

00322



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

127

FACULTAD DE CIENCIAS

“TENDENCIA POBLACIONAL DEL AGUILA PESCADORA (*Pandion haliaetus*) EN UN PERIODO DE 20 AÑOS EN LA LAGUNA DE SAN IGNACIO, B.C.S. MEXICO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

ERIKA JAZMIN MORALES REYES



DIRECTOR DE TESIS, DR. RICARDO RODRIGUEZ-ESTRELLA

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES



2003

FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ORGANISMO NACIONAL
AZIENMATE
MEXICO

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA

Jefa de la División de Estudios Profesionales de la

Facultad de Ciencias

Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Tendencia Poblacional del Aguila Pescadora (Pandion haliaetus) en un Periodo de 20 años en la Laguna de San Ignacio, B.C.S., México".

realizado por Erika Jazmín Morales Reyes

con número de cuenta 9034572-6, quién cubrió los créditos de la carrera de **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dr. Ricardo Rodríguez Estrella

Propietario Dr. Adolfo Navarro Sigüenza

Propietario Biólogo Edgar Camacho Castillo

Suplente M. en C. Octavio Rojas Soto

Suplente Biólogo Salomón Díaz Mondragón

FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

13

Dedicatoria.

A Pily y Felipe por que todo lo hermoso que ustedes representan en la vida me ha formado la existencia mil gracias por su amor y apoyo, va por ustedes.

A León-fe por tu perseverancia y tu hombro.

A Sal hasta el ultimo instante, por compartir la felicidad y tu eterna sonrisa, gracias cómplice.

A Teche, Mario, León y Luisita por ser y haber sido los ejes centrales de las familias, por sus enseñanzas y por llevarlos en mi corazón.

Agradecimientos.

Espero que en estos breves instantes en los que se me llenan los recuerdos de imágenes no deje a nadie fuera de esta hoja, aun que siempre estarán en mi pensamiento.

Primero quiero agradecer a mi director de tesis, Ricardo por enseñarme lo maravilloso que es trabajar con dedicación y gusto, por tus enseñanzas y paciencia.

A Claudia por que no solo me brindaste tu casa en la Paz, sino tu valiosa amistad, por ser tantas cosas en mi vida y por enseñarme a luchar en los peores momentos, te quiero.

A toda la banda descomunal que formo parte de mi vida durante todas los momentos en la fac , Mau por los mares, Manuel, Lalo y Omar por sus hombros y platicas infinitas, a Claudia por ser esa conciencia que convierte el aire en agua, a Lorena, Gaby y Myriam por compartir los sueños de la vida.

Fabiola, Lorena y Fany por que cada que podemos hacemos estallar la risa y las fragilidades juntas, por el tiempo vivido y por la mirruña.

Pepe por lo enorme de tu amistad y por existir.

Arturo solo te pido que sigas siendo la oreja, por que aun conserves tus sueños. Lorena, Austria y Lety por esos buenos reventones y expresiones compartidas.

A toda mi familia que en momentos importantes han estado ahí, soy afortunada de tenerlos a cada uno de ustedes y por las nuevas existencias como Elenita. A la tía Gloria. Vale, por verte sin dientes y ahora con dientes.

A coquito y el universo verde por lo gigantes que son.

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste para la realización de la tesis dentro de la Institución, así como la beca otorgada por el Programa de Postgrado.

El Proyecto Institucional del que forma parte este trabajo de tesis es "Efecto de las Actividades Humanas en la Fauna de Vertebrados de B.C.S., una Aproximación a la Biología de la Conservación" y al Proyecto CONACyT: 313372-N, "Efecto de las Actividades Humanas en la Ecología de Vertebrados, las Aves como Modelo, en el Desierto de Baja California Sur". Ambos proyectos bajo la responsabilidad del Dr. Ricardo Rodríguez Estrella. De igual manera agradezco por sus comentarios, correcciones y enseñanzas en este trabajo al Dr. Adolfo Navarro, al M. en C. Octavio Rojas Soto y a los Biólogos Edgar Camacho y Salomón Díaz.

Agradezco infinitamente la ayuda en campo y fuera de él a Abelino Cota y Raquel Bolaños.

A LA UNAM.

RESUMEN

Se analizaron los patrones reproductivos del Águila Pescadora determinando las tendencias poblacionales en un periodo de 20 años en la Laguna de San Ignacio, B.C.S., dicha población es residente, sus movimientos son considerados como locales, comparados con las migraciones a larga distancia de las poblaciones migratorias.

La temporada de reproducción del águila pescadora en las islas garzas y pelícanos para los años 1998 y 2000 tuvo una larga duración, lo cual muestra que el tipo de reproducción que se observa en el área de estudio es asincrónica. Esta asincronía en la reproducción es una tendencia anual en la colonia.

Los análisis de productividad arrojan que en 1998, de 116 nidos activos se liberaron 110 volantones, mientras que en el año 2000 se registraron 93 nidos activos de los cuales se liberaron 77 volantones. Se ha estimado que el valor medio de éxito de eclosión para el águila pescadora residente se ubica entre el 60 y 75%, en este sentido la población de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio ha tenido un éxito de eclosión ubicado dentro de los rangos normales reportados.

Los valores más altos en la productividad promedio alcanzados en un periodo de 20 años de datos se obtuvieron en el año 2000.

La población reproductora de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio puede considerarse una población estable.

Las variaciones de productividad en los años en que se cuenta con registros pueden atribuirse a diferencias en la disponibilidad de alimento, al parasitismo y a condiciones climáticas. Estos factores han demostrado ser importantes en la productividad de la especie y la de diversas aves.

En estas islas anida un número elevado de cormoranes, garzas, pelícanos y gaviotas, por lo que posiblemente la competencia por alimento en algunos meses sea un factor que está regulando a la población de águila pescadora, ya que la disponibilidad de alimento se reduce por la competencia interespecífica.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	5
III.	OBJETIVOS	11
IV.	ÁREA DE ESTUDIO	12
V.	MÉTODOS	15
VI.	RESULTADOS	23
	6.1 Cronología reproductiva	23
	6.2 Tamaño poblacional del águila pescadora	27
	6.3 Tendencia poblacional	29
	6.4 Tablas de vida	31
	6.5 Modelo para poblaciones estructuradas	37
VII.	DISCUSIÓN	40
VIII.	CONCLUSIONES	50
IX.	LITERATURA CITADA	52
X.	ANEXOS	57

I. INTRODUCCIÓN

El grupo de las aves rapaces tiene un papel importante en las redes tróficas ya que conforman, junto con los grandes mamíferos carnívoros, la entidad trófica conocida como los grandes depredadores (Rodríguez-Estrella 1993). También son indicadores biológicos importantes de salud de los ecosistemas debido a que se les encuentra en la mayoría de los hábitat, están en la cima de la pirámide alimenticia, ocupan grandes extensiones de territorio y son, en su mayoría, sensibles a las perturbaciones causadas por la actividad humana (Newton, 1989). También son un buen modelo para realizar estudios a largo plazo sobre su demografía y tendencias poblacionales que podrían ser un indicio de la salud de los ecosistemas y las fluctuaciones de las poblaciones naturales.

El águila pescadora (*Pandion haliaetus*) ha sido una de las rapaces más estudiadas desde los años 60's, por vivir cerca de poblaciones humanas (Westall 1990), y por haber sido una de las especies más afectadas por el uso del DDT, lo que llevó a la disminución y desaparición de sus poblaciones en amplias áreas de su distribución conocida (Poole 1989).

En el pasado, su caza y la destrucción de sus nidos fueron grandes amenazas, así como la contaminación de lagos y aguas costeras con insecticidas organoclorados (DDT) (Postupalsky 1977). Muchas poblaciones llegaron a desaparecer localmente a lo largo de su distribución y la especie llegó a ser clasificada como en peligro de extinción. Esta situación cambió al eliminarse el uso de pesticidas y protegerse a la especie, así como con medidas de manejo que permitieron el restablecimiento e incremento de poblaciones.

En la mayor parte de Norteamérica, las poblaciones de águila pescadora son migratorias, pero en latitudes subtropicales, existen poblaciones residentes, como son las poblaciones reproductoras de Florida y de algunas regiones de México, incluyendo Baja California Sur (Poole 1989). La población estudiada en el presente trabajo es residente y sus movimientos son considerados como locales, comparados con las migraciones a larga distancia de las poblaciones migratorias.

La mayoría de los estudios sobre biología reproductiva del águila pescadora han sido con poblaciones migratorias. Para las poblaciones residentes los estudios han sido muy pocos, como es el caso de los estudios realizados por Castellanos en Guerrero Negro y Danemann en Laguna de San Ignacio, desconociéndose muchos aspectos de su biología y ecología (Poole 1989). Debido a esta carencia de información es importante estudiar las colonias residentes del sur de Baja California.

Los estudios con estas poblaciones podrán proporcionar información a corto, mediano y largo plazo, por ejemplo, sobre los procesos de dispersión, reclutamiento y mortandad de jóvenes en las colonias reproductoras, dentro de una perspectiva metapoblacional. Por otro lado, la elevada densidad de nidos hace fácil realizar estudios sobre la biología de la especie y su productividad bajo diferentes condiciones ambientales anuales.

Estudios de este tipo son necesarios para comprender la dinámica poblacional de especies coloniales en las áreas donde las poblaciones son residentes y donde no hay influencia del hombre. Así mismo, esta información permitirá ayudar a entender mecanismos reguladores de las poblaciones animales, en especial cuando se comparen con poblaciones sujetas a efectos por actividad humana o con poblaciones migratorias. Este tipo de estudios son particularmente importantes cuando se cuenta con información de las poblaciones en periodos largos, como es el caso de la población de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio, B.C.S.

Debido a que una parte de este estudio está enfocado en la demografía de la población de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio, es importante mencionar que los factores densodependientes son los principales responsables de la regulación del tamaño de las poblaciones de aves (Ashmole 1963). Entre los factores densodependientes se encuentran la disponibilidad de los sitios de anidación a nivel local y la depredación.

Existen puntos de vista opuestos sobre los mecanismos por medio de los cuales se lleva a cabo la regulación del tamaño poblacional. Lack (1954) y Ashmole (1963) apoyan la idea de que la competencia directa por el alimento es el

factor responsable del control de las poblaciones, mientras que otros plantean que son los organismos los que regulan y mantienen el número poblacional por debajo del nivel de sobreexplotación de los recursos en el cual habría competencia.

Una de las colonias de águila pescadora que anidan en el suelo se encuentra en las Islas Pelícanos y Garzas, en la Laguna de San Ignacio y comprende más de 100 parejas reproductivas en una superficie de aproximadamente 1 km². Esta es probablemente la concentración de águila pescadora en anidación más grande en el mundo (Henny y Anderson 1979; Poole 1989; Fig.1). Otra zona con una densidad elevada es la de Laguna Ojo de Liebre en la cual se registraron 66 nidos activos en el año de 1983 (Salinas-Zavala et al. 1991) y más de 100 nidos para 1998 (Rodríguez-Estrella *et al.* datos no publ; Fig. 1).

Las altas densidades presentes en los islotes de Laguna San Ignacio y Laguna Ojo de Liebre parecen deberse a la carencia de depredadores terrestres (Poole 1989). El águila pescadora en los islotes de la Laguna de San Ignacio anida en el suelo, lo cual es un claro indicio de que los depredadores terrestres se encuentran ausentes ahí. Aparentemente los canales que rodean a la isla forman una barrera efectiva contra la migración de predadores potenciales, aunque este canal es de menos de 1 km de ancho en el momento en que las partes someras costeras están expuestas a mareas extremadamente bajas (Reitherman y Storer 1981).

Las Lagunas de San Ignacio y Ojo de Liebre se encuentran protegidas por ley. Primero fueron declaradas como Refugio de Aves Acuáticas Migratorias en 1972 (Programa de Manejo de la Biosfera del Vizcaíno, 2000). Posteriormente, en 1995 ambas lagunas fueron incluidas dentro de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno. El sustento para crear esta Reserva de la Biosfera, que además es Patrimonio de la Humanidad, se basó en gran medida en la riqueza biológica de ambas lagunas. De esta manera este estudio contribuye también al conocimiento de la biología de las poblaciones animales en zonas naturales protegidas.

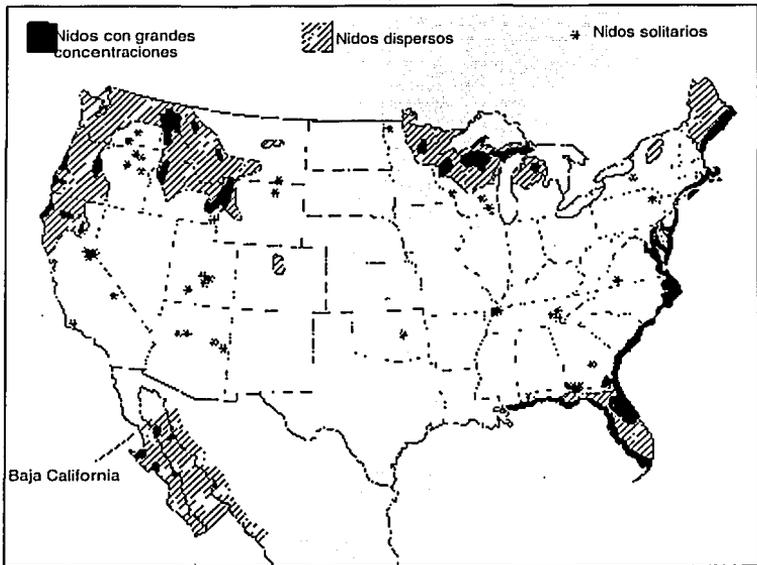


Figura 1 Mapa de distribución de los sitios de anidación del águila pescadora en México y Estados Unidos en 1985 (Tomado de Poole 1989).

En este estudio, se analizaron los patrones en los cambios que experimentan las poblaciones por variaciones ambientales con base en el índice de natalidad, el crecimiento poblacional y la mortalidad durante el ciclo reproductivo.

Ya que se está estudiando la dinámica de la población por medio de la demografía, se realizaron tablas de vida, ya que es una forma de registro de la información básica que se requiere para un análisis demográfico (Franco 1990). Existe un estimado de 800-900 parejas de águila pescadora que anidaban hasta 1975 a lo largo de la Península de Baja California y en los Estados de Sonora y Sinaloa. Estas regiones son desérticas, por lo cual los nidos están básicamente confinados a la costa (Henny y Anderson 1979).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II. ANTECEDENTES

La atención mundial sobre *Pandion haliaetus* surgió a mediados de la década de 1960, cuando Ames y Mersereau (1964) reportaron la declinación drástica de una población en la costa noroeste de los E.U.A.; desde entonces se han realizado un gran número de estudios sobre la especie (Westall 1990). Estos estudios documentaron básicamente que el águila pescadora exhibía alguno o varios de los siguientes problemas:

- Disminución numérica y desaparición de sus poblaciones en muchas regiones de su distribución histórica.
- El adelgazamiento de sus cascarones con la consecuente mortandad de los huevos.
- La baja en su productividad a niveles que se estimaron insuficientes para asegurar la estabilidad de las poblaciones.
- La implicación en dichos problemas, de pesticidas organoclorados como el DDT.

Fundamentado en los resultados de estudios de los efectos producidos por pesticidas en el águila pescadora y otras especies de aves piscívoras, en 1972 se prohibió en los E.U.A. el uso del DDT (Newton 1979, Poole y Spitzer 1983). Evidencias encontradas por distintos autores sugieren que a partir de la prohibición del uso de los pesticidas en 1970 las poblaciones de águila pescadora del Este de los E.U.A. se han recuperado de manera continua (Poole y Spitzer 1983, Henny y Anthony 1989, Spitzer 1989). Se ha encontrado asimismo que los niveles de productividad y los tamaños de población se aproximan a los prevalecientes antes del uso extensivo de pesticidas (Henny y Anthony 1989). No obstante, algunas investigaciones recientes demuestran que la baja productividad persiste en algunas poblaciones de los E.U.A., lo cual parece estar ligado a la presencia de otros contaminantes (Steidl *et al* 1991).

En las poblaciones de latitudes norteñas se han encontrado dos aspectos relevantes en las poblaciones residentes. Uno es el hecho de que se caracterizan

por su reproducción asincrónica (de larga duración, es decir, que en una misma fecha se encuentran nidos en estado de desarrollo con huevos, pollos y volantones), y el otro es que tienden a exhibir parámetros de éxito reproductivo comparativamente menores que los de poblaciones de latitudes norteadas que son migratorias (Poole 1989).

En el caso de las poblaciones de Baja California, y en el caso particular de La Laguna de San Ignacio, su población es estable y se han incrementado sus números reproductores en los últimos 50-60 años. Es de suma importancia tener información sobre la biología de las colonias reproductoras "sanas" y sin disturbios ya que ello ayuda a entender el comportamiento natural de sus poblaciones y permite un mejor manejo y conservación de sus poblaciones ante eventuales disturbios o planes de cambios del entorno.

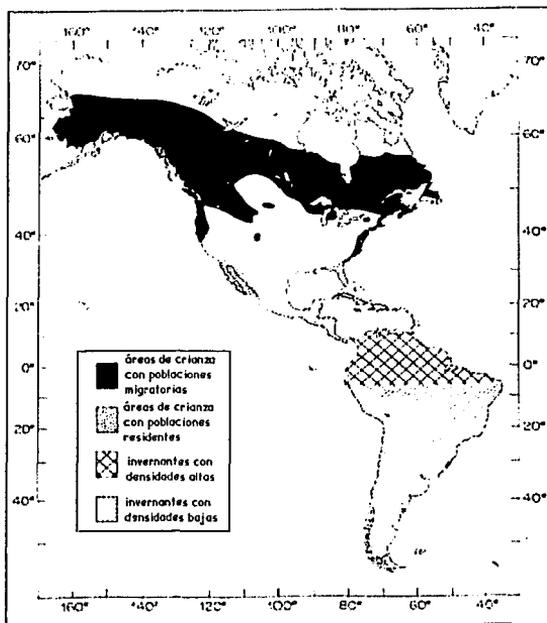
Taxonomía

El águila pescadora pertenece al orden Falconiformes, que agrupa a las aves rapaces diurnas. Está incluida en la familia Accipitridae, dentro de la cual es la única especie del género *Pandion*. La Subfamilia Pandionidae cuenta con 4 subespecies, *Pandion haliaetus haliaetus*, *Pandion haliaetus carolinensis*, *Pandion haliaetus ridgwayi* y *Pandion haliaetus cristatus*.

La subespecie del continente Americano es *Pandion haliaetus carolinensis* (Prevost 1983). Características: Longitud: 60-70 cm; envergadura: 150-170 cm; peso: 1120 a 2250 g. En relación al dimorfismo sexual de esta especie, se han realizado estudios que concluyen que no es marcado el dimorfismo sexual para las poblaciones de Baja California y Florida, y se pueden ver diferencias únicamente midiendo las plumas primarias de los individuos siendo evidente en las poblaciones del Norte de América. (Blanco y Rodríguez- Estrella 1999).

Distribución de la especie

El águila pescadora es una especie cosmopolita y en el continente Americano es de amplia distribución y abarca desde el Noroeste de Alaska hasta el sur de Chile (Fig. 2).



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 2 Mapa de distribución de áreas de crianza y de invernación de *Pandion haliaetus* en América
(Tomado de Poole 1989).

En México anida en las costas de Baja California, Sonora, Sinaloa y localmente en la costa de Quintana Roo. Algunos individuos en condiciones no reproductivas se pueden encontrar en otros Estados como Yucatán, Oaxaca y Chiapas durante el verano. En invierno está ampliamente distribuida (Peterson 1994).

La subespecie de América del Norte (California, Florida y Baja California Norte y Sur) presenta sus mayores poblaciones reproductoras en la costa del Atlántico y Pacífico de la porción norte del continente y en la región de Los Grandes Lagos de E.U.A. Las poblaciones de la costa Este de los Estados Unidos son migratorias

excepto la de Florida (Henny y Van Velzen 1972) y se desplazan hasta Centro y Sudamérica durante el verano (Bent 1961; Audubon 1967; Brown y Amadon, 1968; Poole 1989). En cambio las poblaciones de águila pescadora del Golfo de California y del occidente de la península de Baja California son residentes (Friedmann *et al* 1950).

Reproducción y anidación

La época reproductiva del águila pescadora en sitios donde es residente abarca de diciembre a julio, mientras que en poblaciones migratorias la reproducción se presenta de abril a julio (Poole 1989, Danemann 1994, Castellanos y Ortega 1995). Las actividades se inician con la reunión de los individuos que con antelación ha formado la misma pareja (Bent, 1937).

En la construcción del nido las parejas emplean unos 15 días, lapso durante el cual copulan; una vez terminado el nido sobreviene la puesta de los huevos. A partir de aquí y hasta que las crías vuelan, en algunos sitios las parejas quedan agrupadas en colonias, las que cada año se forman en los mismos lugares (Poole, 1989).

Los sitios de anidación del águila pescadora varían según las condiciones generales del ambiente. En las costas rocosas anidan en los acantilados, mientras que en aguas continentales lo hacen en las orillas boscosas con árboles y arbustos. Sin embargo, en algunas regiones donde estos sitios naturales escasean, las águilas pescadoras anidan sobre faros, torres, postes de alambrado telefónico y eléctrico (Poole, 1989). En islas anidan sobre el suelo, como sucede en los Islotes de las Lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio.

Los nidos se conforman por diversos materiales, principalmente de ramas o macroalgas secas, pastos, trozos de madera y huesos de otras aves. La hembra y el macho participan en el acopio de materiales, pero a veces uno de los dos permanece en el nido, en espera de que su pareja los acarree. Los nidos mantienen una forma oval e incrementan su altura año con año.

La hembra tiene una puesta por estación, pero si la primera nidada se pierde tempranamente puede producir otra, después de tres o cuatro semanas (Bent,

1961; Edwards y Collopy, 1988). En la costa occidental de América del Norte, las águilas pescadoras tienen un breve período de postura, de abril a mayo (Poole, 1989). En cambio, los individuos de la parte media occidental de Baja California tienen un periodo de postura mucho más largo, que inicia en diciembre y termina en julio (Salinas et al. 1991). En Baja California las puestas son asincrónicas, mientras que las poblaciones del Este de Norteamérica ovopositan sincrónicamente entre abril y mayo (Judge, 1983). Cada puesta, por lo común, es de tres huevos, ocasionalmente las hay de dos y muy raramente de cuatro.

Los huevos del águila pescadora de Norteamérica miden de 57.1 a 65.2 mm de largo, y de 42.2 a 49 mm de diámetro, con una medida de 60.8 y 44.2 mm, respectivamente. Los huevos del águila pescadora en los Islotes de San Ignacio miden en promedio 65 mm de largo y 42.7 mm de diámetro (medidos durante la época reproductiva del 2000).

Durante la incubación el macho provee de alimento a la hembra en el mismo nido, así como a toda la familia (madre y crías) en la época de crianza.

Las águilas pescadoras muestran una estrecha relación entre su apego al sitio del nido y la persistencia en la unión de la pareja. Se observa que estas aves en principio son fieles a su territorio, luego al nido y por último a la pareja (Fernández y Fernández, 1977; Judge, 1983).

Alimentación

El águila pescadora se alimenta casi exclusivamente de peces, pero también puede capturar ocasionalmente aves o pequeños mamíferos (Smith, 1991). Entre las presas llevadas a los nidos de la población de los islotes de la Laguna de San Ignacio (Danemman, 1991), se tienen los peces: *Mustelus californicus* (3.5%); *Bagre panamensis* (3.5%); *Hyporhamphus unifasciatus* (3.5%); *Strongylura exilis* (7.5%); *Atherinopsis californiensis* (11%); *Seriola dorsalis* (3.5%); *Cynoscion parvipinnis* (3.5%); *Orthopristis chalseus* (17%); *Mugil cephalus* (20%); *Mugil curema* (3.5%); *Paralichthys californicus* (3.5%); *Hypsopsetta guttulata* (11%); *Achirus mazatlanticus* (3.5%); *Opisthognathus punctata* (3.5%). El

porcentaje fue calculado de acuerdo al número de presas reportado en el mismo trabajo.

III. OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar los patrones reproductivos del Águila Pescadora (*Pandion haliaetus*) para determinar las tendencias poblacionales en un periodo de 20 años en la Laguna de San Ignacio, Baja California Sur.

Objetivos Particulares

- Cuantificar el número de crías por pareja para determinar la cronología reproductiva del año 2000 y compararla con el año 1998.
- Determinar la productividad de la colonia de San Ignacio en la temporada reproductiva del 2000, comparándola con los diferentes años en que se tenga registro.
- Analizar demográficamente a la colonia con la elaboración de tablas de vida estáticas.
- Determinar tendencias de crecimiento poblacional de la colonia a través del análisis de diferentes modelos poblacionales.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

La Laguna de San Ignacio está ubicada entre los 26° 38' y 27° 00' N y los 113° 06' W (Fig. 3). Es una de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno.

Dentro de la Reserva se consideran 16 zonas núcleo de uso restringido, entre ellas cinco islas de la Laguna de San Ignacio: Isla Delgadito, Isla Pelícanos, Islotes Delgadito, Isla Malcomb e Isla Garzas (Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, 2000).

La región de la cabeza de la laguna está compuesta de extensos salitrales mientras que su boca se comunica con el Océano Pacífico, específicamente con la región costera conocida como Bahía Ballenas. La Laguna 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).

Las islas Garzas y Pelícanos están ubicadas aproximadamente en la zona media del brazo norte de la Laguna de San Ignacio, tienen una superficie de 1.3 km² y en su punto más cercano está a 1700 m de tierra firme. Ambas islas están divididas por un canal de mareas de aproximadamente 500 m de ancho que se seca durante marea baja y entonces ambos islotes se comunican entre sí.

El clima del área 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 baja precipitación anual, 50 a 70 mm, y la elevada evapotranspiración potencial en la región, ocasionan que exista un déficit medio anual de agua (Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, 2000).

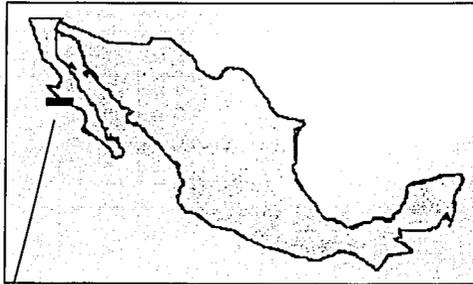
La vegetación de los islotes incluye plantas características del Desierto del Vizcaíno, como la cholla (*Opuntia* spp.), garambullo (*Lephocereus schottii*), pitahaya agria (*Machaerocereus gummosus*), chamizo (*Atriplex* spp), cardón (*Pachycereus pringlei*), frutilla (*Lycium* spp.) y palo adán (*Fouquieria diguetii*), así como plantas características de la franja costera, como la iodera (*Allenrolfea occidentalis*).

La fauna de las islas está compuesta principalmente de cormoranes (*Phalacrocorax auritus*), pelícanos (*Pelicanus occidentalis*), garzas (*Egretta rufescens*, *Ardea herodias*), gaviotas (*Sterna caspia*, *Larus occidentalis*) y el águila pescadora (*Pandion haliaetus*). Todas estas especies se reproducen en números importantes en los islotes (Danemann, 1994).

Se tiene registro del búho zancón (*Athene cunicularia*). Se encuentran pequeños mamíferos como ratones del género *Peromyscus* y también se han visto lagartijas, alacranes y escarabajos.

Existen diferentes campos pesqueros a lo largo de la vertiente oeste de la Laguna San Ignacio, donde se asientan permanentemente un promedio de 5 familias en cada uno de estos campos. A pesar de la cercanía con dichos campos pesqueros, la influencia humana en los islotes es nula, ya que únicamente se puede llegar en lancha y hay restricciones legales para su visita.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



113° 38' 55'' W 27° 4' 58'' N

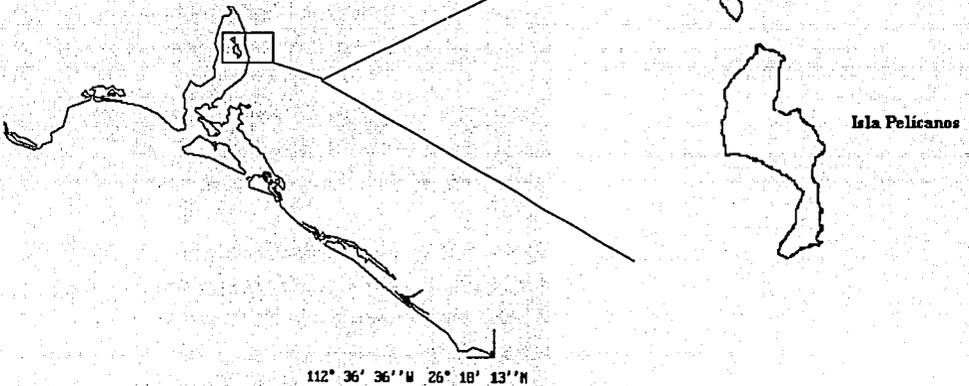


Figura. 3 Área de estudio en las Islas Garzas y Pelicanos en la Laguna de San Ignacio, B.C.S.

V. MÉTODOS

5.1 Salidas al campo

Se realizaron un total de 6 salidas a los islotes de la Laguna de San Ignacio, durante los meses de febrero a julio del año 2000. La duración de las visitas varió de 1 a 2 días, con un promedio de 4 personas por revisión de los islotes. Durante el mes de febrero se realizó el reconocimiento de la zona y la ubicación de los nidos activos (nidos con pollos y/o huevos). En ambas islas, donde se encontraban nidos activos, se procedió a identificarlos y marcarlos. El marcaje de los nidos fue con cinta "flaggin" de color azul y rojo (la cual es biodegradable), dándole numeración continua.

En las salidas subsecuentes se observaron los nidos activos marcados con anterioridad, registrándose en cada uno el estado de desarrollo de los pollos y/o el número de huevos. En cada salida también se identificaban y marcaban nidos activos nuevos, a los cuales se les registraba.

En cada nido activo se calculó el estado de desarrollo de los pollos mediante dos métodos:

1. En las dos primeras salidas (27 febrero, 30 marzo) la edad se estimó de manera visual, siguiendo el método de Begas, el cual consiste en observar el grado de emplumamiento y las medidas de las plumas primarias.
2. Durante las salidas posteriores (6 abril, 27 abril, 27 mayo, 5 julio) la edad se estimó mediante la relación del tamaño del culmen (del borde anterior del cere al extremo distal del culmen) y el peso con base a las tablas de crecimiento en función de la edad presentadas por Danemann (1994). La longitud del culmen se midió con vernier digital graduado en mm, y el peso con pesolas de 30, 50 y 100 g y de 1 y 2 kg.

En los nidos que contenían huevos se registró su número y si existía cuidado parental por parte de los adultos, ya que en caso de no presentarse posiblemente fuera un nido abandonado.

En los nidos donde los pollos se encontraron muertos, se tomó su peso y tomando en cuenta el grado de descomposición en el que se encontraban se estimó la posible edad de muerte.

Una vez que los pollos presentaban una edad aproximada de 30-35 días se anillaban, lo cual consistió en: Dentro del nido se inmovilizaba al pollo sujetándolo de las alas y las patas con las dos manos para evitar que durante la maniobra del marcaje se lastimara al ave o a la persona que realizaba el marcaje. Posteriormente se colocó en el tarso de la pata izquierda la marca, que consiste en un anillo autoajustable de material PVC con dimensiones de 25 mm de largo y 25.6 mm de ancho, color blanco con letras negras, los cuales contenían 3 caracteres (letra-número-letra) para su identificación. Una vez anillados se tomaron los datos de peso, medida del culmen y el número de parásitos que presentaban, los cuales generalmente consistían en ácaros y moscas planas, en el plumaje y en la parte ventral del pollo. Se aplicó una escala de estado de parasitación de 1 a 4 dependiendo del número de parásitos que presentaba cada ave. Esta escala correspondía a: 1) 1 ó 2 parásitos en las plumas; 2) entre 2 y 5 parásitos; 3) entre 5 y 20; 4) más de 20 parásitos. Algunos parásitos se colectaron en tubos "ependorf" con alcohol al 70% para su posterior identificación.

5.2 Cronología reproductiva

Se estimó la cronología reproductiva de 1998 y 2000 con los datos obtenidos en campo. De igual manera y con fines comparativos se estimó la cronología para el año 1998, ya que se contaba con los datos de las salidas al campo de este año. De esta manera, se estimó la fecha de eclosión-puesta-liberación en los dos años y se compararon para ver si existían diferencias de cada estado de desarrollo con relación a las fechas calculadas por año. Se compararon las fechas calendarizando el año 2000 y 1998 de forma consecutiva, es decir del 1 al 365; de esta manera se estimó la cronología para cada nido, obteniendo posteriormente los valores promedio (y desviación estándar) de cada estadio, puesta, eclosión y liberación de los pollos para cada año. Para comparar los tiempos en que se está realizando la reproducción en la colonia en estudio

entre años, se utilizaron pruebas de t-student entre los promedios de cada estado en cada año, 1998 y 2000. Ya que la colonia presenta reproducción asincrónica, se obtuvo una gráfica mostrando los días en que se traslapan los estados de desarrollo (puesta, eclosión y liberación):

5.3 Tamaño poblacional

La productividad de cada nido activo se estimó con dos índices (Henny y Van Velzen 1972):

A) Productividad Promedio: Número total de volantones por nido en relación a nidos exitosos (nidos que produjeron por lo nos un volantón).

B) Productividad Global: Número total de volantones por nido considerando todos los nidos activos de la temporada (exitosos y no exitosos).

5.4 Tendencia Poblacional

Los datos obtenidos durante la temporada reproductiva del 2000, se utilizaron y compararon con los de años anteriores (de los que se tenía registro) para ver la tendencia de la población a lo largo de 20 años. Los años a comparar fueron para el año 1981 (Reitherman 1981), 1988-89 (Danemann 1994), 1998 (Rodríguez- Estrella datos no publicados), 2000 (este estudio), y los datos tomados en el año 2001 (Rodríguez- Estrella datos no publicados). Se graficaron los datos para cada salida realizada en el año 2000 por isla.

Al conjunto de datos se aplicaron 3 modelos para encontrar el que mejor se ajustaba estadísticamente a la tendencia de crecimiento de la población, la cual podía ser una tendencia al incremento, al decremento o estable. Los modelos ajustados fueron el modelo cuadrático, el logístico y el exponencial (Begon 1988). Estos modelos son de los más utilizados para determinar el crecimiento de las poblaciones.

El modelo cuadrático asume que el crecimiento y la reproducción tienen límites, y que después de un tiempo generacional X la población caerá en decrecimiento el cual a otro tiempo generacional X se irá elevando y así a lo largo de la vida reproductiva de la población (crecimiento en forma de ciclos), este modelo deriva del modelo cuadrático.

El modelo logístico asume que el crecimiento y la reproducción tienen límites (Begon 1988) y describe las variaciones en las tasas de crecimiento de las poblaciones (Colinvaux 1982), mediante la ecuación $N_t = K / (1 + Qe^{-rt})$ en el que N_t es el número total de volantes obtenido por cada año generacional; K es la capacidad de carga, que para este modelo se utilizó la más alta en los años de registro (390); Q es una constante que se obtiene del valor de K entre el número inicial de huevos puestos en una temporada reproductiva (en este caso se utilizó la del año 1981 con 241 huevos); r es la tasa intrínseca de crecimiento, la cual es constante; t es el tiempo (en años) en los que se va a correr el modelo, para este caso fue de 30 generaciones.

MODELO LOGÍSTICO

Ecuación del modelo $dN/dT = rN(K-N/K)$

Derivando:

$$N_t = K / (1 + Qe^{-rt})$$

donde $Q = K - N_0 / N_0$

El modelo exponencial está dado por la ecuación $N_t = N_0 e^{rt}$ en el que N_0 es la población inicial (se utilizó el año 1981 con 241 huevos puestos de igual forma que en el modelo logístico); e es constante; r es la tasa intrínseca de crecimiento y de igual forma es constante el valor obtenido fue de 0.12 (el mismo valor que el del modelo logístico); t es el tiempo generacional (en años) en los que se va a correr el modelo, para este caso fue de 30 generaciones.

El crecimiento exponencial está dado por dos suposiciones: - Que la población sea cerrada, esto es que los cambios en el tamaño de la población dependan únicamente de muertes y nacimientos locales. - Un espacio ilimitado,

abastecimiento constante de alimento y demás recursos disponibles. Si los recursos se reducen el valor de muerte y nacimiento disminuirá (Gotelli 1998).

MODELO EXPONENCIAL

$$N_t = N_0 e^{rt}$$
$$N_t = 241 e^{(0.12)(1...30)}$$

5.5 Análisis demográfico

Se realizaron 5 tablas de vida estáticas (1981, 1988, 1998, 2000 y 2001), las cuales son una forma de registro de la información básica que se requiere para un análisis demográfico. Una vez que se ordenaron los datos, los individuos se agruparon de acuerdo a las edades y se obtienen los parámetros de sobrevivencia y reproducción a través del tiempo (Franco 1990). De esta forma se obtendrán datos que proporcionarán información de cómo la colonia ha variado en los índices obtenidos a lo largo del tiempo en función de los valores estimados. Las tablas de vida son para los años registrados (1981, 1988, 1998, 2000 y 2001).

La función de natalidad (n_x) se obtuvo con los datos del número de huevos puestos, número de pollos eclosionados, número de volantones liberados y número de adultos. Estos valores indican el número de descendientes que, por unidad de tiempo, produce un individuo en la edad x .

El valor de fecundidad (m_x), que es el número promedio de descendientes de un individuo en edad x , se obtuvo del promedio de los huevos que se produjeron en cada nido activo, el cual fue constante a lo largo de los años y es de 2 huevos. Estos dos valores (n_x y m_x) se obtuvieron directamente de la información de campo, el resto de los valores fueron calculados a partir de los anteriores.

La supervivencia (l_x), se obtuvo dividiendo el número de huevos/huevos, pollos/huevos, volantón/huevo y adultos/huevo; esto nos indica la proporción original que sobrevive al inicio de cada fase (n_x/n_0) (Begon 1988).

R_0 es la tasa de incremento de la población y es una medida de la tasa multiplicativa de los individuos y, por ende, de la población, se estima con la integral del producto $l_x n_x$ ($\sum l_x n_x = R_0$) representa el número total de descendientes que deja, por término medio, cada individuo nacido (Begon 1988). Si es igual a uno, la población permanece con un tamaño constante; si es mayor a uno, la población crece; si es menor que uno, la población disminuye (Franco 1990).

El valor de la mortalidad se calculó mediante la ecuación $q_x = l_x - l_{x+1}$ que es la tasa de mortalidad por categoría de edad. Donde dx , es la proporción de mortalidad en el intervalo x a $x+1$; se obtuvo restando a cada estado de desarrollo el anterior, es decir, número de huevos-número de pollos, número de pollos-número de volantones, y ésta indica la proporción original que muere durante cada fase.

$K_x = \ln n_x - \ln n_{x+1}$ indica la fuerza de mortalidad diaria para cada estado; de estos valores se generó una figura que representa los índices de mortalidad en 20 años de registro.

Para obtener "r", que es la tasa intrínseca de crecimiento, primero se calculó el tiempo medio generacional (G), es decir, el tiempo que transcurre entre el nacimiento de los padres y de la descendencia, o la edad de la primera reproducción más el tiempo de la cronología reproductiva $G = \sum l_x m_x x / R_0$.

Para las tablas de vida, el valor promedio de G fue de 3, el cual se obtuvo de la ecuación arriba descrita. Una vez obtenida G se calculó $r = \ln R_0 / G$.

Se realizó el análisis de las cuatro tablas de vida, para obtener valores de sobrevivencia de los 4 estadios analizados por año (huevo 1981, pollo 1988, volantón 1998 y adulto 2000). Es válido realizar estos análisis y compararlas con las tabla de vida estáticas para cada año (Franco 1990). De esta manera se trabajó con los índices de r positivos y negativos, ajustándolos a un crecimiento positivo.

Con base en las tablas de vida realizadas se presenta el modelo logístico y el modelo exponencial proyectados en 30 años. El año del cual se obtuvieron los modelos anteriormente mencionados fue 1981, ya que es el año de inicio de los 20 años analizados.

De los valores obtenidos de l_x y k_x se hicieron gráficas para explicar la proporción de sobrevivencia y la proporción de mortalidad. De igual manera se hizo para la tabla de vida alterna.

5.6 Modelo para poblaciones estructuradas

Se realizó una matriz para estimar la probabilidad de transición de un estadio al siguiente y la probabilidad de permanencia (Begon 1988). Los datos con los que se realizó esta matriz fueron hechos con la tabla de vida de 1981, con el valor de l_x (supervivencia); una vez realizada la matriz, se estimaron valores para una matriz de identidad, con los obtenidos del vector de la matriz (estos datos se estimaron a partir de los 4 estadios en la tabla de vida de 1981). Una vez obtenido el valor del vector, se estimaron los datos para 30 años (se multiplica el estadio de huevo-adulto, pollo-adulto, volantón-adulto y adulto-adulto, después se multiplican con las columnas subsecuentes). Se estimó el valor de λ , que es la tasa de crecimiento para la estructura de edades estables, con la fórmula $\lambda = n_{t+1}/n_t$, en donde n_t es el valor del vector entre el siguiente vector. Cuando λ es menor a 1 indica que la población se encuentra en proceso de extinción o de declive, λ igual a 1 la población se encuentra en equilibrio (valores constantes) y λ mayor a 1 indica que la población está creciendo (Begon *et al*, 1997).

De igual forma se realizó una matriz con estimación para la tabla de vida alterna; esto con la finalidad de ver gráficamente cuál es la que mejor se adecua al modelo poblacional que se está presentando en este trabajo.

Con los valores de λ se graficó un modelo hipotético estimado a 30 años. Se obtuvieron dos gráficas, una para el año 1981 y la otra con la tabla de vida alterna. Los valores de λ se utilizan para estimar el tiempo generacional en que la

población alcanza la estructura estable de edades; esto es, cuando el valor de lambda se vuelve constante al menos en tres generaciones (Begon *et al*, 1997).

VI. RESULTADOS

6.1 CRONOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL ÁGUILA PESCADORA

6.1.1 TEMPORADA REPRODUCTIVA 2000

La temporada reproductiva del año 2000 abarcó del 15 de diciembre de 1999 al 15 de julio del 2000. Para obtener la cronología reproductiva se analizaron los datos de la temporada para determinar los meses de puesta, eclosión y liberación.

La puesta inició el 15 de diciembre de 1999 y concluyó el 15 de abril de año 2000. El periodo de incubación fue de 39 días aproximadamente.

La eclosión comenzó en los primeros días de febrero y concluyó los primeros días de junio.

Entre la eclosión y el primer vuelo de los pollos transcurren 53 días y los primeros volantones se registraron a partir del 15 de marzo, los últimos en ser liberados fueron el 15 de julio (Fig.4).

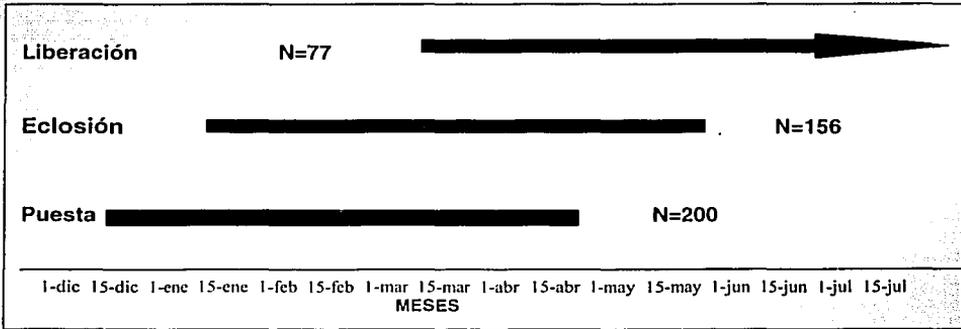


Figura. 4 Cronología reproductiva del águila pescadora en la Laguna de San Ignacio, B.C.S. temporada 2000.

6.1.2. TEMPORADA REPRODUCTIVA 1998

Para la temporada reproductiva de 1998, de acuerdo a las estimaciones la puesta inició de igual manera que para el año 2000, el 15 de diciembre de 1997 y concluyó el 20 de abril del 98.

La eclosión comenzó los primeros 5 días del mes de febrero y concluyó el 15 de mayo.

La liberación de los volantones se recorrió 1 quincena comparada con la del año 2000 iniciando el 1 de abril y concluyendo el 15 de junio (Fig. 5).

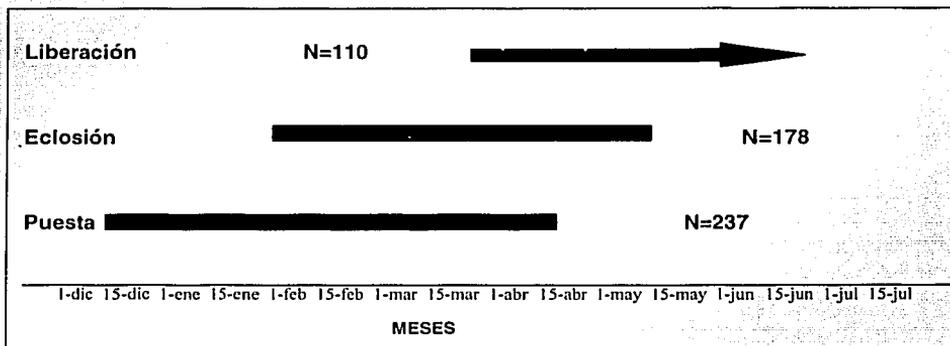


Figura. 5 Cronología reproductiva del águila pescadora en la Laguna de San Ignacio, B.C.S. temporada 1998.

6.1.3. VALORES OBTENIDOS PARA LOS AÑOS 1998 Y 2000

La cronología reproductiva muestra que hay una tendencia a que se extiendan los tiempos de puesta, eclosión y liberación. Sin embargo, los valores de desviación estándar muestran que no existen diferencias significativas entre el estado de desarrollo y los días. Los valores obtenidos para los años 1998 y 2000 son los siguientes: Puesta $\bar{x} = 11.38$ (± 24.9 y -26.29), Eclosión $\bar{x} = 60.2$ (± 14.09 y 27.41) Liberación $\bar{x} = 145.69$ (± 66.09 y 68.47) Ver figura 6.

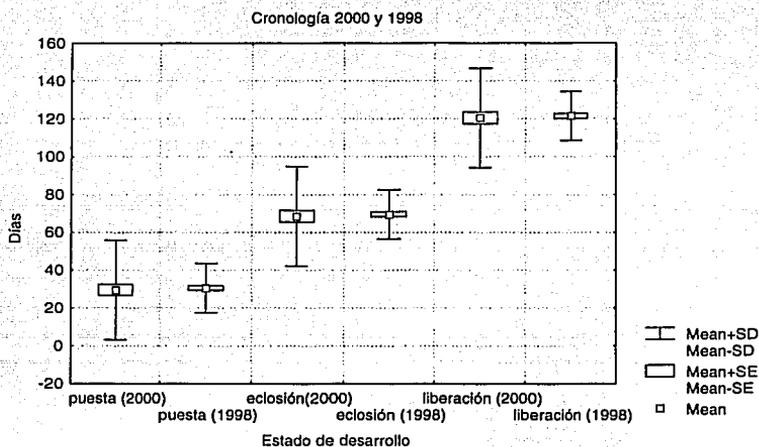


Figura 6. Número (media \pm desv. est.) de nidos activos en los diferentes estados de desarrollo de la cronología reproductiva del águila pescadora en la Laguna de San Ignacio, B.C.S. en 1998 y 2000. Se puede observar una fuerte asimetría en las fechas de cada estado de desarrollo.

6.1.4. REPRODUCCIÓN ASINCRÓNICA

Debido a que esta colonia presenta reproducción asincrónica se obtuvieron para el año 2000 los nidos activos graficándose el estado de desarrollo que mostraron durante los meses de marzo y abril los nidos contenían tanto huevos como pollos, así como algunos volantones.

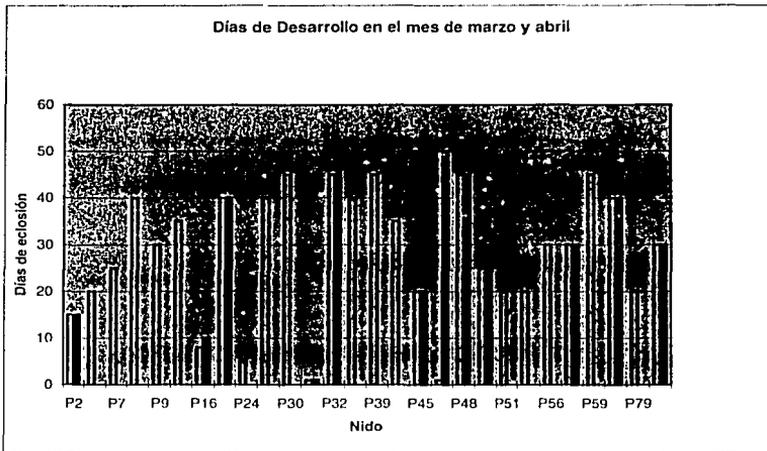


Figura 7. Los valores para cada estado de desarrollo, mostrando que los puntos en algunos días se traslapan indicando una reproducción asincrónica.

Se compararon con pruebas de t de student los días para la puesta ($\bar{x}_{p1998}=30.57$; $\bar{x}_{p2000}=29.78$), eclosión ($\bar{x}_{e1998}=69.49$; $\bar{x}_{e2000}=68.69$) y liberación ($\bar{x}_{l1998}=121.49$; $\bar{x}_{l2000}=120.69$) entre años no encontrándose diferencias significativas con el valor obtenido ($t_{\text{puesta}}=0.37$, $df=168$, $P>0.05$; $t_{\text{eclosión}}=0.327$, $df=168$, $P>0.05$; $t_{\text{liberación}}=0.327$, $df=168$, $P>0.05$) con los valores obtenidos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.2 TAMAÑO POBLACIONAL DEL ÁGUILA PESCADORA

6.2.1. PRODUCTIVIDAD DEL ÁGUILA PESCADORA EN LA TEMPORADA REPRODUCTIVA DEL 2000

En la temporada reproductiva del 2000 se registraron 93 nidos activos, de los cuales hubo 77 volantones; estimando una tasa de muertos de 38.5% ya fuera en etapa de eclosión a pollo o de pollo a volantón. Estos datos son comparados con los datos dentro de la tabla 3 en donde se analizan los 20 años registrados.

Tabla 1. Productividad del águila pescadora en la temporada del año 2000 en la Laguna de San Ignacio, B.C.S.

Nidos activos	93
Número de huevos	200
Número de eclosiones	156
Número de volantones	77
Éxito de eclosión (%)	61.5%
Éxito de volantón (%)	62.60%
Mortalidad (%) de huevo a volantón	38.5%
Productividad promedio (Vol /nido exitoso)	1.50 \pm 0.61
Productividad global (Vol/ nido activo)	0.83 \pm 0.90

6.2.2. PRODUCTIVIDAD DEL ÁGUILA PESCADORA A LO LARGO DE 20 AÑOS

Se determinó la productividad para cada año registrado. Se observa que la productividad más alta se presentó en 1989 y 1998, mientras que la más baja en el año 2001.

Tabla 2. Productividad del águila pescadora a lo largo de 20 años en la Laguna de San Ignacio, B.C.S.

AÑO	1981	1989	1998	2000	2001
No. Nidos Activos	95	143	116	93	78
No. Huevos Puestos	241	390	237	200	181
No. Huevos Eclosionados	143	288	178	156	110
No. Huevos Frustrados	98	102	59	44	41
No. Total de Pollos Liberados	84	137	110	77	41
No. Total de Pollos Muertos	142	151	21	19	66
Éxito Eclosión %	59	73.9	75	61.5	60.8
Éxito Volantón %	58.7	47.6	61.8	62.6	37.3
Productividad Promedio	1.62±0.41	1.47±0.53	1.67±0.46	1.50±0.61	1.28±0.52
Productividad Global	0.88±0.70	0.96±0.64	0.95±0.65	0.83±0.90	0.69±0.74

6.3. TENDENCIA POBLACIONAL

Después del análisis de los datos del contenido de los nidos se notó una tendencia a la disminución del tamaño poblacional reproductivo a partir del año 1988-89 (Fig. 8). Sin embargo, al aplicar o ajustar los diferentes modelos, se encontraron diferentes interpretaciones del crecimiento poblacional de la colonia.

Cuando se ajustó al modelo cuadrático se obtuvo que la colonia tiende a la disminución a lo largo del tiempo. El realizar este modelo nos permite también explicar que la colonia tiene un patrón de crecimiento cíclico y de esta manera en los 20 años analizados ha llegado a su capacidad de carga el sistema, y como consecuencia tiende a una disminución paulatina. Sin embargo, no quiere decir forzosamente que la colonia se encuentre en riesgo (Fig. 9) por que se puede estar en una de las fases del crecimiento a la baja, para después volverse a elevar (Fig. 10).

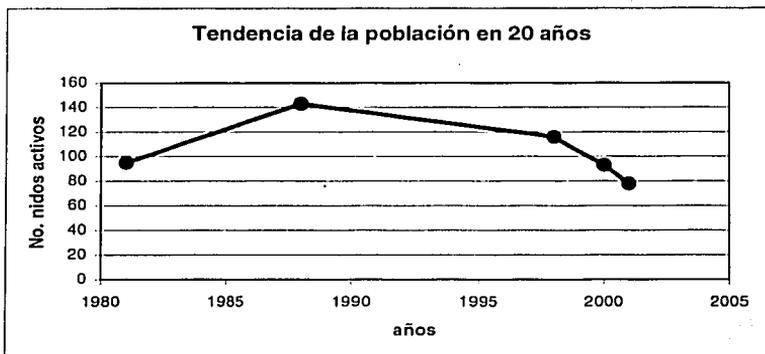


Figura 8. Número total de nidos activos durante los 20 años para el águila pescadora en la Laguna de San Ignacio, B.C.S.

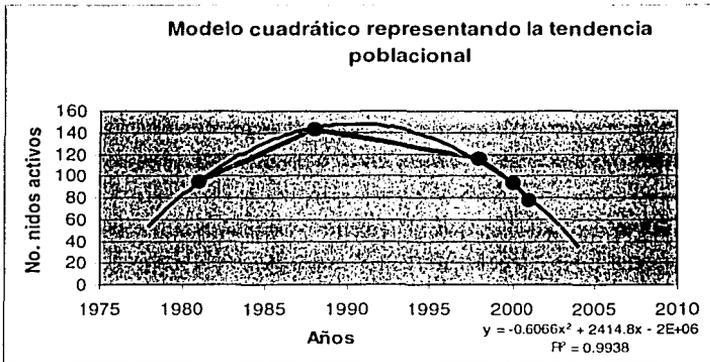


Figura 9. Número total de nidos activos a lo largo de 30 años, prediciendo la tendencia poblacional con el modelo cuadrático.

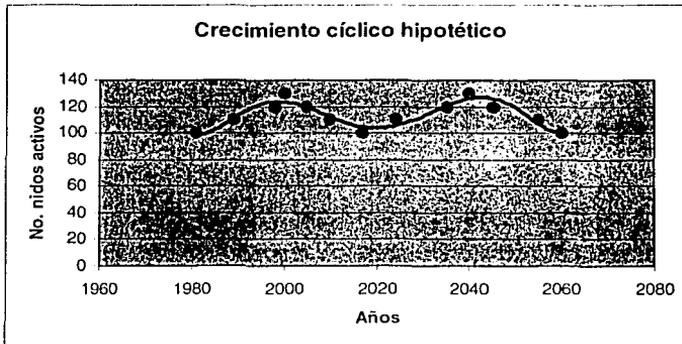


Figura 10. Crecimiento cíclico hipotético de acuerdo al modelo cuadrático con cimas y valles.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

6.4. TABLAS DE VIDA

Se realizaron tablas de vida estáticas, tomando como base el año 1981 para construir las matrices que se utilizaron para graficar los modelos tanto logístico como exponencial (Tabla 3).

TABLAS DE VIDA REALIZADAS PARA CADA AÑO

Tabla 3

1981 X	nx	lx	qx	dx	kx	mx	Ro	r
Huevo	241	1	0.41	98	0.23	2	0.68	-0.013
Pollo	143	0.59	0.25	59	0.23			
Volantón	84	0.34	0	0	0			
Adulto	84	0.34						

1988 X	nx	lx	qx	dx	kx	mx	Ro	r
Huevo	390	1	0.27	102	0.14	2	0.7	-0.118
Pollo	288	0.73	0.38	151	0.32			
Volantón	137	0.35	0	0	0			
Adulto	137	0.35						

1998 X	nx	lx	qx	dx	kx	mx	Ro	r
Huevo	237	1	0.25	59	0.12	2	0.9	-0.034
Pollo	178	0.75	0.29	68	0.21			
Volantón	110	0.46	0	0	0			
Adulto	110	0.46						

2000 X	nx	lx	qx	dx	kx	mx	Ro	r
Huevo	200	1	0.12	44	0.11	2	0.76	-0.091
Pollo	156	0.78	0.43	79	0.31			
Volantón	77	0.38	0	0	0			
Adulto	77	0.38						

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2001 X	n_x	l_x	q_x	d_x	k_x	M_x	R_0	r
Huevo	181	1	0.4	71	0.21	2	0.44	-0.27
Pollo	110	0.6	0.38	69	0.43			
Volantón	41	0.22	0	0	0			
Adulto	41	0.22						

X	n_x	l_x	P_x	F
Huevo	241	1	0.59	0
Pollo	143	0.59	0.57	0
Volantón	84	0.34	1	0
Adulto	84	0.34		3.14

Una vez obtenida la tabla de vida del año de 1981; se realizó la gráfica de curva de sobrevivencia, en donde se muestra que la edad donde la colonia presenta mayor sobrevivencia es en la edad de pollos. Por otro lado, cuando los pollos alcanzan una edad de 25 a 30 días el índice de mortalidad aumenta (Fig. 11). Se asume para el modelo que no hay mortalidad de volantón a adulto.

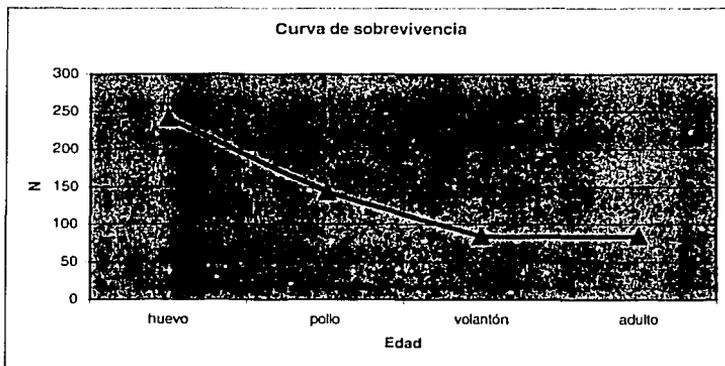


Figura 11. Número total de pollos en los cuatro estados de desarrollo tomados para la tabla de vida 1981.

6.4.2. TABLAS DE VIDA REALIZADAS PARA LOS 4 AÑOS (ALTERNAS)

Esta tabla de vida alterna se realizó ya que el índice de crecimiento de la colonia por año en las tablas de vida antes expuestas indicaban un número negativo. Un decremento de la población se expresa en esta tabla de vida con un valor de r positivo. Por lo tanto, esta es la tabla de vida de la que se utilizaron los valores para construir el modelo de poblaciones estructuradas (ver más adelante).

Tabla 4

X	n_x	l_x	q_x	D_x	K_x	m_x	R_0	r
Huevo	241	1	0.12	28	0.6	3	1.35	0.065
Pollo	213	0.88	0.43	103	0.28			
Volantón	110	0.45	0	0	0			
Adulto	110	0.45						

La matriz realizada nos indica que el valor de 1.35 es el índice de crecimiento de la colonia por año generacional, es decir que cada año habrá un promedio de 1.35 volantones por nido activo lo cual es bastante similar a lo observado en la tabla 2.

X	N_x	L_x	P_x	F
Huevo	241	1	0.88	0
Pollo	213	0.88	0.51	0
Volantón	110	0.45	1	0
Adulto	110	0.45		1.35

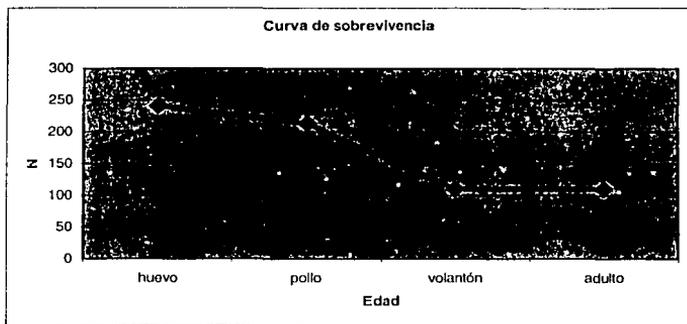


Figura 12. Número total de pollos en los cuatro estados de desarrollo, para la tabla de vida alterna.

6.4.3. ANALIZANDO 1981 CON LOS MODELOS LOGÍSTICO Y EXPONENCIAL

Para la realización del modelo logístico se consideró solo el año 1981 debido a que es el primer año con datos y una k de 390, ya que en este año se obtuvo el número máximo de huevos puestos registrados en todos los años presentados en este trabajo.

El modelo indica un crecimiento de forma sigmoideal, es decir que en los primeros años la colonia creció de manera exponencial y al llegar a una capacidad de carga, que en este caso sería en el año de 1988 (ver tabla 2), la colonia comienza a tener un ligero decremento. Este modelo sugiere que la colonia de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio se mantendría en crecimiento continuo a lo largo de los 30 años que se corrió el modelo.

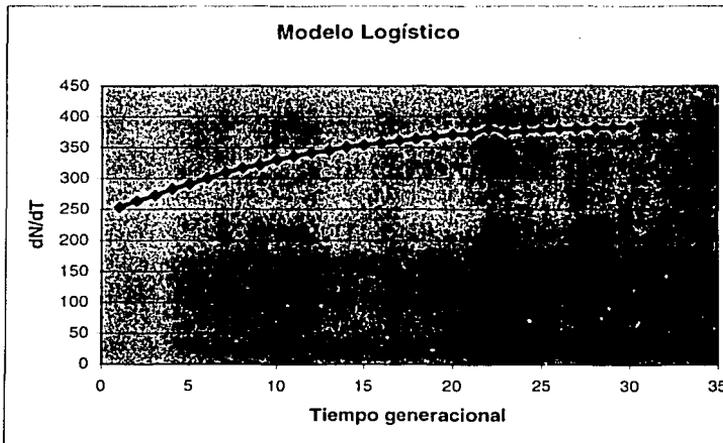


Figura 13. Número total de adultos en relación a 30 años estimados (Ver anexo 1).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Modelo exponencial

La curva de crecimiento que presenta este modelo indica que la población a lo largo de 30 años crece sin límites, por lo cual se llegaría a una cantidad de nidos activos irreal. El propósito de realizar este modelo fue para observar que la colonia de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio no presenta este comportamiento.

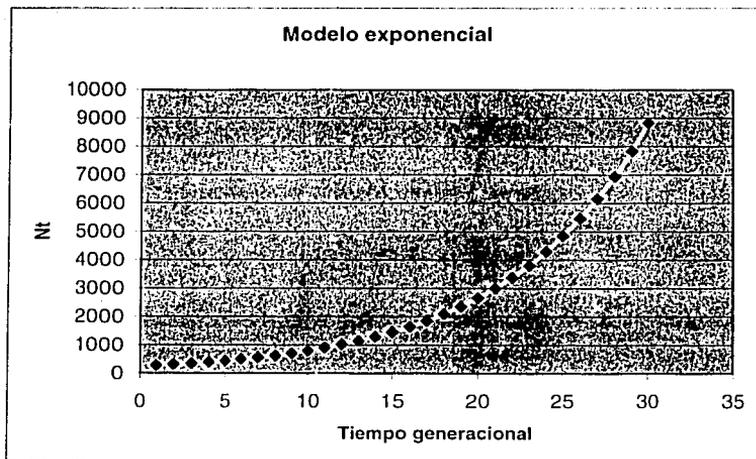


Figura 14. Número total de adultos en relación a 30 años estimados (Ver anexo 2).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.4.4. ANALIZANDO TODOS LOS AÑOS CON TABLAS DE VIDA ALTERNAS

Al analizar la proporción de sobrevivencia en cada fase de la colonia, considerando las tablas de vida alternas, se encontró que la mayor sobrevivencia ocurre en la fase de huevo a pollo (Fig. 15).

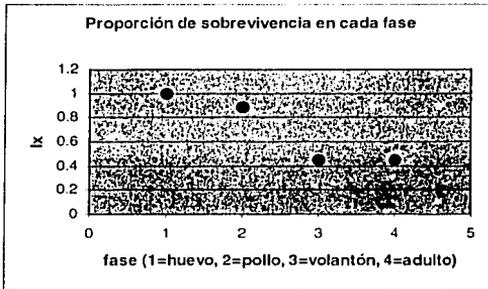


Figura 15. Sobrevivencia respecto al estado de desarrollo a partir de tabla de vida alterna

Por el contrario, al analizar la proporción de mortandad se encuentra que la mayor mortalidad ocurrió entre las fases de pollo a volantón (Fig. 16).

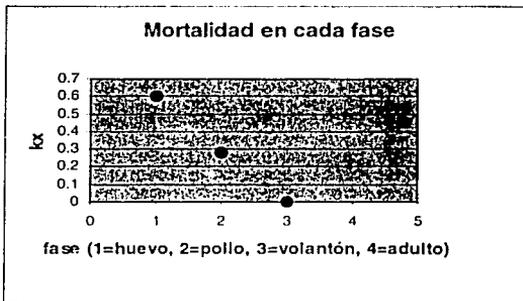


Figura 16. Mortalidad respecto al estado de desarrollo a partir de la tabla de vida alterna.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.5. MODELO PARA POBLACIONES ESTRUCTURADAS

Se realizó una matriz para obtener los valores que permitan ajustar los datos de los valores negativos de r obtenidos en las tablas de vida anteriores. El valor del que se partió fue de 241, valor que corresponde al número de huevos del año 1981 (Tabla 2). A partir de esta matriz se calcula la probabilidad de que un pollo llegue al siguiente año como volantón y al siguiente año como adulto, es decir, que un individuo pase de la edad de dos años a tres años. La importancia que tiene el realizar este tipo de matrices es que indican la probabilidad de transición.

Tabla 5. Datos obtenidos para $N_0 = 241$ realizando la matriz correspondiente. La probabilidad de que un huevo pase a la fase de pollo es de 59%, de que un pollo pase a la fase de volantón es de 57%, de que un volantón pase al siguiente año a ser adulto es de 1 y de que un adulto sea reproductivamente exitoso (R_0) es de 3.14%. Este valor es demasiado elevado para una colonia con reproducción estable. El vector indica cómo irá creciendo la población cada año.

	Huevo	Pollo	Volantón	Adulto	Vector
Huevo	0	0	0	3.14	241
Pollo	0.59	0	0	0	143
Volantón	0	0.57	0	0	84
Adulto	0	0	1	0	84

Para realizar el modelo para poblaciones estructuradas se utilizaron los valores de λ que se obtuvieron de la matriz (Anexo 3). Este modelo indica la forma en que hipotéticamente se comportaría la población si tuviéramos un crecimiento de 3.14 % de huevos puestos por año en cada nido activo (Fig. 17). En realidad el promedio de huevos puestos por temporada reproductiva es de 2. Sin embargo, este tipo de modelos nos acercan a un entendimiento de cómo la colonia de águila pescadora se comportaría y básicamente se acerca mucho al modelo cuadrático realizado en este mismo estudio (ver Fig. 9). El modelo como se indicó, tiene como número inicial el año de 1981 con 241 huevos puestos.

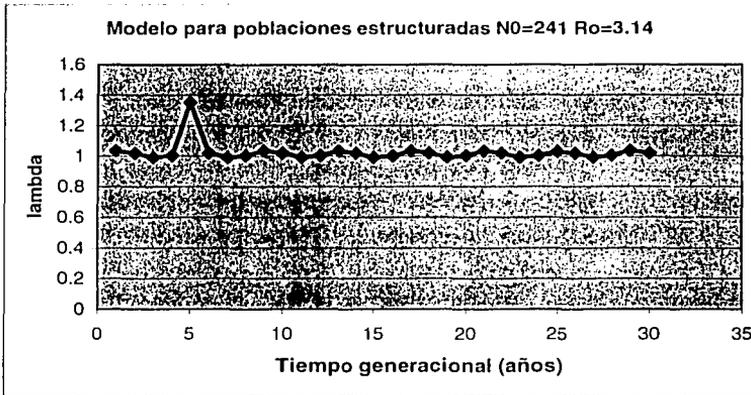


Figura 17. Valores de lambda en 30 años partiendo de una población con 241 huevos puestos correspondientes al año 1981 (Ver anexo 3).

Una vez analizado el modelo para poblaciones estructuradas con el año 1981, se realizó un modelo con los valores de las tablas de vida alternas. De acuerdo a los datos obtenidos para la tabla de vida alterna realizando la matriz correspondiente, la probabilidad de que un huevo pase a la fase de pollo es de 0.88%, de que un pollo pase a la fase de volantón es de 0.51%, de que un volantón pase al siguiente año a ser adulto es de 1 y de que un adulto sea reproductivamente exitoso es de 3.14%. Este valor es demasiado elevado para una colonia con reproducción estable. El vector indica como irá creciendo la población cada año.

Tabla 6. Datos obtenidos para las 4 tablas de vida realizando la matriz correspondiente

	Huevo	Pollo	Volantón	Adulto	Vector
Huevo	0	0	0	3.14	241
Pollo	0.88	0	0	0	213
Volantón	0	0.51	0	0	110
Adulto	0	0	1	0	110

Al realizar la matriz de correspondencia, el vector nos indica un crecimiento anual de puestas de 3.14%, al igual que en la matriz del año 1981. Sin embargo, el

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

comportamiento hipotético de la población a lo largo de los 30 años demuestra que los cambios son cíclicos (Fig. 18). Es por ello que este modelo parece ejemplificar de manera más real lo que está ocurriendo con la colonia de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio, ya que tiene al parecer pequeñas fluctuaciones a lo largo del tiempo.

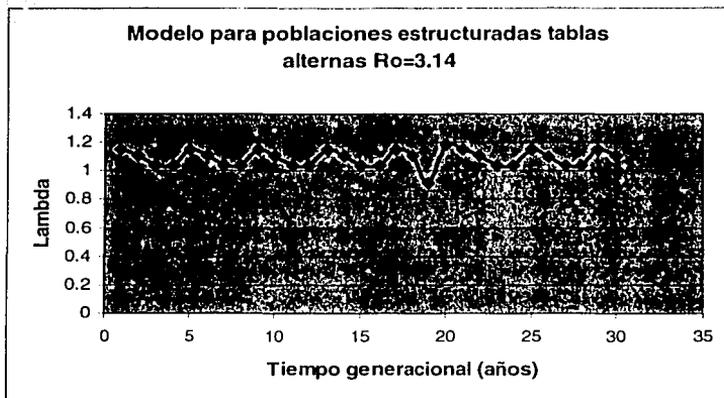


Figura 18. Valores de lambda en 30 años para una población estructurada, donde se consideran todos los años con datos para incluir en el modelo, a partir del valor de R_0 de 1988 (Ver anexo 4).

VII. DISCUSIÓN

Cronología reproductiva

La temporada de reproducción del águila pescadora en las Islas Garzas y Pelícanos para los años 1998 y 2000 tuvo una larga duración: del 15 de diciembre al 15 de junio y 15 de julio, respectivamente, lo cual muestra que el tipo de reproducción que se observa en el área de estudio es asincrónica. Una reproducción asincrónica similar ha sido reportada en las poblaciones residentes de la Laguna Ojo de Liebre en Guerrero Negro, donde la reproducción ocurre de finales de diciembre a principios de agosto (Castellanos, 1995). Judge (1983) reporta para la población residente de Bahía de los Ángeles una reproducción de más de tres meses (enero a marzo). Otra población residente es la de Florida (que es la única población residente en Estados Unidos) donde se reporta un tiempo similar al reportado por Judge (1983).

En las poblaciones migratorias ubicadas en latitudes norteñas el tiempo en que ocurre la puesta es de tres semanas (Poole, 1989) mientras que para una población residente como es la de la Laguna de San Ignacio fue de 20 semanas en el año 2000. Los resultados mostraron la asincronía en la reproducción de esta colonia: por ejemplo, en abril se encontraron nidos activos tanto con huevos, o con pollos en diferentes días de eclosión y también algunos volantones. Esta asincronía en la reproducción es una tendencia anual en la colonia indicando que no existen diferencias significativas entre el periodo (1998 y 2000).

Las poblaciones migratorias tienen un corto periodo de reproducción debido principalmente a las condiciones climáticas, ya que estas poblaciones se ven limitadas por la disponibilidad de alimento el que presenta disponible en la época en que se deshuelan los cuerpos de agua (Poole, 1989). Los cambios climáticos no son tan marcados en las áreas en que se encuentran las poblaciones residentes, por lo que la disponibilidad de alimento es más continua. Ello favorece un periodo

reproductivo largo para las poblaciones residentes, como es el caso del águila pescadora en la zona de estudio.

Toda la zona del Pacífico en Baja California está considerada como una de las regiones de mayor productividad biológica (Bostic, 1975). Esta Productividad biológica alta determina una disponibilidad de alimento para el águila pescadora en todo el año. Un factor que podría tener efectos cíclicos significativos en la colonia de águila pescadora en la zona de estudio es el fenómeno del Niño (Houghton, 1990), como ha pasado en numerosas especies de aves. El último fenómeno de el Niño fue registrado en 1998, y las consecuencias directas sobre el alimento bien podrían ser un factor que esté regulando cíclicamente el número de anidantes en la Laguna San Ignacio. Sin embargo, la tendencia general de la población bien puede ser ir a la baja o bien regresando al tamaño de 1981.

Productividad

El año con más nidos activos registrados fue 1988 con 143, habiéndose liberado 137 volantones. En la temporada reproductiva 1998, de 116 nidos activos se liberaron 110 volantones, mientras que en el año 2000 se registraron 93 nidos activos de los cuales se liberaron 77 volantones. Para el año 1981 hubo 95 nidos activos con 84 pollos liberados y el año con más bajos nidos activos fue el 2001 con 78 y 41 volantones. Esto parece indicar que la población llegó a un pico en el año 1988, manteniéndose relativamente constante por alrededor de 10 años y a partir de ahí ha mostrado una constante baja relativa en su productividad y en el número de parejas reproductivas también.

El éxito de eclosión durante los 20 años de datos registrados varió a lo largo del tiempo. El año más bajo se presentó en 1981 (59%), mientras que el año con más éxito fue en el 2000 (78%). Se ha estimado que el valor medio de éxito de eclosión para el águila pescadora residente se ubica entre el 60 y 75% (Danemann, 1998), pero los valores en Bahía de los Ángeles en 1977 fueron del 76% (Judge, 1983).

En este sentido la población de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio ha tenido un éxito de eclosión ubicado dentro de los rangos normales reportados para Baja California.

Considerando la productividad global, el año en que se registraron más nidos activos (en relación a volantones liberados) fue 1988. Este resultado parece reafirmar la idea de que 1988 fue el año en donde se alcanzó un pico en la abundancia y en la productividad. Se podría sugerir que este es un año en que se alcanzó la capacidad de carga del sistema para los reproductores de águila pescadora. Obtener la productividad global nos permite tener un índice con el cual comparar lo que sucede con una población en el tiempo. Sin embargo, el hecho de que exista una disminución en el índice a lo largo de los años no necesariamente indica que la población se encuentre en riesgo o en peligro de extinción. Estos índices, no obstante, pueden ser un indicio de lo que le sucede a una población en un determinado año. Puede ser un buen año o uno malo en términos de lo que el ambiente le ofrece a la población para su sobrevivencia y ello se expresa en el índice de productividad anual (Rodríguez- Estrella com pers).

En este estudio se ajustaron una serie de modelos poblacionales para entender de manera demográfica las tendencias de una población en tiempos largos, pudiendo encontrarse en crecimiento, en decremento o estable. Estos modelos permitirían determinar los riesgos de extinción de una población.

Existe un intervalo de productividad promedio para el águila pescadora propuesto por Spintzer et al (1983) el cual lo estima entre 0.95 a 1.35 pollos por pareja activa. Este intervalo lo considera como adecuado para balancear la mortalidad y mantener una población estable en el tiempo. Diversos estudios han documentado que poblaciones con tasas de productividad en los niveles sugeridos por Henny y Wight (1969) y Spitzer et al (1983), han permanecido estables. Los valores más altos en la productividad promedio alcanzados en un periodo de 20 años de datos en la Laguna de San Ignacio se obtuvieron en el año 1988. En este sentido, la población reproductora de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio puede

considerarse una población estable. Sin embargo, al analizar el comportamiento de la población en el tiempo según los modelos realizados se encuentra que existen variaciones interanuales relativamente pequeñas, pero que analizadas en conjunto, sugieren que la población puede presentar un ciclo amplio detectado en tiempos largos. De acuerdo al análisis de datos este ciclo para la población de la Laguna de San Ignacio podría ocurrir en periodos no mayores a 20 años. Este comportamiento se obtuvo mediante el modelo cuadrático, donde se observa que los puntos cambian cuando transcurren de 20 a 30 años. Las variaciones de productividad en los años en que se cuenta con registros podrían deberse a diferencias en la disponibilidad de alimento, a parasitismo y condiciones climáticas. Estos factores han demostrado ser importantes en la productividad de esta y otras especies.

Una limitante para el aporte de alimento a los pollos está dada por las observaciones realizadas por Green (1976) en la defensa del nido ante la presencia de intrusos, la cual puede llegar a consumir gran parte del tiempo de un macho, no permitiendo en algunas ocasiones que éste obtenga alimento. Podría suponerse que debido a la alta densidad de nidos registrados en esta colonia, el tiempo que los padres dedican a la defensa del nido es mayor aquí que en otras áreas (Danemann, 1998). Esto es relevante en condiciones de baja disponibilidad de alimento, como serían en años malos, por lo que la productividad podría bajar.

Por otro lado, debido a la alta productividad primaria que se registra en la Laguna de San Ignacio, es propicia para zonas de anidación con densidades elevadas; ejemplo de esto son los cormoranes, garzas, pelícanos y gaviotas. Posiblemente la competencia por alimento en algunos meses sea un factor que este regulando a la población de águila pescadora, ya que la disponibilidad de alimento se reduce por la competencia interespecífica.

Adimismo, un estudio realizado en la Laguna de San Ignacio menciona que el águila pescadora obtiene su alimento en una zona limitada de baja profundidad

(Danemann, 1998). No en toda la Laguna de San Ignacio se presentan las condiciones adecuadas de baja profundidad por lo que la competencia intraespecífica por estos sitios parece ser elevada e intensa.

Comparación entre poblaciones

El éxito a volantón varió de 37.3% en el 2001 a 61.8% en 1998 siendo este año el que mayor porcentaje de éxito presentó. Sin embargo, el mayor número de volantones se liberó en el año de 1988. Comparando estos valores con los publicados para otras colonias reproductoras, la población de Bahía de los Ángeles tuvo un éxito de 65.3% en 1977 y de 63.4% en 1978 (Judge, 1983). La población subtropical de Florida presentó un éxito de 54% (Poole, 1989). Si comparamos estos valores con los que estimamos en el año 1998 o en el 2001, para la Laguna de San Ignacio, nuestras conclusiones serán diferentes. Los valores de éxito a volantón en 1998 serían parecidos a los encontrados en Bahía de los Ángeles y Florida, pero serían marcadamente inferiores si los comparamos con los estimados en el 2001. Sin embargo, al comparar el valor promedio en el tiempo obtenido para la población de San Ignacio ($\bar{x}=50.9\%$; D.E.=9.7) los valores serían ligeramente inferiores a los de Florida, pero muy por debajo de los de Bahía de los Ángeles. Por ello, las comparaciones puntuales, anuales, pueden sesgar nuestras interpretaciones. Sólo considerando estudios de largo plazo se pueden evaluar las tendencias en la productividad de las poblaciones de una manera más acertada. Es posible que los valores más bajos estimados para la Laguna de San Ignacio se deban a que aparentemente las poblaciones subtropicales de águila pescadora suelen tener menor éxito a volantón que las de latitudes templadas (Poole, 1982, Danemann 1998).

Mortalidad

Los valores de mortalidad que se presentan en la tabla 3 son muy variados entre años, pero se remarca más en los años 1998, 2000 y 2001. La edad en que se encontró mayor número de pollos muertos fue entre los días 10 y 30, durante esta etapa se observó que los pollos presentaban parásitos externos, principalmente moscas planas y ácaros. Se ha encontrado que una mayor incidencia de este tipo de moscas incrementa las tasas de mortalidad en aves. Sin embargo, a partir de nuestros datos no se puede asegurar que este haya sido un factor determinante o importante en la muerte de las aves. Otra causa de incremento de la mortalidad puede ser el aporte de alimento de los padres a los pollos, ya que a la edad promedio de 25 días existe un mayor requerimiento energético de los pollos del águila pescadora (Ricklefs, 1979, Danemann, 1998). En nuestro análisis se encontró que los índices de sobrevivencia en el estadio de pollo a volantón son los más bajos y por lo tanto donde el valor de mortalidad aumenta.

En nidos en los cuales la provisión de alimento no es suficiente, el pollo de mayor edad suele someter al de menor edad, resultando frecuentemente en la muerte del pollo más pequeño (Lack, 1954). Esta hipótesis se conoce como agresión fraternal o cainismo, y ha sido observada frecuentemente en los nidos de las águilas pescadoras de Islas Garzas y Pelícanos (Reitherman 1981, Danemann, 1998). Por ello, aparentemente en años de escasez de alimento la agresión entre hermanos en el nido podría ser una de las principales causas de mortalidad en esta población (Danemann, 1998).

En el año 2000 se observó que los volantones, al realizar sus primeros vuelos fueron atacados por adultos de otros nidos (esto se observó en cinco ocasiones en diferentes nidos). Generalmente los adultos vuelan al lado de los volantones y en algún momento los agreden físicamente y en algunos casos cuando el volantón aún está en tierra intentando volar, Danemann (1998) registró para el año 1988 este mismo comportamiento en los primeros vuelos de los volantones e incluso

comenta sobre un caso de filicidio en donde la madre atacó al volantón en el aire, para después caer al agua donde la madre lo embistió dos veces más hasta que presumiblemente se ahogó. Sin embargo, el parentesco de estas aves se desconoce ya que no se anillaron.

Tendencia poblacional

De los 3 modelos poblacionales realizados (modelo exponencial, logístico y cuadrático) para entender el comportamiento de la población a lo largo de 20 años, el que menos se ajustó a los resultados obtenidos fue el modelo con crecimiento exponencial ya que no existió un crecimiento continuo a lo largo del tiempo. Este crecimiento sucede sólo pocas veces en poblaciones naturales, y para ello se necesitan varias suposiciones como son:

- Que la población sea cerrada, esto es que los cambios en el tamaño de la población dependan únicamente de muertes y nacimientos locales.
- Un espacio ilimitado, abastecimiento constante de alimento y demás recursos disponibles (Gotelli, 1998).

Dicho modelo se ajusta solo en los casos de poblaciones en donde el tipo de reproducción es asexual o con condiciones tan controladas como en un laboratorio, en donde las bacterias serían un claro ejemplo. En estos casos el modelo se ajusta adecuadamente, debido a que las condiciones extremas no siempre son limitantes.

Debido a que la población de águila pescadora en la Laguna de San Ignacio no cuenta con las suposiciones antes mencionadas, no es posible ajustar los datos a este tipo de modelo. Sin embargo, se ajustó el modelo debido a que se quería hacer una comparación total entre modelos para determinar cual modelo de crecimiento poblacional se ajustaba más a lo esperado en estos 20 años de registro.

El modelo logístico fue aplicado debido a que es un modelo utilizado en poblaciones con crecimiento lento y que eventualmente alcanzan un tamaño

poblacional asintótico (Begon, 1996). Este parece ser el comportamiento de la población de águila pescadora de la Laguna de San Ignacio. Además este modelo asume que el crecimiento y la reproducción tienen límites.

Debido a que en los años de los cuales se tiene registro existen diferencias aproximadas de siete años entre registro y registro, se observa que el comportamiento de la población alcanzó una K de 390 en el año de 1988, considerado como la capacidad de carga de los 20 años de registro. Este modelo sugiere que la población irá creciendo de manera lenta una vez alcanzada la K y que la población irá disminuyendo en el mismo tiempo generacional en que ha venido aumentando (Begon, 1996).. Modelos de este tipo son importantes para el estudio poblacional debido a que nos indican de manera muy esquemática qué sucede a lo largo del tiempo, descartando factores extremos como en este caso podría ser el Fenómeno del Niño, que aunque el evento se registró en 1998, la población al parecer se ha mantenido estable.

Comparando el presente estudio de águila pescadora con el trabajo hecho con una población de gorriones (*Melospiza melodia*), que se llevó a cabo durante 30 años en la Isla Mandarte (Smith, *et al* 1991) ambas poblaciones se ajustaron a un modelo logístico, presentando un comportamiento en ciclos. La colonización de la isla mencionada, por los gorriones inició con pocas parejas (en 1960), de ahí la población tuvo un crecimiento exponencial, y cuando llegó a su capacidad de carga comenzó a disminuir. Se suponen dos causas que limitaron a la población de gorrión: la disponibilidad de alimento y el espacio para anidar, ya que esta especie es territorialista.

Para el caso del águila pescadora en la Laguna de San Ignacio, se parte de la suposición de que el factor que está regulando el crecimiento de la población es la disponibilidad de alimento. En este modelo los datos obtenidos de los tiempos generacionales se adecuan a lo que ha venido sucediendo en los años que se tiene registro. Debido a que el modelo sugiere para este caso que la población sigue en aumento, se realizó el modelo cuadrático.

El modelo cuadrático es el que mejor se ajustó al comportamiento de la población y nos muestra en una escala mayor lo que sucede en el punto de capacidad de carga del modelo logístico. La R^2 nos da un valor muy cercano a 1 (0.99); este es el coeficiente de correlación e indica el 99% de varianza entre los puntos, es decir, que los puntos se ajustan a la curva del modelo en un 99%. Es así como determinamos que este modelo es el más adecuado para el análisis de los datos.

Tablas de vida

Los datos que arrojan la construcción de las 6 tablas de vida nos indican que a lo largo del tiempo las fluctuaciones entre mortalidad, natalidad y tasa intrínseca de crecimiento han sido variables, lo cual tal vez se deba a que las variaciones ambientales temporales han condicionado estos parámetros de la población de águila pescadora en la Laguna de San Ignacio.

Un factor importante que hay que considerar es que aunque la población es residente, tiene a lo largo del año movimientos locales a otros sitios. Esta puede ser una razón por la cual ha disminuido el índice de parejas reproductoras en la Laguna de San Ignacio. Esto puede conducir a una diferenciación demográfica local, es decir, que las parejas reproductoras están colonizando nuevos sitios más al sur de Baja California, en donde la disponibilidad de sitios nuevos de anidación les sea más "atrayente" para los adultos que van a tener sus primeras puestas. Se ha observado que en la especie existe la fidelidad de pareja y que los adultos con más años de crianza llegan a los mismos nidos año con año (Poole, 1983). Sin embargo, los juveniles prospectarán sitios previamente a su primera reproducción hasta elegir el sitio donde aparentemente permanecerán. Una forma de conocer esto, es a través del anillamiento anual de las colonias que ya se hace en la Laguna de San Ignacio y su seguimiento con técnicas telemétricas.

El hecho de realizar los modelos para poblaciones estructuradas nos acerca a lo que posiblemente esté ocurriendo en la tendencia de la población a lo largo de los 20 años que se tiene registro, ya que como se observa en los resultados

expuestos la colonia ha tenido a lo largo de este tiempo fluctuaciones en el número de parejas activas que anidan en la zona. Es por ello que posiblemente el modelo que mejor representa este comportamiento sea el de poblaciones estructuradas y con los datos de vida alternos.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

VIII. CONCLUSIONES

- La colonia reproductora del águila pescadora de la Laguna de San Ignacio presenta una reproducción asincrónica propia de las poblaciones residentes. La temporada reproductiva del año 2000 se extendió un mes en comparación con la del año 1998. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre años.
- El índice de productividad varió entre los años registrados observándose la disminución de la población en los últimos 20 años. Sin embargo, se propone que al no bajar el índice de productividad de 0.8 la población se ha mantenido estable. En el año 2001 el índice fue de 0.69, lo cual indica una disminución de la tendencia poblacional.
- La edad promedio de muerte estimada para los pollos durante la crianza fue de entre 23 a 25 días después de la eclosión.
- La densidad de nidos activos permaneció estable por alrededor de 10 años de 1981 a 1988, a partir de cuando inició un decremento en la densidad. Esto pudo deberse a que se alcanzó su máxima capacidad de carga o bien a cambios ambientales drásticos continuos a partir de ese año.
- El modelo poblacional logístico se adecua a la tendencia de la población a lo largo de 20 años registrados, siendo el modelo cuadrático el que representa a gran escala el comportamiento de la población. Estos modelos son hipotéticos, pero sustentados en valores de trabajo de campo. Es por ello que se sugiere que la tendencia de crecimiento de la población va en disminución.
- Realizar tablas de vida nos acerca al entendimiento de la población año con año. Sin embargo, son valores calculados, y no necesariamente de esa forma se están comportando los individuos por estructura de edad. Las matrices nos dan el índice

para realizar el modelo con estructura de poblaciones. Este modelo nos da una idea de cómo es que a lo largo del tiempo va fluctuando la población. De esta manera, se sugiere un comportamiento cíclico en las tendencias poblacionales de la colonia de Águila Pescadora en la Laguna de San Ignacio.

- Los modelos realizados en el presente trabajo se pueden mejorar utilizando un mayor número de años con registro del comportamiento poblacional. Así como determinando la mortalidad de la etapa de jóvenes volantones hasta la edad de la primera reproducción (es decir, la edad adulta).

IX. LITERATURA CITADA

- Ames, P.L. y G.S. Mersereau. 1964. Some factors in the decline of the Osprey in Connecticut. *Auk* 81:173-185
- Ashmole, H. 1963. The regulation of numbers of tropical oceanic birds. *Ibis* 103b:458-473.
- Begon, M. 1988. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Omega. Barcelona. 886 p.
- Begon, M, Harpen H y Mortimer, M. 1996. *Population Ecology*. Blackwell Science. 3ª ed. 247 p.
- Bent, A. C. 1937. *Life histories of North American birds of prey (Part 1)*. U.S. Natural Museum Bulletin 167. Washington. D.C.
- Blanco, G. y Rodríguez-Estrella, R. 1999. Reduced sexual plumage dimorphism in Osprey from Baja California Sur, México. *Ibis* 141 (3) 502-504.
- Brown, L.H. y D. Amadon. 1968. *Eagles, Hawks and Falcons of the world*. MacGraw-Hill, New York, 235 pp.
- Castellanos, A. y Ortega, A. 1995. Artificial nesting sites and Ospreys at Ojo de Liebre and Guerrero Negro lagoons, Baja California Sur, Mexico. *J. Field Ornithol.* 66:117-127.
- Colinvaux, L. 1982. *Introducción a la Ecología*. Limusa. México. P 345-561.
- Contreras, F. 1985. *Las Lagunas Costeras Mexicanas*. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México. 265 p.

Danemann, G. D. 1994. Biología reproductiva del águila pescadora (*Pandion haliaetus*) en Isla Ballena, Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. Sin publ. M.Sc. Tesis Maestría. CICIMAR, Instituto Politécnico Nacional, México.

Domínguez, B. 1984. Actividades y comportamiento de una población invernante de *Pandion haliaetus* (Linnaeus) en la presa Miguel Alemán, Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 47 p.

Franco, M. 1990. Ecología de Poblaciones. Ciencias. 4:4-9.

Green, R. 1976. Breeding behaviour of Ospreys (*Pandion haliaetus*) in Scotland. Ibis 118(4):475-490.

Gotelli, M. 1998. A primer of ecology. Sinaver Associates, Inc. Massachusetts. 236 p.

Henny, C.J. y Van Velzen. 1972. Migration patterns and wintering localities of American Ospreys. Journal of Wildlife Management 36(4):113-1141.

Henny, C.J. y Van Velzen 1979. Osprey distribution, abundance, and status in western North America: III. Baja California and Gulf of California population. Bull. S. Calif. Acad. Sci. 78(2):89-106.

Henny, C.J. y R. Anthony. 1989. Bald eagle and osprey. Pp. 66-82. In: Proceedings Western Raptor Management Symposium and Workshop.

Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K., 1990. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. 365 p.

Immelman, K. 1973. Role of environment in reproduction as source of "predictive" information. P.121-147 In *Breeding Biology of Birds* (D.S. Farmer, Ed.) Natl. Acad. Sc. Washington, D.C.

Jones, M. y. Swart, S. 1984. Demography and phenology of gray whales and evaluation of whale-watching activities in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México.

Judge, D.S. 1983. Productivity of Ospreys in the Gulf of California. *Wilson Bull.* 95:243-255.

Johnsgard, P. 1990. Hawks, Eagle and Falcons of North America. Smithsonian Institution. EUA. P.403

Lack, D. W. 1954. *The natural regulation of animal numbers.* Claredon Press. Oxford, England. P. 560.

Margalef, R. 1989. *Ecología.* Omega. Barcelona. 951 p.

Newton, I. 1979. *Population ecology of raptors.* Buteo Books, Vermillion, South Dakota.

Peterson, A. 1994. *Guía de campo de aves de México.* Diana. México. 53 p.

Prevost, Y. 1983. Osprey distribution and subspecies taxonomy. Pp. 157-174. In: D.M. Bird (ed). *Biology and Management of Bald Eagles and Ospreys.* Harpell Press, Ste. Anne de Bellevue, Quebec. 325 pp.

Postupalsky, S. 1977. A critical review of problems in calculating Osprey reproductive success. Pp. 1-11. In: J.C. Ogden (ed.). *Transactions of the North*

American Osprey Research Conference. U.S.D.I. Transactions and Proceedings No. two. Washington, D.C.

Poole, A. y R. Spitzer. 1983. An Osprey revival. *Oceanus* 26:49-54.

Poole, A. 1989. *Ospreys: a natural and unnatural history*. Cambridge Univ. Press. UK.

Programa de Manejo de la Biosfera del Vizcaíno. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. 1ª ed. 2000. 203 p.

Reitherman, B. and J. Storer. 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. *Western Found. Vert. Zool.*, Los Angeles, CA. 26 pp.

Rodríguez- Estrella, R. 1993. *Ecología Trófica de seis especies de aves rapaces en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, Durango, México*. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Salinas, C, Llinas, J y Rodríguez-Estrella, R. 1991. El águila pescadora. en L. Arriaga and A. Ortega (Eds.), *La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en Baja California Sur*. Publ. 4, CIB. La Paz, B.C.S.

Sánchez, P.J. 2000. Acciones de conservación de las islas de México. Pp. 41-44. en *Gaceta ecológica*. México

Smith, J. et al. 1991. Social behaviour and population regulation in insular bird populations: implications for conservation. In C.M. Perrins, J-D. Lebreton and

G.J.M. Hirons (eds.), *Bird Population studies: Relevance to Conservation and Management*, pp. 148-167. Oxford University Press.

Spitzer, P.R. 1989. Osprey. Pp. 22-29. In: *Proc. Northeast Raptor Management Symposium and Workshop*. Nat. Wildl. Fed. Washington, D.C.

Steidl, R.J., C.R. Griffin y L.J. Niles. 1991. Contaminant levels of Osprey eggs and prey reflects regional differences in reproductive success. *Journal of Wildlife Management* 55(4):601-608.

Westall, M.A. 1990. Osprey. Pp. 22-28. In: *Southeast Raptor Management and Conservation. Symposium and Workshop*.

X. ANEXOS

Anexo 1. Valores obtenidos para el modelo logístico de acuerdo a la fórmula arriba descrita. Cada casilla es el valor calculado de N_t a lo largo de cada año. En este caso el modelo se corrió a 30 años, es decir t_1 es el año 1 y así consecutivamente.

$$N_t = 390 / (1 + 0.62e^{(-0.12)(1...30)})$$

t1=253	t7=309	t13=345	t19=367	t25=378
t2=263	t8=317	t14=351	t20=371	t26=379
t3=272	t9=322	t15=354	t21=371	t27=380
t4=282	t10=330	t16=357	t22=380	t28=381
t5=291	t11=336	t17=361	t23=375	t29=382
t6=300	t12=342	t18=364	t24=377	t30=383

Anexo 2. Valores obtenidos para el modelo exponencial de acuerdo a la ecuación $N_t = N_0 e^{rt}$

El modelo se corrió a 30 años y cada t indica el año con el valor obtenido de la ecuación desarrollada.

$$N_t = 241e^{(0.12)(1...30)}$$

t1=253	t7=558	t13=1146	t19=2356	t25=4840
t2=271	t8=629	t14=1293	t20=2656	t26=5457
t3=306	t9=709	t15=1457	t21=2995	t27=6153
t4=345	t10=800	t16=1643	t22=3377	t28=6938
t5=389	t11=902	t17=1853	t23=3807	t29=7822
t6=439	t12=1017	t18=2089	t24=4293	t30=8820

Anexo 3. De los valores obtenidos en la Tabla 6, se obtuvo el valor de λ en el tiempo generacional de 1 a 30 años.

T1=1.034	T7=0.99	T13=1.035	T19=0.99	T25=1.03
T2=1.017	T8=1.002	T14=1.018	T20=1.002	T26=1.018
T3=0.99	T9=1.035	T15=0.99	T21=1.035	T27=0.99
T4=1.002	T10=1.018	T16=1	T22=1.018	T28=1.002
T5=1.35	T11=0.99	T17=1.035	T23=0.99	T29=1.035
T6=1.018	T12=1.002	T18=1.018	T24=1.001	T30=1.018

Anexo 4. De los valores obtenidos en la tabla 8, se obtuvo el valor de lambda en el tiempo generacional.

T1=1.15	T7=1.04	T13=1.15	T19=0.92	T25=1.15
T2=1.11	T8=1.04	T14=1.11	T20=1.18	T26=1.1
T3=1.04	T9=1.15	T15=1.04	T21=1.15	T27=1.04
T4=1.04	T10=1.11	T16=1.04	T22=1.11	T28=1.04
T5=1.15	T11=1.04	T17=1.15	T23=1.04	T29=1.15
T6=1.11	T12=1.04	T18=1.11	T24=1.04	T30=1.11