños de puesta (1H = un huevo, etc.)

	TOT.	1H	2H	3H	4H
Nidos activos	143	7	28	105	3
Número de huevos	390	7	56	315	12
Número de eclosiones	288	1	35	236	10
Número de volantones	137	1	23	109	4
Exito de eclosión(%)	73.85	14.28	62.50	74.60	83.33
Exito a volantón (%)	47.57	100.00	65.71	46.19	40.00
Exito de anidación	65.03	14.28	53.57	70.48	100.00
Mortalidad (%)	52.43	0	34.29	53.81	60.00
Productividad prom. (vol./nido productivo)	1.473	1	1.53	1.47	1.33
Productividad global (vol./nido activo)	0.958	0.14	0.82	1.04	1.33

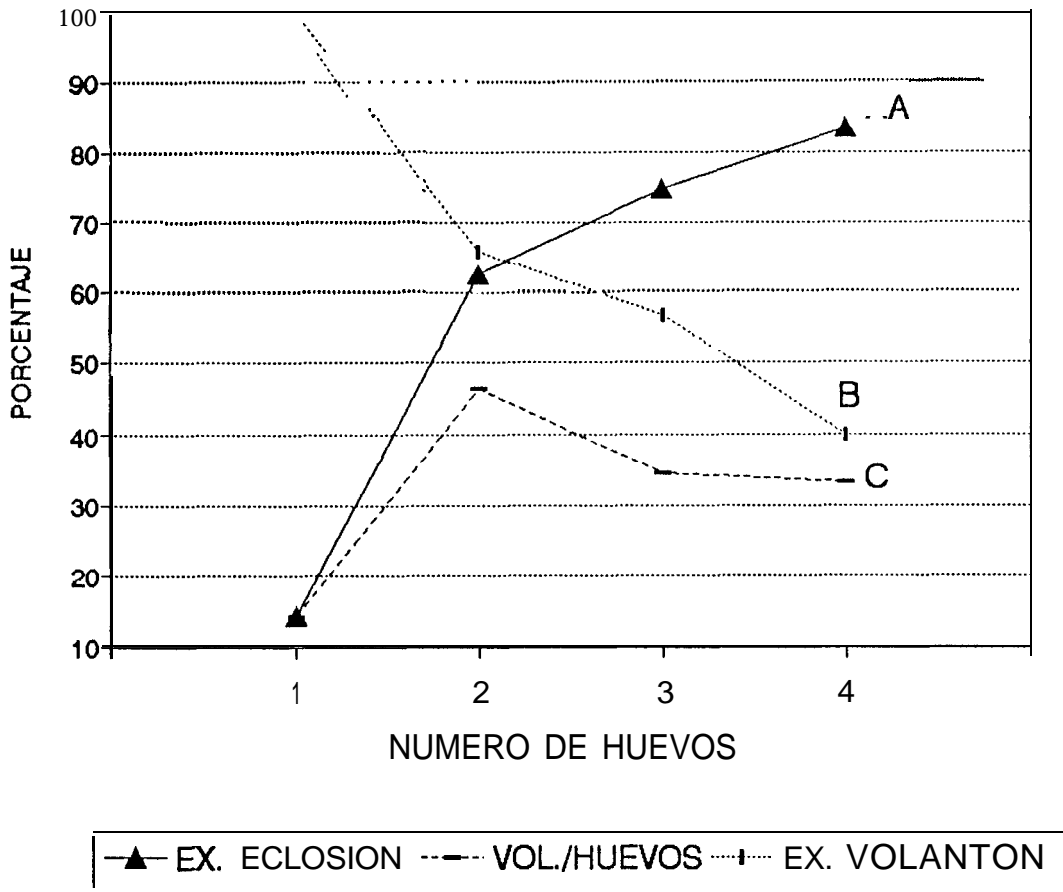


Figura 6: Exito de eclosi3n (A), 3xito a volant3n (B), y relaci3n entre volantones y huevos puestos (C), en funci3n del tama1o de la puesta.

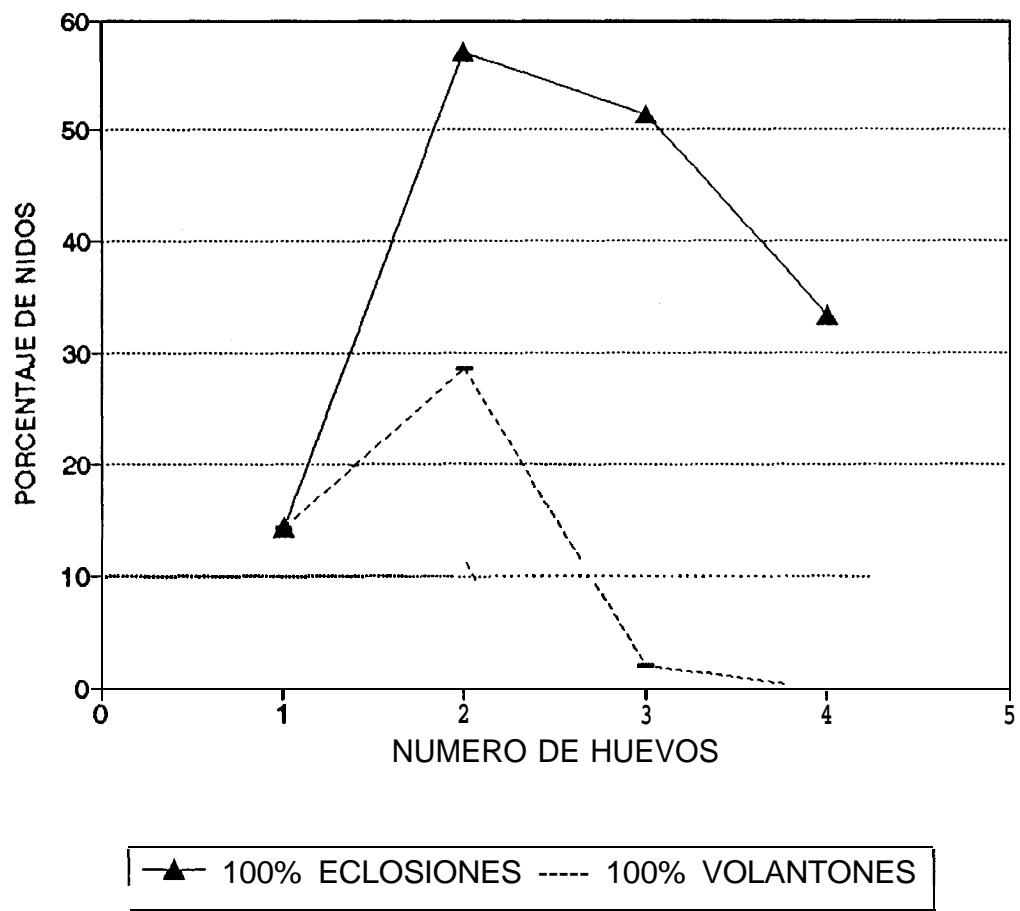


Figura 7: Porcentaje de nidos en los cuales todos los huevos puestos eclosionaron (A) y llegaron a volantón (B).

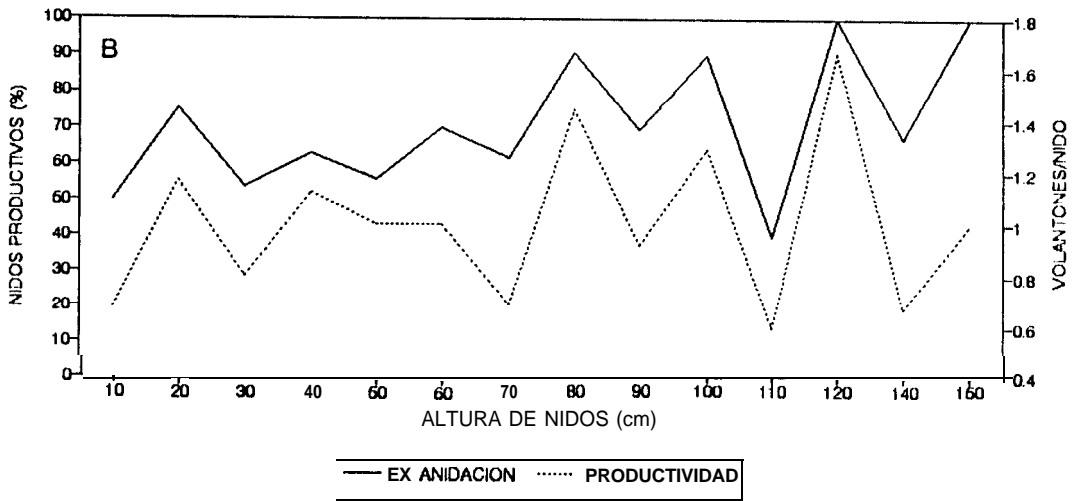
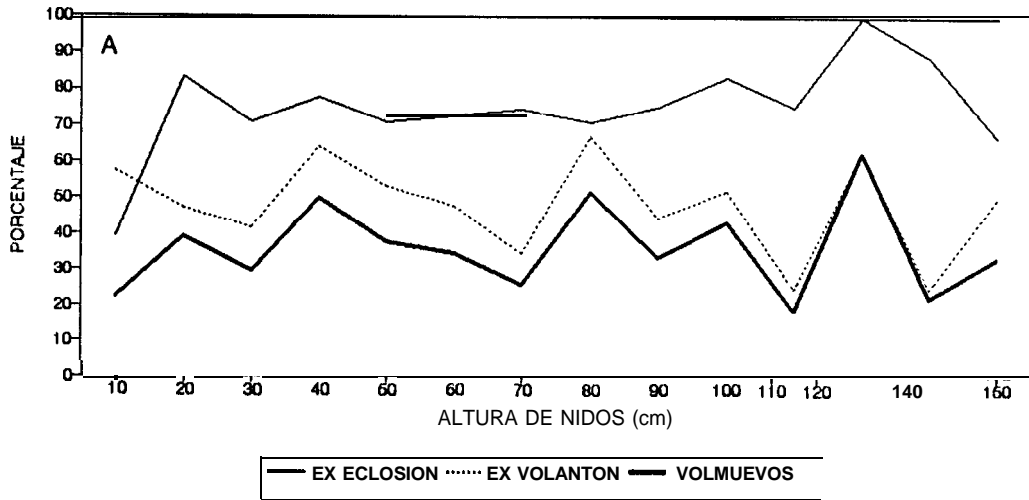
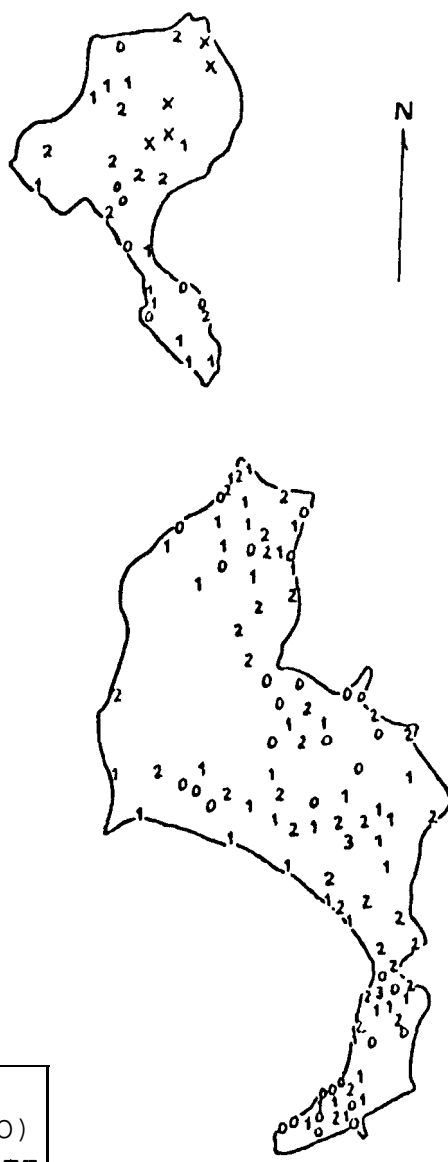


Figura 8: a) Exito de eclosión, éxito a volantón y relación volantones/huevos puestos en función de la altura del nido; b) éxito de anidación y productividad en función de la altura del nido.



PRODUCTIVIDAD (VOL./NIDO ACTIVO)	
-----	
ORILLA . . . . .	0.933
D<50m . . . . .	1.000
D>50M . . . . .	1.035

200M

Figura 9: Productividad en Isla Ballena durante 1989. Los números indican la ubicación y cantidad de volantones producidos en cada nido de la colonia (x = no determinado).

llegaron a volantón, se registraron en puestas de dos huevos (Figura 7).

El éxito reproductivo y la productividad presentan valores muy variables respecto de la altura de los nidos, sin comprobarse una relación evidente ( $p < 0.01$ ; Figuras 8a y 8b).

Se compararon las medias del éxito de eclosión, el éxito a volantón y la razón entre volantones y huevos puestos de nidos ubicados sobre la línea costera, nidos a menos de 50 m de la costa, y nidos a más de 50 m de la costa. Aunque se observó un leve incremento de la productividad de los nidos al alejarse de la línea costera (Figura 9), no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) que indicaran una relación entre el éxito reproductivo y la distancia de los nidos a la costa.

La presencia de otras aves anidando en el área (en algunos casos, a menos de dos o tres metros de un nido de águila), e inclusive formando grandes agregaciones coloniales, no causó el abandono ni pérdida evidente de nidos o pollos. La productividad promedio de los nidos rodeados por otras aves es, inclusive, significativamente superior ( $Z = 3.65$ , valor crítico de  $Z = 2.58$ ,  $p < 0.01$ ) a la productividad promedio de los nidos que no estuvieron rodeados.

#### 7.5. Crecimiento de los pollos

Fue posible registrar la fecha exacta de la puesta y la eclosión de ocho huevos. A partir de estos datos, se calculó



el tiempo de eclosión o incubación en  $36 \pm 2$  días. El tiempo de desarrollo de los pollos hasta volantón pudo observarse en 10 individuos, verificándose un período mínimo de 53 días, un **máximo de 63 días** y un promedio de 56.9 días.

Se obtuvieron medidas de 29 pollos de edad conocida correspondientes a 15 nidos, con las que se analizó el crecimiento de los mismos.

**7.5.1. Crecimiento del ala.** En el momento de la eclosión, el ala presenta una longitud de menos del 4% de la longitud asintótica (Tabla II). En los primeros diez días de vida su crecimiento es lento, acelerándose paulatinamente hasta alcanzar su velocidad máxima de incremento diario a los 30 días (Figuras 10 y 13). En este momento (aproximadamente la mitad del tiempo de desarrollo a volantón), el ala alcanza el 50% de la longitud asintótica (Figura 14). Alrededor de los 50 días, el ala ha completado el 90% de su desarrollo, las plumas se encuentran en la etapa final del encañonamiento y el incremento diario en longitud se reduce hasta **1/10** del valor máximo de incremento.

**7.5.2 Crecimiento del culmen.** Los pollos nacen con un culmen de casi el 32% de su longitud asintótica (Tabla II). Esta estructura se desarrolla rápidamente (Figura 11). Desde el primer día de vida, su incremento diario es muy alto, alcanzando su **máximo entre el décimo y onceavo día** (Figura 13). En ese momento, el culmen alcanza el 50% de la longitud asintótica (Figura 14). El incremento diario se mantiene en valores altos (más del 90% del valor **máximo**) durante los

Tabla II. Estimados de los parámetros de crecimiento ( $L_0$ ,  $k$ ,  $t_i$ ), coeficiente de determinación de las curvas ajustadas ( $R^2$ ), porcentaje de las medidas en el momento de la eclosión con respecto a la asíntota correspondiente ( $L_0/L_\infty$ ) y valor máximo aproximado (en adultos) de cada característica medida.

Caracter.	$L_\infty$	$k$	$t_i$ (días)	$R^2$	$L_0/L_\infty$ (%)	$L_{m\acute{a}x}$
Culmen (mm)	32.04	.071	10.63	0.989	31.8	40.4
Ala (mm)	408.28	.109	29.89	0.975	3.7	526.0
Peso (4)	1859.17	,131	25.03	0.983	3.6	2100.0

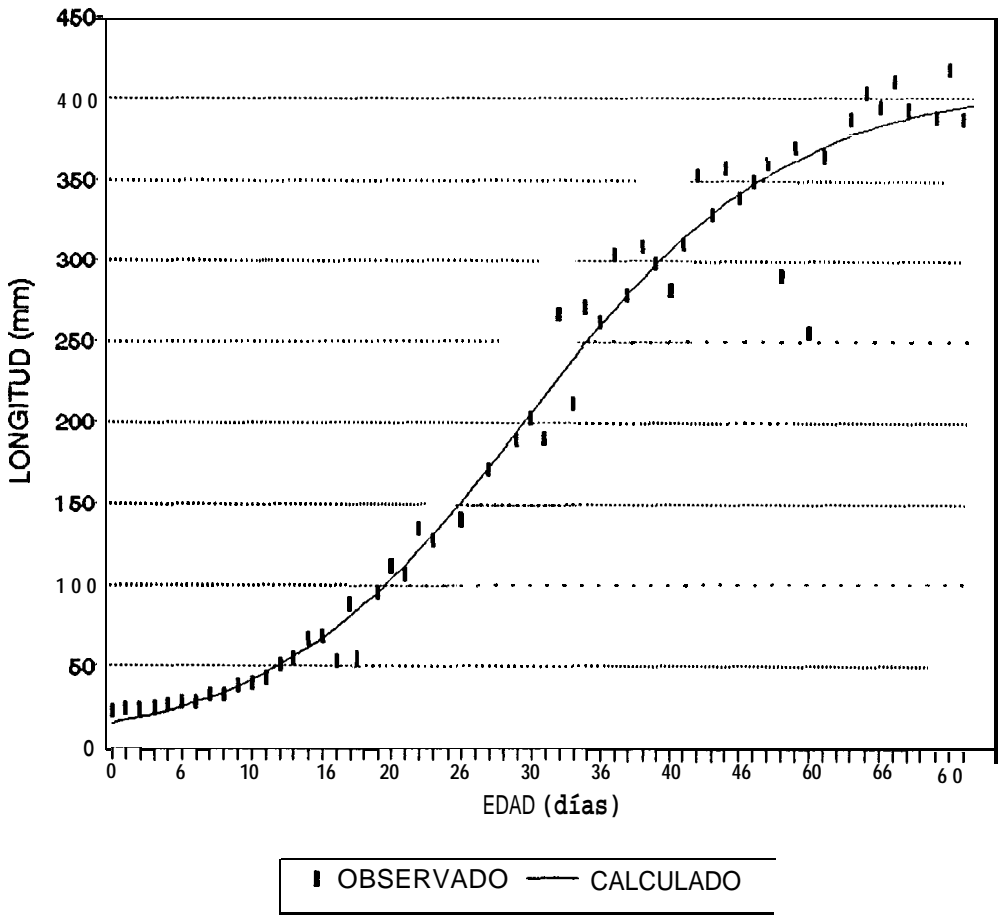


Figura 10: Crecimiento del ala.

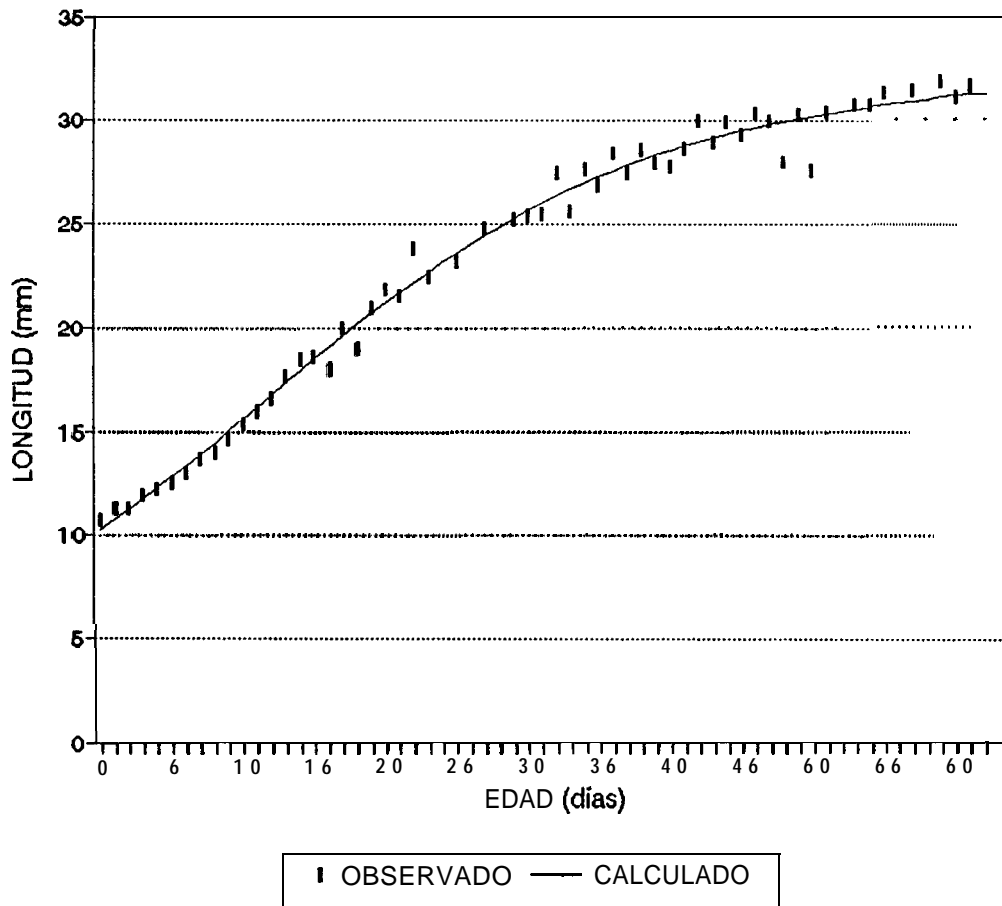


Figura 11: Crecimiento del culmen.

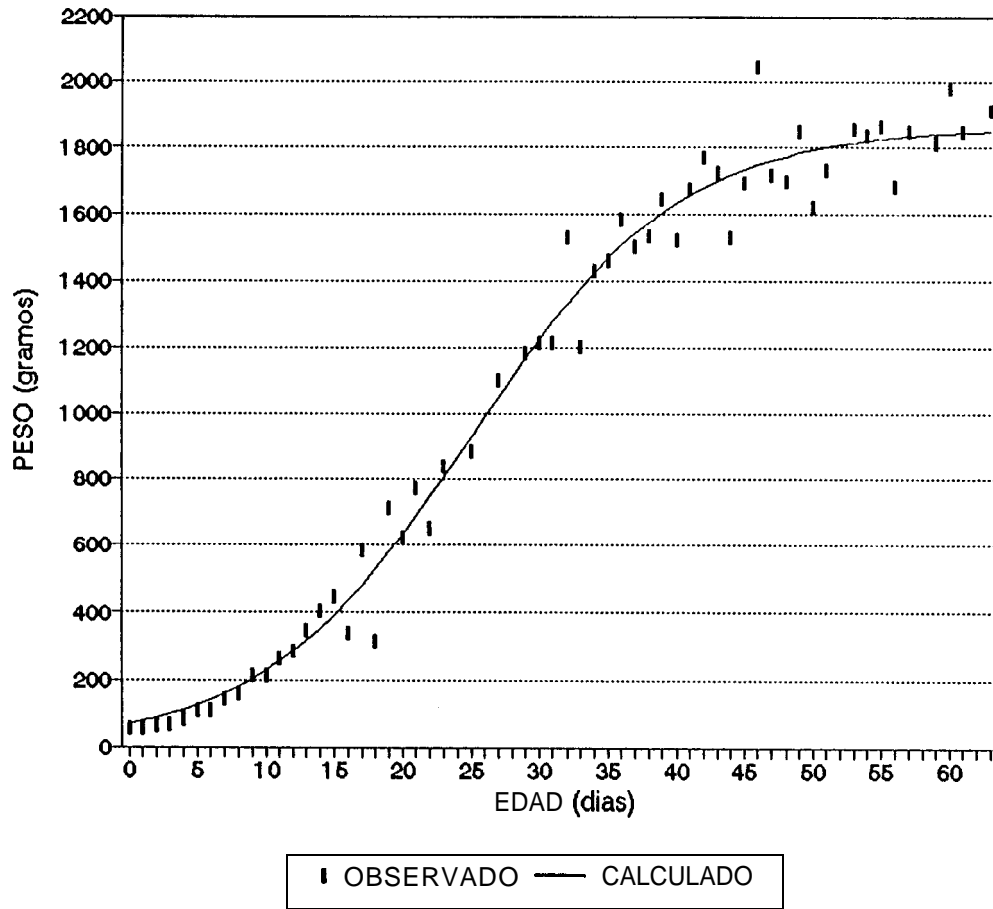


Figura 12: Crecimiento en peso.

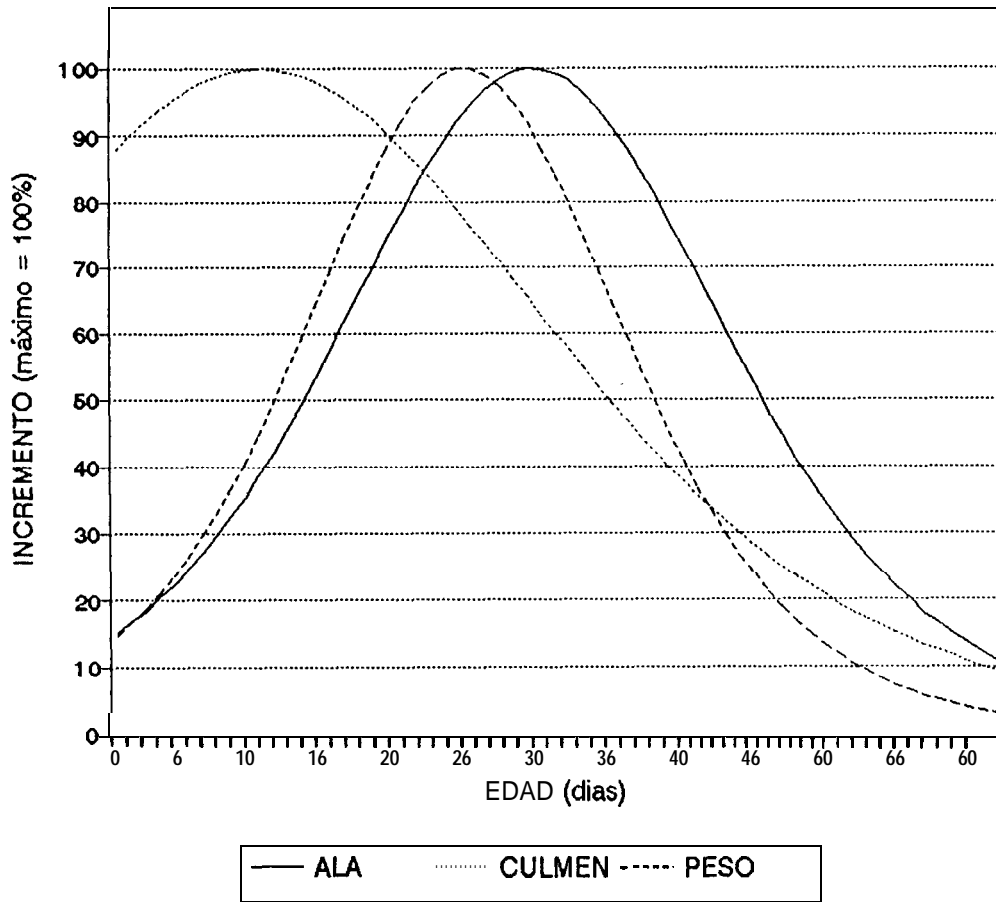


Figura 13: Incremento diario estandarizado del ala, culmen y peso. El valor 100 representa el incremento máximo calculado para un día de crecimiento de cada característica medida.

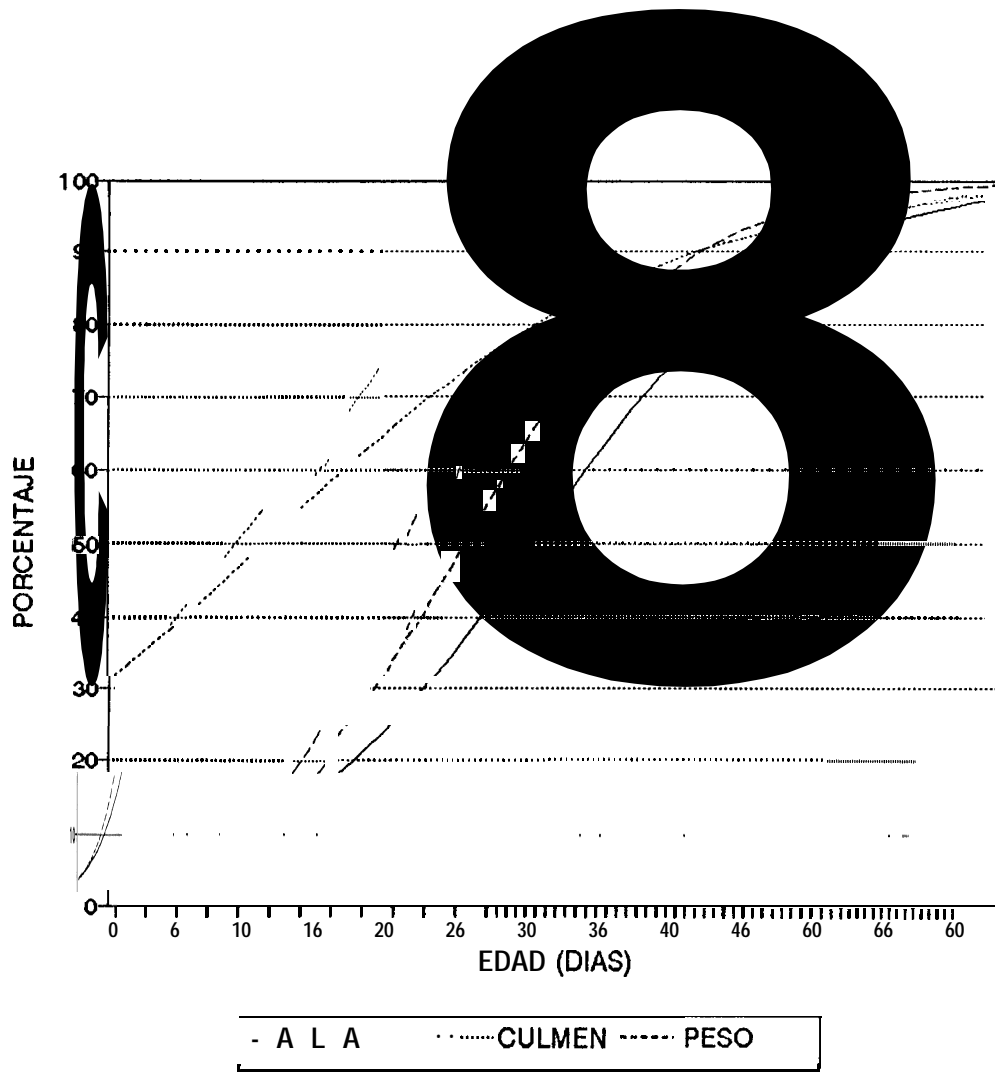


Figura 14: Crecimiento porcentual de cada característica respecto del valor asintótico correspondiente.

primeros 20 días, alcanzando esta estructura el 90% del valor asintótico rápidamente (41 días, es decir, dos tercios del tiempo de desarrollo a volantón).

7.5.3. Crecimiento en peso. Al eclosionar, los pollos presentan menos del 4% de su peso asintótico, en forma similar a como sucede con el ala (Tabla II). Durante la primer semana de vida, el crecimiento en peso es lento (Figura 12) y comparable en su forma porcentual al crecimiento del ala (Figura 14). Posteriormente el incremento en peso diario aumenta, superando en proporción al incremento diario del ala y alcanzando su máximo a los 25 días (Figura 13), cuando llega al 50% del valor asintótico. El peso presenta la tasa de crecimiento más alta de las tres características medidas (Tabla II). De esta forma, y pese a la relación baja observada entre el peso en el momento de la eclosión y el valor asintótico correspondiente ( $L_0/L_\infty$  en la Tabla II), el peso alcanza el 90% de su valor final entre los 41 y 42 días. Este desarrollo rápido es comparable al del culmen. Mientras el culmen compensa su tasa de crecimiento relativamente baja con un valor de  $L_0/L_\infty$  alto y un incremento diario inicial muy alto, el peso mantiene una tasa de crecimiento alta, que le permite alcanzar rápidamente su valor asintótico. De esta forma, al cumplirse dos tercios del tiempo de permanencia en el nido el pollo presenta el 90% de su peso asintótico y el 90% de la longitud asintótica de su culmen. Durante el último tercio de la permanencia en el nido, el aporte energético



proveniente del suministro de alimento paterno se dirige fundamentalmente a completar el desarrollo de las plumas.

#### 7.6. Mortalidad.

Se registró un total de 151 pollos muertos, lo que arroja una mortalidad del 52.43% (Tabla 1). Durante las visitas a los nidos se midieron 77 de estos organismos. Sesenta y cinco de estos pollos (84.4%) se encontraban muertos dentro de sus nidos, mientras que los 12 restantes (15.6%) fueron encontrados en los alrededores o colgando entre las ramas de la pared externa del nido.

Las muertes fueron más frecuentes en los primeros 23 días de vida (Figura 15), acumulándose en este lapso el 74% de las pérdidas de pollos. Posteriormente la mortalidad comienza a decrecer, para volver a elevarse en la etapa de volantón.

En la Figura 16 se aprecia la relación que existe entre la mortalidad y la edad. El porcentaje de muertes que ocurren a cada edad se mantiene prácticamente constante hasta los 23 **días**. A partir de entonces comienza a decrecer, para prácticamente estabilizarse a partir de los 30 días. **En la** etapa de volantón, como se señaló anteriormente, el número de muertes se eleva bruscamente.

7.6.1. *Causas de mortalidad.* Se observaron diversas causas de mortalidad, dependiendo de la edad de los **pollos** (Tabla III). **Los** pollos pequeños (menos de diez días de vida)

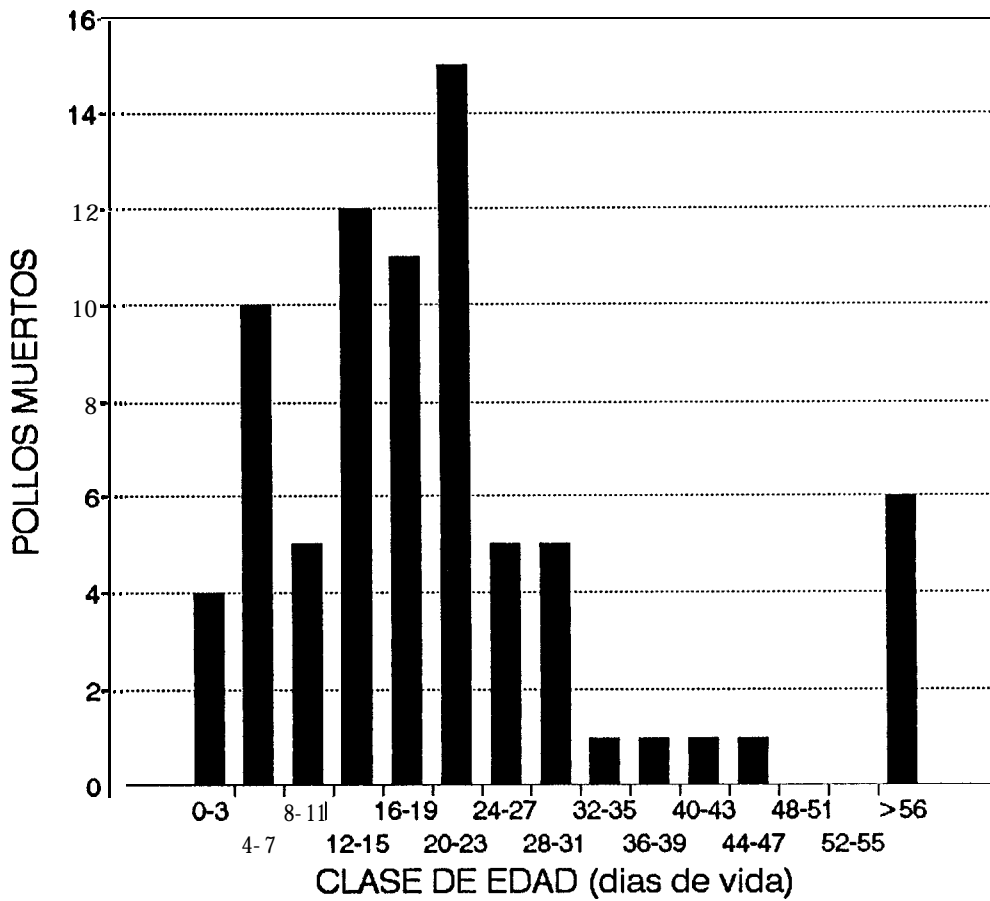


Figura 15: Número de muertes en función de la edad.

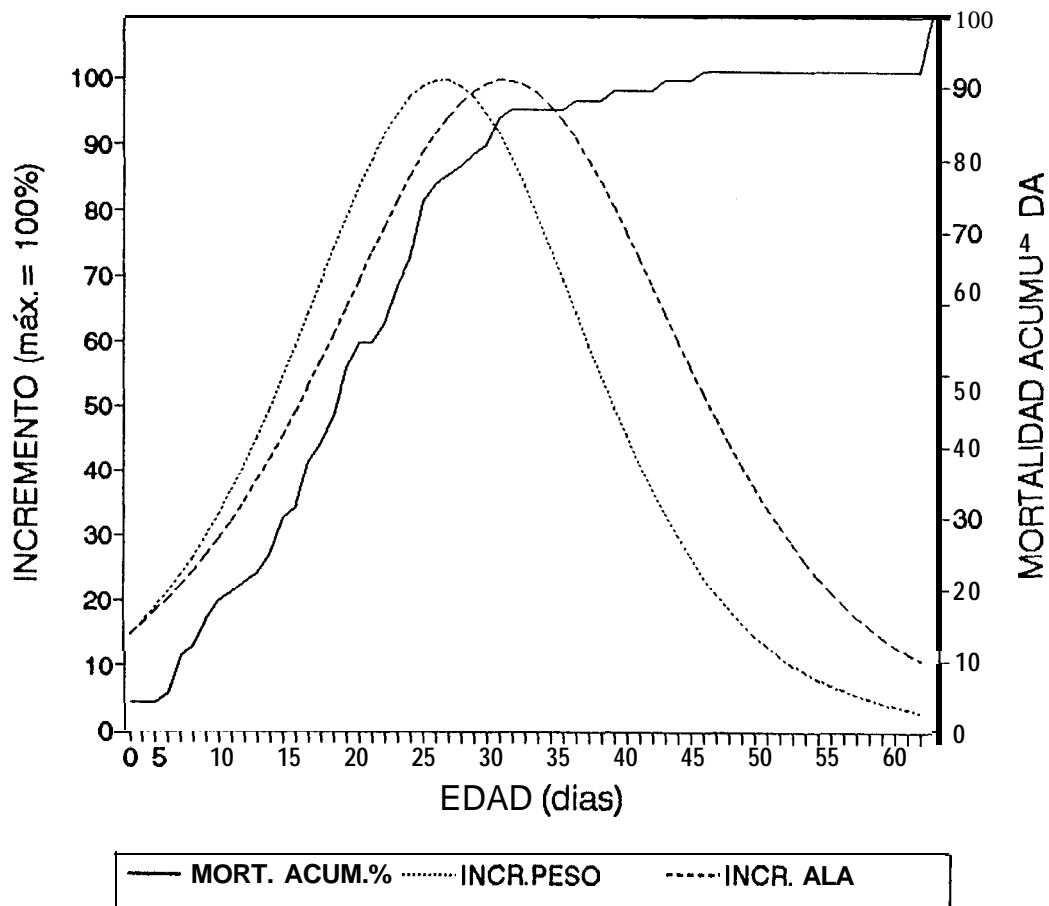


Figura 16: Mortalidad porcentual acumulada, e incrementos en peso y longitud del ala, en función de la edad.

Tabla III: Principales causas de muerte detectadas por grupo de edad.

Edad (días)	Ubicación del cuerpo	Causas de muerte
0-10	Sobre el nido	Inanición
	Fuera del nido	Insolación Deshidratación Inanición
10-23	Sobre el nido	Inanición Agresión fraternal-cainismo
	Fuera del nido	Agresión fraternal o accidente causa caída del nido del pollo menor, el cual muere por deshidratación o inanición.
23-47		No se detectó causa predominante en las muertes de este grupo de edad.
>56	Fuera del nido	Ataques de adultos durante primeros vuelos de volantones.

encontrados sobre el nido, murieron de inanición al no recibir alimento o, presumiblemente, por algún defecto de nacimiento. Los pollos pequeños que se hallaron muertos fuera del nido cayeron del mismo, muriendo por insolación, deshidratación y/o inanición. En ningún caso se detectaron intentos de la madre por rescatar un pollo caído del nido.

Los pollos de entre 10 y 23 días de edad que se encontraron muertos sobre el nido, murieron por inanición o por heridas causadas por un hermano mayor. El hermano mayor agrede al menor en el momento de la alimentación, el cual debe apartarse de la madre, inhibiendo su comportamiento de reclamo de alimento. El pollo menor comienza a alimentarse recién cuando el mayor se ha saciado. Al aumentar el tamaño de los pollos y el volumen de alimento ingerido por el hermano mayor, la alimentación del pollo menor se torna insuficiente, llegando a morir por inanición. En algunos casos, la agresión del hermano mayor llega a producir heridas y hasta la muerte del menor. En ocasiones, el pollo atacado se desplaza hasta la orilla del nido, cayendo de él y muriendo por insolación o inanición. En casos como el último descrito, el pollo se encontró muerto fuera del nido. Algunos pollos, habiendo completado más de la mitad de su desarrollo, cayeron accidentalmente del nido, encontrándose muertos fuera de él.

La mortalidad registrada en volantones es producto de la agresión que estos sufren al invadir territorios vecinos durante sus primeros vuelos. En estos primeros vuelos, el

volantón no domina aún su trayectoria. Estando los nidos tan cercanos entre sí, no es difícil que el novato cruce por sobre un nido o territorio ajeno. En un caso registrado el 19Abr89, un pollo completamente desarrollado voló desde su nido hasta las inmediaciones de otro nido ubicado a 40 metros de distancia. La hembra del segundo nido derribó al volantón, y una vez en el suelo, lo atacó reiteradas veces golpeándolo con sus garras. Esto causó varias heridas sangrantes en el ala izquierda del volantón. En otra ocasión, registrada el 07May89, un volantón voló desde su nido para posarse en un nido ubicado a 30 metros de distancia. Un segundo volantón, más desarrollado y presumiblemente perteneciente a este segundo nido, se posó y atacó en este lugar al intruso. Este adoptó una posición de sumisión (cabeza entre los hombros), para posteriormente abandonar el nido. Al retirarse el intruso, la hembra del nido invadido se posó en el mismo, junto al volantón atacante.

El caso más notable de agresión a un volantón lo protagonizó una hembra, que el 05May89 atacó en el aire a su propio hijo, quien momentos antes había abandonado el nido e intentaba regresar a él. El volantón cayó al agua, donde la madre lo embistió dos veces más, tras lo cual regresó al nido. El volantón logró volver a despegar desde el agua, volando sobre el canal que separa ambas secciones de Isla Ballena. A unos 150 metros de la orilla, sobre el canal, la hembra volvió a atacar y derribar al volantón. El pollo

comenzó a nadar hacia la sección opuesta de la isla siendo arrastrado por la corriente de marea para, presumiblemente, ahogarse. Este caso de filicidio es el primero publicado para esta especie.

#### 7.7. Registro de adultos anillados.

Se observó un total de nueve adultos anillados. De acuerdo al color de los anillos que portaban, se pudo determinar que seis de estos organismos fueron marcados en 1981, siendo en ese momento cinco de ellos adultos y uno pollo. Otro de los adultos marcados resultó ser un organismo anillado en 1982, mientras era pollo. En dos individuos, no se pudieron reconocer los colores de los anillos.

## 8. DISCUSION

*Cronología reproductiva.* La temporada reproductiva en Isla Ballena es extendida y asincrónica. En forma similar, la anidación en otras poblaciones subtropicales y residentes (por ejemplo, la de Bahía de los Angeles, en Baja California, o la de Florida Bay, en E.U.A.) se extiende más de tres meses (Ogden, 1977; Judge, 1983). En contraste, en poblaciones más norteñas y migratorias el período de ovoposiciones está concentrado en tres semanas (Kennedy, 1977; Parnell y Walton, 1977; Poole, 1989:87). Esto se ha atribuido a la sincronía en el tiempo de llegada de las poblaciones migratorias a las zonas de reproducción y al reducido periodo estival en que las condiciones ambientales son propicias para la reproducción en latitudes altas (Poole, 1989:101), elementos que no afectan a las poblaciones subtropicales.

*Características de la anidación.* Existen pocas poblaciones de águila pescadora anidantes sobre el suelo, estando estas limitadas a islas sin depredadores terrestres. En América se conocen colonias con este tipo de anidación en Great Island (Connecticut), Gardiner's Island (New York), y Laguna Ojo de Liebre (Baja California Sur) (Henny y Anderson, 1979; Palmer, 1988). Por lo general, esta especie suele anidar en la copa de árboles, acantilados, cactus y construcciones humanas. Las costas y alrededores de Laguna San Ignacio



carecen de este tipo de estructuras, a la vez que abundan los coyotes, perros, gatos domésticos y otros depredadores terrestres. Esto explica la ausencia de nidos en las costas de la laguna, haciendo de Isla Ballena el área de anidación obligada para esta especie en esta región.

El águila pescadora es el ave más generalista en la utilización de sustratos de anidación de todas las que anidan en la isla (Danemann, 1991). Esta característica, más la propia extensión de los parches de vegetación y la posibilidad de anidar aún a nivel del suelo, hacen que el sustrato de anidación en Isla Ballena sea muy abundante. La disponibilidad de un sustrato de anidación adecuado, que es una de las principales limitantes para el desarrollo de colonias de esta especie, no representa aquí ningún tipo de restricción. Johnson y Melquist (1973) establecieron que el lugar de anidación ideal para el águila pescadora debería contar con una visión no restringida del área circundante. La topografía baja y prácticamente plana de Isla Ballena cumple a la perfección con este requisito.

Los materiales utilizados para la construcción de los nidos son, en términos generales, los mismos que esta especie utiliza en otras áreas de Baja California como Bahía de los Angeles, Laguna Ojo de Liebre, Bahía de La Paz e Isla Margarita (Judge, 1983; Danemann, obs. pers.).

Relaciones interespecíficas. Se han documentado interacciones de adultos anidantes de esta especie con aves

de otras especies al aproximarse estas al nido (Green, 1976; Jamieson y Seymour, 1983; Dominguez, 1984; Stinson et al., 1988). Si bien fueron observados muchos eventos de adultos persiguiendo aves cercanas al nido, generalmente las águilas convivían con otras especies sin demostrar alteraciones graves en su conducta (sección 7.2.) ni disminuciones de su productividad (sección 7.4.). Se ha observado que el águila pescadora llega a acostumbrarse a la presencia humana (Swenson, 1979 en: Levenson y Koplín, 1984; Danemann, obs. pers.). Aunque la comparación es especulativa, un proceso de acostumbramiento de este tipo podría ocurrir en relación a otras especies anidantes.

Levenson y Koplín (1984) observaron que la productividad de las águilas pescadoras anidantes en algunas zonas de los condados de Mendocino y Humboldt (California) decrecía al incrementarse la actividad humana en los alrededores de los nidos. Esto podría explicar la leve diferencia de productividad hallada entre los nidos cercanos a la costa de la isla y los del áreas interiores de la misma (sección 7.4 y Figura 9), al estar los primeros más expuestos a la perturbación humana por parte de pescadores, turistas y otros visitantes que pudieran llegar a la isla. Pese a que se carecen de datos que apoyen esta interpretación, la productividad significativamente mayor observada en nidos de águila pescadora rodeados por colonias de otras especies (sección 7.4) podría indicar preferencia por las zonas centrales de la isla. Estas áreas pueden ser menos

vulnerables a la perturbación externa o bien pueden ostentar algún otro tipo de característica ventajosa que eleve su calidad como zona zona de anidación.

*Tamaño de las puestas.* El tamaño promedio de las puestas es comparable al de otras poblaciones subtropicales, que en su conjunto son generalmente menores que los de poblaciones de latitudes mayores (Poole, 1982a; Judge, 1983). Lack (1966) propuso que el tamaño de las puestas ha evolucionado hasta corresponder con el número de huevos que, en promedio, permite producir el número máximo de descendientes. La principal presión selectiva actuando en este sentido está representada por la disponibilidad de alimento. El número menor de huevos, y consecuentemente de pollos, sería entonces un fenómeno adaptativo en latitudes subtropicales, donde la disponibilidad de alimento durante la temporada reproductiva es menor que en latitudes templadas (Poole, 1989).

Esta reducción en el tamaño de las puestas estaría compensada por una mayor supervivencia de los juveniles de poblaciones no migratorias tras el primera año de vida (Judge, 1983). Estas aves no sufren la mortalidad elevada que ocurre durante la primer migración de juveniles nacidos en latitudes templadas. Además, reciben una mayor inversión parental de energía, evidenciada por un período de desarrollo comparativamente más prolongado (Stotts y Henny, 1975; Stinson, 1977; Judge, 1983; sección 7.5 de este

estudio) y por un volumen de huevos significativamente mayor ( $t= 7.907$ , valor crítico de  $t[\alpha=0.005; g.l.=176]=2.6$ ) que el valor máximo publicado para el volumen de los huevos de esta especie en latitudes templadas (datos tomados de Bent (1937), Harrison (1984) y Palmer (1988), y sección 7.3. de este estudio). En la Tabla IV se presentan algunos de los datos a los que se hace referencia.

*Exito de eclosión.* El éxito de eclosión durante la temporada 1989 (73.85%) puede considerarse alto, siendo comparable al alcanzado por la población de Bahía de los Angeles en 1977 (76%) (Judge, 1983), y mucho mayor que el registrado en Chesapeake Bay de 1970 a 1974 (prom.= 48%) (Reese, 1977). Desde mediados de siglo y hasta finales de la década de 1970, las poblaciones de U.S.A. y Canadá sufrieron una seria disminución debido al uso de DDT y otros plaguicidas organoclorados (Poole, 1989:166-177). Estos compuestos afectan negativamente la depositación de calcio durante el proceso de formación de la cáscara del huevo, produciendo la ruptura del mismo bajo el peso del adulto incubante (Newton, 1979:229-253). Los valores de productividad en general y éxito de eclosión en particular, calculados en poblaciones norteamericanas (excepto México) hasta principios de 1980 están, consecuentemente, por debajo de lo que podría considerarse un valor medio para la especie. El valor medio de éxito de eclosión para el águila pescadora podría ubicarse entre el 60 y 75%, valores

Tabla IV: Valores promedio del tamaño de las puestas (TP = huevos/nido), tamaño de la nidada (TN = pollos/nido), periodo de desarrollo de los pollos (PD = días) y volumen de los huevos (VH = cm<sup>3</sup>) en algunas poblaciones subtropicales y de latitudes templadas.

	TP	TN	PD	VH
Isla Ballena (a)	2.73	0.96	57±5	72.4
B. de los Angeles(b)	2.8	1.5	62±5	
Florida (c)	2.7	0.97		
Massachusetts	3.3	2.35		
New York (c)	3.2	1.03		
Chesapeake Bay	2.9 (d)	1.52 (d)	54±6 (f)	
Michigan (e)	2.98	2.02		
Virginia (g)			51±8	
New Jersey, Maryland, Virginia (h)				63.2
(i)				67.6
(j)				66.4

**Fuente:** Poblaciones subtropicales: a) Este estudio, b) Judge (1981, 1983), c) Poole (1982a). Poblaciones de latitudes templadas: d) Reese (1977), e) Postupalsky (1985 en: Poole, 1989), f) Stotts y Henny (1975), g) Stinson (1977), h) Palmer (1988), i) Harrison (1984), j) Bent (1937).

obtenidos en las poblaciones de la península de Baja California anteriormente mencionadas, que no han sufrido contaminación evidente.

En la Figura 6 se observa que mientras que el éxito de eclosión aumenta con el tamaño de la puesta (Figura 6A), el éxito a volantón presenta el comportamiento opuesto (Figura 6B). El primer caso puede explicarse si se considera que el porcentaje con que gravita la eclosión o el fracaso de un huevo en el éxito de eclosión de una puesta depende del tamaño de la misma. Por ejemplo, si se pierde o no eclosiona el único huevo de un nido, se pierde el 100% de la puesta (éxito de eclosión = 0%), mientras que para una puesta de cuatro huevos, la pérdida de uno sólo afecta en un 25 % (éxito de eclosión = 75%). Para el segundo caso el razonamiento es inverso: si llega a volantón un pollo proveniente de un único huevo, el éxito a volantón de la nidada será del 100%, mientras que para lograr este mismo porcentaje en puestas de cuatro huevos es necesario que cuatro pollos lleguen a volantón, lo que es menos probable.

Si bien el éxito de eclosión aumenta con el tamaño de la puesta, las puestas más eficaces resultaron ser las de dos huevos (Figuras 6C y 7). Esto se explica considerando que las puestas de un sólo huevo pueden ser de padres inexpertos (Newton, 1979:145) o bien intentos de anidación frustrados. En nidos con tres o cuatro huevos, los terceros y cuartos huevos pueden no ser tan aptos para desarrollarse como el primero o segundo (Poole, 1989:129), por lo que

estas nidadas no alcanzan el 100% de eclosiones tan frecuentemente como las de sólo dos huevos.

Durante la anidación, el macho se encarga de proveer alimento para la hembra y los pollos. Tras la eclosión, el desviar alimento para el tercer y cuarto pollo (mientras viven) hace que se reduzca la cantidad de alimento disponible para el primer y segundo pollo (aceptando que la cantidad de alimento provista por el padre es limitada) (Poole, 1989:129). Esto causaría que una menor cantidad de pollos de nidadas de tres y cuatro huevos lleguen a volantón.

*Éxito a volantón y mortalidad.* Las poblaciones subtropicales de águila pescadora suelen tener menor éxito a volantón que las de latitudes templadas (Poole, 1982a). Sin embargo, la supervivencia de los pollos hasta completar su desarrollo fue en esta colonia aún menor que los valores mínimos publicados para otras colonias subtropicales (Poole, 1982a; Judge, 1983). La población de Bahía de los Angeles alcanzó en 1977 y 1978 valores de éxito a volantón de 65.3 y 63.4 %, respectivamente (Judge, 1983), más de un 30 % por sobre los de Laguna San Ignacio. También la población subtropical de Florida Bay superó a la de Laguna San Ignacio, con un éxito a volantón del 54% (Poole, 1982a).

En 1979-1980 y 1981-1982 la población de Laguna Ojo de Liebre sufrió mortalidades superiores a la de Isla Ballena, pero principalmente causadas por depredación de coyotes y

gaviotas, acción de mareas y marejadas, y perturbación humana (Castellanos, 1991). Estos factores no afectan a las otras poblaciones mencionadas.

Diversos factores se relacionan con el alto valor de mortalidad (y consecuentemente, el bajo éxito a volantón) registrado en esta población. El 75% de las muertes ocurren en los primeros 25 días de vida de los pollos, momento en el cual el incremento diario en peso alcanza su valor máximo y comienza a decrecer (Figuras 14 y 16). El aumento en el incremento diario en peso que se observa hasta ese momento implica un mayor requerimiento energético por parte de los pollos, particularmente del pollo mayor y dominante de cada nido (Ricklefs, 1979). En nidos en los cuales la provisión de alimento por parte del macho no es suficiente para satisfacer los requerimientos de todos los pollos, se verifica un alto grado de agresión fraternal y cainismo (Poole 1979, 1982a; Jamieson et al., 1983). Este tipo de conducta es muy frecuente en Isla Ballena (Reitherman y Storrer, 1981; sección 7.6.1 de este trabajo), por lo que se comprueba que la escasa alimentación, en forma directa o a través de la agresión fraternal, es una de las principales causas de mortalidad en esta población.

La tasa de mortalidad comienza a disminuir entre los 23 y 25 días de vida de los pollos, y se estabiliza a los 30 días (Figura 16), momento en el cual el ala de los pollos alcanza su máximo incremento diario. Si se considera que el crecimiento en peso demanda más energía que el crecimiento



de las alas y otras estructuras óseas, puede afirmarse que los pollos requieren proporcionalmente más alimento durante el periodo en el que el crecimiento en peso es más intenso (hasta los 23 días de vida). En condiciones de alimentación limitada como las registradas en Isla Ballena, los requerimientos energéticos promueven la agresión fraternal y el cainismo. Por lo tanto, la mortalidad derivada de la agresión fraternal no sería uniforme a lo largo del desarrollo de los pollos, sino que estaría relacionada positivamente con los requerimientos energéticos derivados del crecimiento de las diferentes estructuras corporales.

*Crecimiento de los pollos.* La extensión del período de desarrollo de los pollos no se refleja en el crecimiento del culmen (sección 7.5.2 de este estudio en comparación con datos de Poole, 1982a) ni en los valores de  $k$  o  $t_i$  calculados para el crecimiento en peso (Stinson, 1977; McLean y Byrd, 1991; sección 7.5.3 de este estudio). Sin embargo, el valor de  $L_{\infty}$  calculado para la población de Isla Ballena es consistentemente superior al de otras poblaciones.

La competencia entre hermanos ha sido propuesta como un factor determinante en la evolución de tasas de crecimiento en aves (Werschkul y Jackson, 1979 en: Poole, 1982a). Esto afectaría a los anidantes sólo hasta el momento en que estos alcanzan un grado de desarrollo en el cual ya no están expuestos a la agresión de sus hermanos. Este fenómeno es

común a todas las poblaciones de águila pescadora y explicaría la uniformidad de tasas de crecimiento y valores de  $t_i$  hallados (Tabla V). La ausencia de actividad migratoria en la población de Laguna San Ignacio y otras poblaciones subtropicales no promovería entonces la evolución de tasas de crecimiento más bajas, como sugirió Poole (1989). En cambio, estas poblaciones desarrollaron períodos de anidación más prolongados que permiten un mayor crecimiento de los volantones antes de abandonar el nido, como se refleja en el mayor valor de  $L_{\infty}$  obtenido.

*Mortalidad de volantones.* Poole (1982b) observó que en una colonia establecida sobre plataformas de anidación artificiales (construidas por el hombre), los adultos anidantes no sólo permitían que volantones de otros nidos se posaran en su nido, sino que inclusive llegaban a alimentarlos. Este autor interpretó este fenómeno como un comportamiento altruista que podría elevar el éxito reproductivo del grupo, probablemente conformado por individuos cercanamente emparentados. Esto estaría posibilitado en primera instancia, por la abundancia de alimento en el área.

Este registro contrasta fuertemente con lo observado en Isla Ballena (sección 7.6.1), y puede interpretarse como otra consecuencia de la provisión de alimento limitada. Esto no sólo inhibiría el desarrollo de cualquier tipo de altruismo, sino que provocaría los ataques de adultos sobre

Tabla V: Tasas de crecimiento (k) y valor asintótico (L,) del peso calculados en tres colonias de águila pescadora.

	k	L <sub>oo</sub>
Isla Ballena (a)	0.13	1859g
Virginia (b)	0.12	1820g (1587g)*
Chesapeake Bay (c)	0.13	1717g (1564g)*

\* : Por diferencias en las metodologías empleadas por los autores de estos estudios, se presenta el valor de peso máximo y el valor de peso asintótico promedio de cada caso.

Fuente: a) Este estudio, b) Stinson (1977), c) McLean y Byrd (1991).

volantones registrados durante este estudio. Por otro lado, y según la hipótesis de Poole (1982b) mencionada anteriormente, el grado de parentesco entre los miembros de esta colonia podría no ser muy alto.

*Productividad.* La reducción de nidada y la alta mortalidad registrada en isla Ballena traen como consecuencia un valor de productividad bajo, comparado con colonias de latitudes templadas. Los valores de productividad promedio obtenidos en Chesapeake Bay (E.U.A.) (Reese, 1977), Nova Scotia (Canadá) (Jamieson *et al.*, 1983) y Mendocino (California, E.U.A.) (Levenson y Koplín, 1984), por ejemplo, son de 1.95, 2.8 y 1.75 volantones/nido productivo respectivamente. Se ha comprobado el decremento de la productividad de poblaciones de latitudes templadas debido a la acción de contaminantes (Hickey y Anderson, 1968; Kennedy, 1977; Ogden, 1977; perturbación humana (Levenson y Koplín, 1984), factores climáticos adversos (Odsjö y Sondell, 1976 y Poole, 1984 en: Poole, 1989:129) o escasez eventual de alimento (Koplín *et al.*, 1977; Poole, 1982a). Sin embargo, en términos generales la productividad de poblaciones de latitudes templadas es superior a la productividad de poblaciones subtropicales (Poole, 1982a, 1989:219). Esta diferencia se compensa con la mayor supervivencia hasta el primer año de vida de los juveniles de poblaciones no migratorias (Judge, 1983), fenómeno discutido anteriormente.

Las poblaciones subtropicales de Baja California comparten

la calidad de no migratorias, por lo que las diferencias de productividad entre estas poblaciones deben atribuirse a otros factores. En general, la productividad promedio (volantones/nido productivo) en Bahía de Los Angeles y en Ojo de Liebre es mayor que en Isla Ballena ( $t=1.764$ , 4 g.l.,  $p<0.1$ ), mientras que la relación es opuesta si consideramos la productividad global (volantones/nido activo) ( $t=9.092$ , 4 g.l.,  $p<0.05$ ) (Tabla VI). Esto indica que, mientras que en Isla Ballena en 1989 el número de nidos activos que llegaron a producir pollos fue elevado, los niveles de mortalidad en nidadas de más de un pollo fueron mayores que en las colonias de Bahía de los Angeles y Ojo de Liebre. Siendo que la principal causa de mortalidad en Isla Ballena es la inanición, se concluye que las variaciones de productividad entre estas tres colonias puede atribuirse a diferencias en el abastecimiento de alimento a los pollos por parte del padre.

La provisión de alimento puede estar afectada por: 1) condiciones climáticas, 2) tiempo que el padre dedica a la pesca, 3) disponibilidad y abundancia de peces, y 4) competencia en áreas de pesca. Si bien las condiciones climáticas (viento, nubosidad) pueden llegar a afectar el éxito de captura de las águilas en aguas profundas (por ej., lagos) (Grubb, 1977), diversos autores han comprobado que el efecto es mínimo en la mayoría de los casos (Green, 1976; Prevost, 1977 en: Poole, 1989; Stinson, 1978).

Green (1976) observó que la defensa del nido ante la

Tabla VI: Productividad promedio y global en las colonias de Bahía de los Angeles (Judge, 1983), Ojo de Liebre (Castellanos, 1991) e Isla Ballena.

	Año	Prod. prom. (v./n.prod.)	Prod. global (v./n.act.)
B. DE LOS ANGELES	'77	1.52	1.00
	'78	1.86	0.93
OJO DE LIEBRE	'80	1.33	0.52
	'81	1.81	0.89
	'82	1.69	0.63
ISLA BALLENA	'89	1.47	<b>0.96</b>

presencia de intrusos puede llegar a consumir gran parte del tiempo de un macho, no permitiendo en algunas ocasiones que éste obtenga alimento. Podría pensarse que, dada la alta densidad de anidación observada en Isla Ballena, el tiempo que los padres dedican a la defensa del territorio es mayor aquí que en otras áreas, reduciéndose consecuentemente el tiempo que dedican a la obtención de alimento. Sin embargo, Reitherman y Storrer (com. pers.; Bruce Reitherman, P.O. Box 545, Summerland, CA 93067, USA) observaron que los machos permanecen cerca del nido entre el 41 y el 59% del día, valores intermedios entre los obtenidos por Levenson (1979) en el norte de California y por Stinson et al. (1988) en el noroeste de Washington, en colonias de densidad mucho menor.

Si el clima no afecta sensiblemente y los machos se dedican a pescar un tiempo comparable al que emplean en otras áreas, la obtención de alimento en Laguna San Ignacio podría verse influenciada negativamente por escasez o poca disponibilidad de alimento, por competencia intraespecífica en las áreas de pesca, o por una combinación de ambos factores. Dominguez (1984) observó que en una población invernante en una presa del estado de Oaxaca, las águilas establecen territorios acuáticos en las zonas de pesca, relacionándose esto directamente con la explotación de los recursos alimenticios del área. Este autor comprobó que la distribución de los territorios no es homogénea ni aleatoria, sino agrupada en función de las características del lugar: menor perturbación humana, tipo de vegetación,

posaderos y concentración de peces. Judge (1980) observó que, en Bahía de los Angeles, las águilas realizaban la mayor parte de sus capturas en la franja costera o en bajos, por lo que se deduce que el área óptima para la pesca está limitada a zonas de baja profundidad. Tomando en cuenta estas observaciones, es válido pensar que no toda la Laguna San Ignacio presenta características óptimas para la pesca, y que la competencia por los territorios a lo largo de costas y bajos es muy intensa, especialmente si se considera el alto número de individuos que procuran alimento en el área. Si los machos emplean regularmente una parte determinada del día para pescar, pero en ese lapso de tiempo deben distraerse en luchas territoriales, la consecuencia es la reducción del tiempo neto de pesca y del abastecimiento de alimento al nido. Este fenómeno sería proporcional a la densidad de águilas en busca de alimento y al área apta para la pesca en una zona determinada. Por otro lado, si el alimento es escaso o poco accesible a las águilas, aún empleando la totalidad del tiempo de pesca las capturas serían limitadas. Estas hipótesis requerirían de observaciones especiales para ser comprobadas.

Spitzer (1980 en: Poole, 1989:144-147) determinó que se deben producir 0.80 volantones/nido activo para mantener la estabilidad de la población de New England-Long Island (E.U.A.). Esta población está sometida a las tasas de mortalidad propias de poblaciones migratorias (discutido anteriormente), por lo que posiblemente requiera de una



mayor productividad para mantener su estabilidad que las poblaciones subtropicales. Sin embargo, la productividad de la colonia de Isla Ballena supera este valor, por lo que puede esperarse un incremento en el número de parejas anidantes a lo largo del tiempo. Este incremento se vería en algún momento limitado por el consecuente aumento de competencia en las zonas de pesca, que reduciría el aporte de alimento a los pollos abatiendo en última instancia la productividad.

Relación entre *productividad y densidad*. Siendo el águila pescadora una especie que usualmente anida en forma solitaria o en colonias dispersas, llama la atención el hecho de que en Isla Ballena se halla establecido una colonia de densidad extremadamente alta. El incremento de la población reproductiva en Isla Ballena y los mecanismos que posiblemente limiten a esta población en el futuro se describen en el siguiente modelo:

Se reconoce a esta especie como filopátrica, es decir, con fuerte tendencia a regresar a reproducirse al área donde nació (Johnson y Melquist, 1973; Henny y Van Velzen, 1972 en: Palmer, 1988; sección 7.7. de este estudio). La filopatría, entonces, ha promovido el regreso de las águilas al área de Laguna San Ignacio, donde el único lugar apto para anidar es Isla Ballena. Históricamente, la productividad de esta colonia se ha de haber mantenido por sobre su nivel de estabilidad, incrementándose consecuentemente su

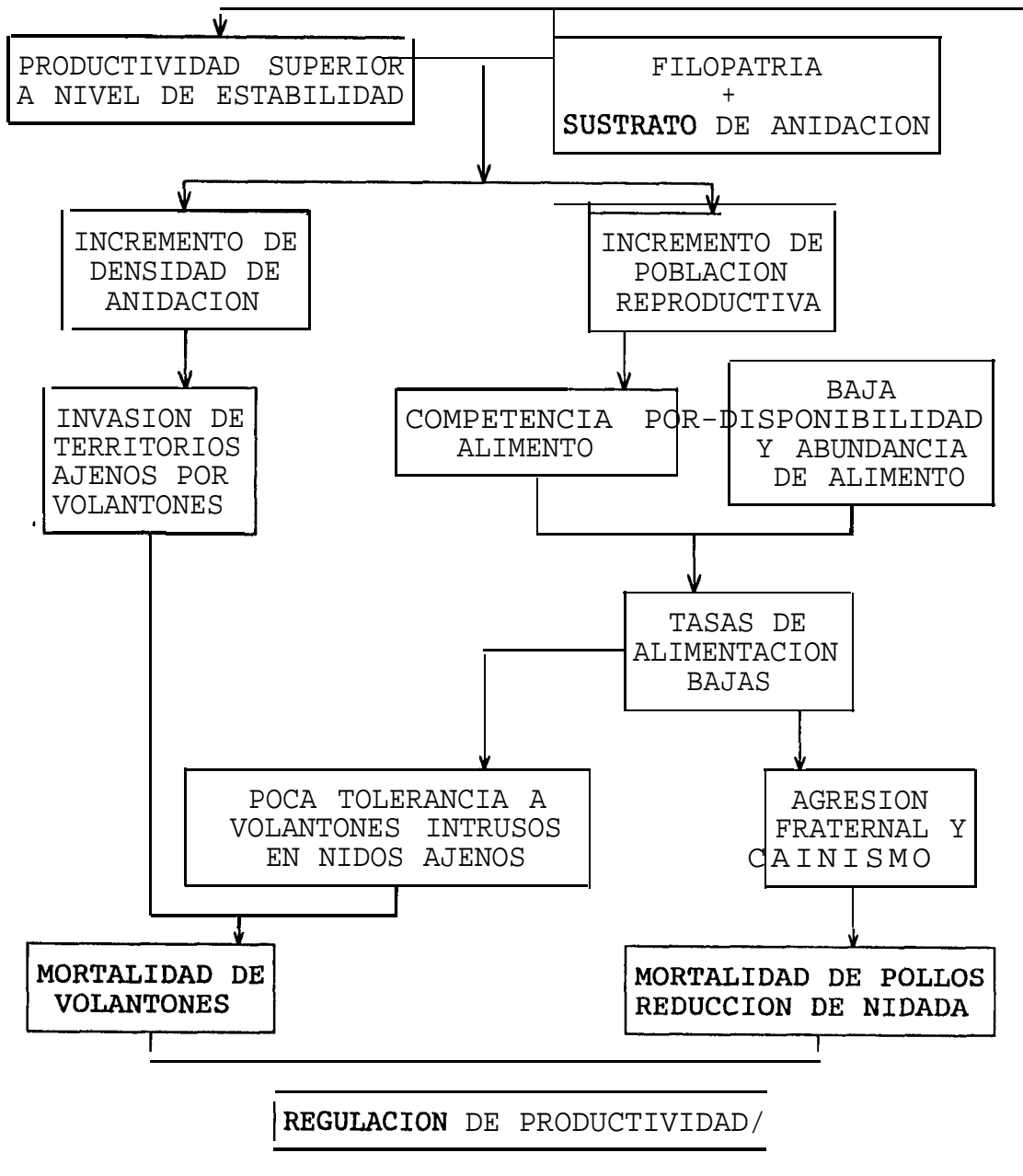


Figura 17: Relación entre densidad y productividad en Isla Ballena.

población reproductiva y densidad de anidación.

La Figura 17 esquematiza la posible interrelación existente entre la productividad y la densidad en la colonia de Isla Ballena. Dada una productividad superior a la requerida para mantener la estabilidad de la población (probablemente un valor menor a 0.8 volantones/nido activo), la combinación de filopatría y disponibilidad de sustrato de anidación promueven el incremento de la población reproductiva y la densidad de anidación en esta colonia. El aumento de la población reproductiva trae aparejada una mayor competencia en las áreas de pesca, pudiendo esto, además, estar influenciado por la abundancia y disponibilidad del alimento en la laguna. Estos factores limitan la provisión de alimento a los pollos, causando inanición, agresión fraternal y cainismo, lo que incrementa los niveles de mortalidad. Por otro lado, la densidad de anidación propicia que los volantones invadan territorios ajenos en sus primeros vuelos. Las tasas de alimentación bajas reducen la tolerancia de los adultos a intrusos, ocasionando ataques y muerte de volantones. La reducción de nidada y la muerte de volantones son factores que regulan la productividad de la colonia. Mientras que el número de parejas reproductivas no alcance niveles tales que los efectos descritos reduzcan la productividad por debajo del nivel de estabilidad, la población seguirá incrementándose. Si el número de anidantes excede ese nivel, la población decrecerá hasta tanto este mecanismo se revierta.

## 9. CONCLUSIONES

1. La colonia reproductiva de águila pescadora en Isla Ballena presenta una cronología extendida y asincrónica, típica de poblaciones subtropicales no migratorias.

2. El sustrato de anidación en Isla Ballena es muy abundante. La anidación a nivel del suelo está posibilitada por la ausencia de depredadores. La reproducción de las águilas no se ve afectada en forma negativa por la presencia de otras aves anidantes en el lugar.

3. Los huevos resultaron más grandes que los registrados en poblaciones de climas templados. Esto, y el período de crianza extendido, implican una mayor inversión parental que se refleja en un tamaño mayor de los volantones al término de la anidación, comparándolos con los juveniles de poblaciones migratorias, y que probablemente aumente sus probabilidades de supervivencia luego de abandonar el nido.

4. El éxito reproductivo no está afectado por la altura del nido. La productividad promedio se elevó significativamente en los nidos rodeados por colonias de otras especies de aves, ubicados en las áreas centrales de la isla. Esto último, y un leve incremento (no significativo) en la productividad de los nidos al alejarse la línea costera, sugiere que las áreas centrales de la isla presentan alguna ventaja para la anidación de las aves. El tamaño óptimo de puesta fue de dos huevos, siendo estas nidadas las más exitosas.

5. La extensión del período de crianza de los pollos no se refleja en el crecimiento del **culmen** ni en la tasa de crecimiento en peso. Sin embargo, los pollos de esta población alcanzan pesos superiores que los de poblaciones de climas templados. La ausencia de actividad migratoria no afectaría las tasas de crecimiento de los pollos pero permitiría que estos alcancen un tamaño mayor.

6. La mortalidad, fundamentalmente causada por agresión fraternal, inanición, o la combinación de ambos factores, estaría relacionada positivamente con los requerimientos energéticos derivados del crecimiento de los pollos. Esto estaría acentuado por tasas de provisión de alimento bajas.

7. Los adultos agreden y en algunos casos dan muerte a volantones intrusos en su territorio. Este fenómeno estaría relacionado con la alta densidad de anidación y una provisión de alimento baja.

8. La provisión de alimento baja mencionada en los puntos 6 y 7 sería una consecuencia de la competencia en áreas de pesca, incrementada por el alto número poblacional e, hipotéticamente, por baja disponibilidad **y/o** abundancia de alimento en la laguna.

9. A través del aumento de competencia en áreas de pesca y en segundo plano, de la mortalidad de volantones, el número de parejas anidantes y la densidad de anidación representan limitantes que regulan la productividad de la colonia.

10. Sumando los efectos de la filopatría y la disponibilidad de **sustrato** de anidación en Isla Ballena,

mientras la productividad se mantenga sobre el nivel necesario para mantener la estabilidad numérica de la colonia (alrededor de 0.8 volantones/nido activo), la población reproductiva continuará incrementándose.

## 10. RECOMENDACIONES

Aunque Isla Ballena está legalmente protegida (Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, 1988), la protección *real* que recibe es nula. Al ser decretada zona núcleo de la Reserva de la Biósfera "El Vizcaíno", se prohibió en Isla Ballena toda actividad humana, con excepción de la investigación científica. Sin embargo, durante el estudio realizado en el área se identificaron tres fuentes principales de perturbación: turistas que visitan la laguna principalmente en la temporada de reproducción de la ballena gris, fotógrafos profesionales y aficionados, y pescadores y personal involucrado en la extracción de almeja catarina. Los visitantes recorren la isla produciendo diferentes grados de perturbación, lo que afecta principalmente a las especies de anidación colonial como el pelícano marrón y el cormorán de doble cresta. Otra perturbación potencial está representada por aterrizajes de avionetas. En ambas secciones de Isla Ballena fueron encontradas huellas de este tipo de aeronaves.

Considerando que, dadas las condiciones actuales, es utópico pretender el establecimiento de un sistema de guardafaunas en el área, una posible solución al problema de protección de Isla Ballena sería el nombramiento de guardafaunas honorarios. Los mismos podrían seleccionarse entre los habitantes de la laguna, quienes de por sí conocen la zona y su fauna, habitan permanentemente en el lugar, y

disponen de medios de movilidad tanto terrestre como acuático.

Considerando su sensibilidad y la perturbación a que está expuesta, esta localidad y la comunidad que alberga merecen ser protegidas.



## 11. SUGERENCIAS PARA TRABAJO FUTURO

Algunos elementos del modelo de regulación poblacional en la colonia de Isla Ballena requieren verificación experimental, ya que aunque han sido comprobados en otras poblaciones, quedan en un nivel hipotético en esta localidad. Fundamentalmente, se debe demostrar la existencia de territorialismo y competencia en las áreas de pesca de Laguna San Ignacio, así como evaluar la eficiencia de captura de los machos bajo estas condiciones. El marcado de adultos posibilitaría su estudio individual, particularmente en los machos, y el análisis de cambios en su peso permitiría evaluar el desgaste de los mismos durante la temporada reproductiva. También es necesario estudiar la dispersión y comportamiento de juveniles, para lo cual un seguimiento de los organismos anillados en 1981 y 1982 aportará datos interesantes. La realización de censos anuales en los cuales se determine la productividad de la colonia permitiría comprobar el funcionamiento del esquema de regulación poblacional propuesto.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- BANCROFT, G. 1927. Notes on the breeding **coastal** and insular birds of central Lower California. *Condor* **29:188-195**.
- BENT, A.C. 1937. *Life histories of North American Birds of prey: Order Falconiformes* (Part 1). 1963 edition. Dover Publications. New York.
- CASTELLANOS, A. 1991. *Biología reproductiva, productividad y **estatus** poblacional del águila pescadora (Pandion haliaetus carolinensis) en el complejo lagunar Ojo de Liebre-Guerrero Negro, Baja California Sur, México, en los períodos reproductivos 1979-1980, 1980-1981 y 1981-1982*. Memoria profesional. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. **113** pp.
- CONTRERAS, F. 1985. *Las lagunas costeras mexicanas*. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México. 265 pp.
- COULTER, M. 1973. *Breeding biology of the Western Gull, Larus occidentalis*. Tesis de Maestría. Universidad de Oxford, Gran Bretaña. 78 pp.
- DANEMANN, G.D. 1991. *Amplitud y sobreposición de nichos ecológicos de aves ictiófagas anidantes en Isla Ballena, Laguna San Ignacio, Baja California Sur*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 92 pp.
- DANEMANN, G.D. y J. GUZMAN P. 1992. Notes on the birds of San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, **Mexico**. *Western Birds* **23:11-19**.
- DANIELS, W. 1988. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Tercera edición. Ed. Limusa. México, D.F. 667 pp.
- DOMINGUEZ B., R. 1984. *Actividades y comportamiento de una **población** invernante de Pandion haliaetus (Linnaeus) (Aves: Pandionidae) en la presa Miguel Alemán, Oaxaca, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 47 pp.
- ERWIN, R. y T. CUSTER. 1982. Estimating **reproductive** success **in** colonial waterbirds: **an** evaluation. *Colonial Waterbirds* **5:49-56**.
- GOBIERNO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. 1988. Decreto por el que se declara la Reserva de la Biósfera "El Vizcaíno", ubicada en el Municipio de Mulegé, B.C.S. *Diario Oficial* **422(22):2-27**.

- GREEN, R. 1976. Breeding behavior of Ospreys Pandion haliaetus in Scotland. *Ibis* 118:475-490.
- GRUBB, T. 1977. Weather-dependent foraging in Ospreys. *Auk* 94:146-149.
- HARRISON, C. 1984. *A field guide to the nests, eggs and nestling of North American birds*. Collins Publishers. Toronto. 416 pp.
- HENNY, C. 1988. Large Osprey colony discovered in Oregon in 1899. *The Murrelet* 69:33-36.
- HENNY, C. y D. ANDERSON. 1979. Osprey distribution, abundance, and status in Western North America: III. The Baja California and Gulf of California population. *Bull. South. Cal. Acad. Sci.* 78(2):89-106.
- HICKEY, J. y D. ANDERSON. 1968. Chlorinated hydrocarbons and eggshell changes in raptorial and fish-eating birds. *Science* 162:271-273.
- HUEY, L. 1927. The bird life of San Ignacio and Pond lagoons on the western coast of Lower California. *Condor* 29:239-243.
- JAMIESON, I. y N. SEYMOUR. 1983. Inter- and intra-specific agonistic behavior of Ospreys (Pandion haliaetus) near their nest sites. *Can. J. Zool.* 61:2199-2202.
- JAMIESON, I., N. SEYMOUR, R. BANCROFT y R. SULLIVAN. 1983. Sibbling aggression in nestling Ospreys in Nova Scotia. *Can. J. Zool.* 61:466-469.
- JONES, M. y S. SWARTZ. 1984. Demography and phenology of gray whales and evaluation of whale-watching activities in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. En: M. Jones, S. Swartz y S. Leatherwood (Eds.): *The gray whale, Eschirichtus robustus*. Academic Press, Inc. New York, USA, pp. 309-373.
- JOHNSON, D. y W. MELQUIST. 1973. Unique, rare and endangered raptorial birds of North Idaho: nesting success and management. Univ. of Idaho - USDA/For. Ser., pp. 4-16.
- JUDGE, D. 1980. Feeding habits of Ospreys in a marine habitat. *Pac. Seab. Group 1980 Symp. Abstracts*
- JUDGE, D. 1981. Productivity and provisioning behavior of Ospreys (Pandion haliaetus) in the Gulf of California. Tesis de Maestría. Universidad de California, Davis, USA. 82 pp.

- JUDGE, D. 1983. Productivity of Ospreys in the Gulf of California. *Wilson Bull.* 95:23-41.
- KENNEDY, R. 1973. Notes on the migration of juvenile Ospreys from Maryland and Virginia. *Bird-Banding* 44:180-186.
- KENNEDY, R. 1977. The status of the Osprey in tidewater Virginia, 1970-71. **En:** J. Ogden (ed.) *Transactions of the North American Osprey Research Conference*. U.S. Dep. of the Interior. Trans. and Proc. Series N°2. Washington, D.C., pp. 121-134.
- KOPLIN, J., D.S. MAC CARTER, D. GARBER y D.L. MAC CARTER. 1977. Food resources and fledgling productivity of California and Montana Ospreys. **En:** J. Ogden (ed.) *Transactions of the North American Osprey Research Conference*. U.S. Dep. of the Interior. Trans. and Proc. Series N°2. Washington, D.C., pp. 205-213.
- LACK, D. 1966. *Population studies of birds*. Clarendon Press. Oxford, Gran Bretaña. 341 pp.
- LEON, J.L., J. CANCINO y L. ARRIAGA. 1991. Asociaciones fisonómico-florísticas y flora. **En:** Ortega, A. y L. Arriaga (Eds.). *La Reserva de la Biósfera El Vizcaíno en la península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C.. La Paz, B.C.S., México. Publicación N°4. Pp. 145-175
- LEVENSON, H. 1979. Time and activity budgets of Ospreys nesting in northern California. *Condor* 81:364-369.
- LEVENSON, H. y J. KOPLIN. 1984. Effect of human activity on productivity of nesting Ospreys. *J. Wildl. Manage.* 48:1374-1377.
- MARQUARDT, D. 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *J. Soc. Ind. App. Math.* 11:431-441.
- MAYFIELD, H. 1975. Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bull.* 83:456-466.
- MC LEAN, P. y M. BYRD. 1991. The diet of Chesapeake Bay Ospreys and their impact on the local fishery. *J. Raptor Res.* 25:109-112.
- NEWTON, I. 1979. *Population ecology of raptors*. Buteo Books. Vermillion, South Dakota, USA. 399 pp.
- ODSJÖ, T. y J. SONDELL. 1976. Reproductive success of ospreys in southern and central Sweden. *Ornis Scandinavica.* 7:71-84.

- ODUM, E.P. 1972. *Ecología*. Tercera edición. Ed. Interamericana. México. 639 pp.
- OGDEN, J. 1977. Preliminary report on a study of Florida Bay Ospreys. En: J. Ogden (ed.) *Transactions of the North American Osprey Research Conference*. U.S. Dep. of the Interior. Trans. and **Proc.** Series **N°2**. Washington, D.C., pp. 139-142.
- PALMER, R.S. (Ed.) 1988. *Handbook of North American birds. Vol. 4*. Yale University Press. New Haven, Connecticut. 433 pp.
- PARNELL, J. y R. WALTON. 1977. Osprey reproductive success in Southeastern North Carolina. En: J. Ogden (ed.) *Transactions of the North American Osprey Research Conference*. U.S. Dep. of the Interior. Trans. and **Proc.** Series **N°2**. Washington, D.C., pp. 135-139.
- POOLE, A. 1979. Sibling aggression among nestling Ospreys in Florida Bay. *Auk* **96:415-417**.
- POOLE, A. 1982a. Brood reduction in temperate and subtropical Ospreys. *Oecologia* **53:111-119**.
- POOLE, A. 1982b. Breeding Ospreys feed fledglings that are not their own. *Auk* **99:781-784**.
- POOLE, A. 1989. *Ospreys: a natural and unnatural history*. Cambridge University Press. Great Britain. 246 pp.
- POSTUPALSKY, S. 1977a. A critical review of problems in calculating Osprey reproductive success. En: J.C. Ogden (Ed.) *Transactions of the North American Osprey research conference*. U.S. Dep. of the Interior. Trans. and **Proc.** Series **N°2**. Washington, D.C., pp. 1-11.
- POSTUPALSKY, S. 1977b. Status of the Osprey in Michigan. En: J. Ogden (ed.) *Transactions of the North American Osprey Research Conference*. U.S. Dep. of the Interior. Trans. and **Proc.** Series **N°2**. Washington, D.C., pp. 153-166.
- REESE, J. 1977. **Reproductive** success of Ospreys in central Chesapeake Bay. *Auk* **94:202-221**.
- REITHERMAN, B. y J. STORRER. 1981. A preliminary report on the reproductive biology and ecology of the Whale Island Osprey (*Pandion haliaetus*) population, San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, México. Informe no publicado presentado a la Western Foundation of Vertebrate Zoology, 1100 Glendon Ave., Suite 1400, Los Angeles, CA 90024, E.U.A. 28 pp.

- REITHERMAN, B. 1982. *The reproductive biology and ecology of the Ospreys (Pandion haliaetus) of San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, Mexico.* Informe no publicado presentado a la Western Foundation of Vertebrate Zoology, 1100 Glendon Ave., Suite 1400, Los Angeles, CA 90024, E.U.A. 8 pp.
- RICHARDS, F. 1959. A flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Botany* 10:290-300.
- RICKLEFS, R. 1979. Patterns of growth in birds. V. A comparative study of the development in the starling, common tern, and japanese quail. *Auk* 96:10-30.
- STINSON, C. 1977. Growth and behavior of young Ospreys Pandion haliaetus. *Oikos* 28:299-303.
- STINSON, C.H. 1978. The influence of environmental conditions on aspects of the time budgets of breeding Ospreys. *Oecologia* 36:127-139.
- STINSON, C., J. LAUTHNER y R. RAY. 1988. Breeding behavior of Ospreys in northwestern Washington. *The Murrelet* 69:24-27.
- STOTTS, V. y C. HENNY. 1975. The age at first flight for young American Ospreys. *Wilson Bull.* 87:277-278.

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE  
CIENCIAS EXACTAS  
BIBLIOTECA  
I.P.E.  
DONATIVO