

**Informe final\* del Proyecto L168**  
**Las aves marinas como herramientas de monitoreo de pesquerías**

**Responsable:** Dra. Enriqueta Velarde González  
**Institución:** Conservación del Territorio Insular Mexicano ACI  
**Dirección:** Independencia #1209 C, Centro, La Paz, BCS, 23000 , México  
**Correo electrónico:** [vgme@minervaux.fciencias.unam.mx](mailto:vgme@minervaux.fciencias.unam.mx)  
**Teléfono/Fax:** 01(112)3 4318  
**Fecha de inicio:** Diciembre 15, 1997  
**Fecha de término:** Octubre 29, 1999  
**Principales resultados:** Informe final, Hoja de cálculo  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Velarde Gonzáles, E., 2000. Las aves marinas como herramientas de monitoreo de pesquerías. Conservación del Territorio Insular Mexicano AC. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L168.** México D. F.  
**Forma de citar hoja de cálculo** Velarde Gonzáles, E., 2000. Las aves marinas como herramientas de monitoreo de pesquerías. Conservación del Territorio Insular Mexicano AC. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. L168.** México D. F.

### Resumen

La pesquería del recurso sardina, constituye el 30% del volumen de la producción pesquera nacional y la flota del estado de Sonora captura el 50% de esta producción en el Golfo de California. Esta pesquería, que incluye principalmente a la sardina Monterrey (*Sardinops sagax*), se ha incrementado a una tasa anual del 50 % entre 1972 y 1991. Esta especie es el principal alimento para muchos peces mayores (varios de importancia comercial), diversas especies de mamíferos marinos y numerosas aves marinas, varias de las cuales se encuentran clasificadas bajo alguna categoría de protección de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM050-ECOL-1994 y/o la Endangered Species Act de los Estados Unidos. Esta población de sardina comenzó a mostrar síntomas sobreexplotación a mediados de los 80's. La gaviota ploma (*Larus heermanni*) y el charrán elegante (*Sterna elegans*) se alimenta principalmente de sardina (88%), según se determinó al inicio de nuestros estudios en 1983. La proporción de sardina en sus dietas fue disminuyendo, y en 1989 fue de menos del 10%, el resto estuvo constituido por anchoveta norteña (*Engraulis mordax*). Tres años después de haberse detectado el cambio radical en la dieta de las aves la pesquería de la sardina de golfo sufrió un colapso, su producción disminuyó al 2% de su record, de tres años antes. El resultado fue una aguda crisis económica en este sector pesquero, uno de los más importantes del país. La información que se obtiene acerca de la distribución, abundancia y variación de las poblaciones de peces por métodos directos es escasa, debido a la naturaleza misma del recurso y a que obtenerla implica un alto costo. Varios investigadores han señalado el valor de las aves marinas como elementos de muestreo indirecto de las especies de peces que constituyen su alimento. Para la mayoría de las aves marinas la temporada de reproducción está estrechamente relacionada con las fluctuaciones estacionales de su alimento y la influencia de la distribución y abundancia de éste es determinante en su esfuerzo y éxito reproductivo. Los objetivos de este proyecto son el obtener información acerca del esfuerzo (tamaño y número de huevos puestos) y el éxito reproductivo (No. de polluelos que sobreviven/No. de nidos), así como de la composición de la dieta de dichas aves marinas y determinar si existe una correlación con la abundancia absoluta del recurso (captura por unidad de esfuerzo). Con base en el análisis previo de la composición de la dieta de estas aves ya hemos logrado establecer que existe una alta correlación entre la población de su dieta y la abundancia relativa del recurso. Este trabajo será una extensión y ampliación de nuestros trabajos previos, con el fin de aportar información que sirva de base para un manejo sustentable de este importante recurso pesquero.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

**INFORME FINAL DEL PROYECTO L168**

**LAS AVES MARINAS COMO**

**HERRAMIENTAS DE MONITOREO DE PESQUERIAS**

**Institución:** Conservación del Territorio Insular Mexicano, A.C.

**Investigador responsable:** Dra. Ma.Enriqueta Velarde González.

**Dirección:** Av. Copilco 300, Edif. 11-404, Col. Copilco, México, D.F. 04360.

## RESUMEN:

La pesquería del recurso sardina, constituye el 30% del volumen de la producción pesquera nacional y la flota del estado de Sonora captura el 50% de esta producción en el Golfo de California. Esta pesquería, que incluye principalmente a la sardina Monterrey (*Sardinops ceruleus*), se ha incrementado a una tasa anual promedio de 50% entre 1972 y 1991. Esta especie es el principal alimento para muchos peces mayores (varios de importancia comercial), diversas especies de mamíferos marinos y numerosas aves marinas, varias de las cuales se encuentran clasificadas bajo alguna categoría de protección de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM050-ECOL-1994. La población de sardina comenzó a mostrar síntomas de sobreexplotación a mediados de los 80's. La gaviota ploma (*Larus heermanni*) y el charrán elegante (*Sterna elegans*) se alimentaban principalmente de sardina (88%), según se determinó al inicio de nuestros estudios en 1983. La proporción de sardina en sus dietas fué disminuyendo, y en 1989 fué de menos del 10%; el resto estuvo constituido por anchoveta norteña (*Engraulis mordax*). Trés años después de haberse detectado el cambio radical en la dieta de las aves la pesquería de la sardina del golfo sufrió un colapso, su producción disminuyó al 2% de su record, de trés años antes. El resultado fué una aguda crisis económica en este sector pesquero, uno de los más importantes del país.

Para la mayoría de las aves marinas la temporada de reproducción está estrechamente relacionada con las fluctuaciones estacionales de su alimento y la influencia de la distribución y abundancia de éste es determinante en su esfuerzo y éxito reproductivos. Los objetivos de este proyecto fueron el obtener información acerca del esfuerzo (tamaño y número de huevos puestos) y éxito reproductivo (No. de polluelos que sobreviven/No. nidos), así como de la composición de la dieta de dichas aves marinas y determinar si existe una correlación con la abundancia absoluta del recurso (captura por unidad de esfuerzo). Este trabajo constituye una síntesis y análisis de información reunida a través de muchos años, con el fin de aportar información que sirva de base para un manejo sustentable de estos importantes recursos naturales y pesqueros.

Los análisis nos permitieron detectar que la Captura por Unidad de Esfuerzo de sardina Monterrey es confiablemente predecible a través del conocimiento del peso de las hembras de gaviota ploma, el peso de sus huevos y su éxito reproductivo. Asimismo, la proporción de sardina Monterrey y anchoveta son confiablemente predecibles a través del conocimiento de la proporción de estas especies en la dieta del charrán elegante, en forma principal y, secundariamente, en la dieta de la gaviota ploma. Muchos de los parámetros reproductivos de las aves marinas estudiadas están íntimamente relacionados entre sí, y con las condiciones ambientales, tales como la abundancia del alimento. Este tipo de información nos permitirá actuar con conocimiento de causa en la toma de decisiones de manejo, tanto de estas especies de aves amenazadas, como de estos peces de importancia comercial y también importantes para el ecosistema, ya que constituyen la base de múltiples cadenas tróficas.

## INTRODUCCION Y JUSTIFICACION

La explotación de las poblaciones de peces pelágicos se ha incrementado en las últimas décadas en todo el mundo. México, en particular, casi ha duplicado su producción pesquera en los últimos diez años y el 40% de ella proviene del Golfo de California. Existen diversos ejemplos de sobrexplotación de poblaciones de peces pelágicos en el mundo, en áreas oceanográficamente muy productivas y aparentemente inagotables. Esta explotación irracional ha llevado al colapso de las poblaciones de peces, de las pesquerías y de muchas de las poblaciones de aves marinas que de ellas dependían. La distribución, abundancia y reproducción de las aves marinas son fuertemente afectadas por la abundancia y distribución de su alimento. Debido a ello, el estudio de estos parámetros en ciertas poblaciones de aves marinas pueden proveer información valiosa en el manejo de las mismas y de los peces que constituyen su alimento.

La ecología de una especie de ave marina se puede definir en términos de : 1) la naturaleza y abundancia de la fuente de alimento que explota durante su estación reproductiva, 2) la relación espacial de este recurso, 3) la accesibilidad de sitios de anidación y 4) la accesibilidad de los recursos alimenticios que utiliza durante otras épocas del año (Ashmole, 1971). Se ha demostrado que muchas aves marinas basan su dieta en peces de importancia comercial, los cuales son ampliamente explotados por las pesquerías (Anderson *et al.*, 1980; Sunada *et al.*, 1981 y Schaffner, 1982). Esto sugiere una competencia potencial por el mismo recurso entre las aves marinas y las pesquerías. En algunas zonas esta relación ha favorecido a las pesquerías, causando una gran disminución de las poblaciones de aves marinas. Este ha sido el caso de Perú (Paulij, 1971; Idyll, 1973 y Tovar, 1978) y Sudáfrica (Crawford y Shelton, 1978).

En la mayoría de las aves marinas la estación de reproducción está fuertemente correlacionada con las fluctuaciones estacionales de su alimento (Perrins, 1970 en Kirkham y Morris, 1979), y durante la temporada de reproducción la influencia de la distribución y abundancia del alimento es determinante en su éxito reproductivo (Anderson *et al.*, 1980; Sunada *et al.*, 1981). El alimento también es importante, en algunas especies para la determinación del tamaño de la nidada (Lack, 1947, 1948, 1954, 1966, 1968; Smith y Fretwell, 1974; Stearns, 1976; Nelson, 1980). Como ejemplo de ello podemos citar los estudios de Anderson *et al.* (1982), que establecen que el éxito reproductivo del pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*), está estrechamente correlacionado con la abundancia de su alimento principal en la Corriente de California: la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*).

### **La importancia de las aves marinas y su área de anidación, en relación con la NOM050-ECOL-1994 y el Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas.**

El Golfo de California es un mar subtropical con una hidrodinámica compleja y una productividad marina comparable a las más altas del planeta (Alvarez-Borrego 1983). Fuertes surgencias marinas, principalmente de origen mareal, particularmente en la Región de las Grandes Islas, así como una compleja topografía submarina, son los principales factores que dan origen a la alta productividad marina en el Golfo de California (Alvarez-Borrego 1983). Debido a su alta productividad y su ubicación geográfica en una zona limítrofe entre el Pacífico tropical y templado, en el Golfo de California se encuentran poblaciones de varios cientos de miles de aves marinas de más de 20 especies (Anderson 1983). Entre estas especies se encuentran cinco consideradas como cuasi-endémicas (aquellas especies con más del 90% de su población reproduciéndose en una región restringida), dos de estas cinco son la gaviota parda y la golondrina-marina elegante (Anderson 1983), ambas con el 95% de su población mundial anidando en Isla Rasa, en la Región de las Grandes Islas, en el Golfo de California. El tamaño de sus poblaciones ha sido calculado en

aproximadamente 240,000 y 45,000 individuos, respectivamente (Velarde *et al.* 1994).

Las dos especies de aves marinas consideradas en este proyecto están clasificadas como "AMENAZADAS" dentro de la NOM050-ECOL-1994 debido a lo restringido y vulnerable de su área de anidación, una isla oceánica de menos de 1 km<sup>2</sup>. A mediados de este siglo, debido a la intensa colecta a que estuvieron sujetos los huevos de estas aves marinas, sus poblaciones llegaron a disminuir a niveles tan bajos que causó alarma entre el sector académico, conservacionista y de gobierno de México y los Estados Unidos (ya que estas son aves migratorias que llegan hasta el sur de Canadá y las costas de Chile y Perú). Como resultado de ello Isla Rasa fué declarada una área natural protegida y, a partir de 1964, pero en forma constante desde 1979, se ha mantenido una actividad de protección, estudio y monitoreo de sus poblaciones por parte de biólogos, investigadores y estudiantes, principalmente de la Universidad Nacional Autónoma de México (Velarde y Anderson, 1990).

Las islas del Golfo de California constituyen un atractivo turístico de gran importancia en la región, así como laboratorios naturales para la evolución de especies en aislamiento y sitios ideales para la educación ambiental y el entrenamiento de personal técnico y científico. Actualmente, después de la pesquería, el turismo naturalístico es la actividad productiva más importante para la región, ya que muchas personas de México, el resto de Norteamérica, Europa, Sudamérica y Japón tienen un interés particular por visitar esta rica región marina, sus importantes y bellas islas, con grandes poblaciones de mamíferos marinos, enormes colonias de anidación de aves marinas y un gran número de reptiles, mamíferos, plantas e invertebrados endémicos (Bourillón *et al.* 1988).

### **Las aves marinas como herramientas de muestreo**

Las aves marinas anidan por lo regular en colonias. Estas se encuentran frecuentemente en islas que presentan menos depredadores terrestres que las áreas continentales a la misma latitud. Las colonias están distribuidas en las islas de acuerdo a la riqueza y productividad de las aguas que las rodean y, generalmente, se encuentran asociadas a zonas de alta producción pesquera. Las aves marinas son valiosas como agentes indirectos de muestreo para las poblaciones de peces que constituyen su alimento (Ashmole y Ashmole, 1967). Su valor radica tanto en el bajo costo del método de muestreo como en la facilidad de captura de las aves. La muestra de alimento es regurgitada por el ave, de forma espontánea al ser capturada, y se obtiene en buen estado de conservación. Además es posible obtener varios especímenes en cada regurgitación, se consigue un amplio rango de tamaños de los peces presa y el método no afecta la población de aves.

### **Las poblaciones de peces pelágicos menores**

Los peces pelágicos menores se alimentan de fito y zooplancton, y son el segundo nivel en la red trófica marina. Sus poblaciones forman una enorme biomasa de la cual se alimentan gran cantidad de otros peces mayores (muchos de ellos de importancia comercial), muchas especies de aves y mamíferos marinos y son extraídas del mar por el hombre.

En 1983 iniciamos un estudio de la dieta de la gaviota ploma (*Larus heermanni*) y en 1985 del charrán elegante (*Sterna elegans*). Se determinó que la dieta de la gaviota estaba compuesta, por un 88% por sardina Monterey (*Sardinops sagax*). Recientemente, la anchoveta se ha incrementado en la dieta de ambas especies. En la temporada de 1989 este pez constituyó cerca del 90% de su dieta. Es importante señalar que, en años previos al colapso de la población de sardina en la Corriente de California, la anchoveta

comenzó a substituir a la sardina, hasta reemplazarla totalmente. De acuerdo a los datos obtenidos por los investigadores del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) en Guaymas (principal puerto de descarga de sardina), la anchoveta norteña no había sido reportada en el área en años previos a 1980. La especie comenzó a aparecer en las capturas de sardina a partir de entonces (CRIP 1986 a 1988).

La captura de sardina por la flota pesquera del Golfo de California se incrementó a una tasa anual de entre el 24% y 50% entre 1982 y 1992. De acuerdo a los informes mensuales del CRIP de Guaymas, la población de sardina en el área de las Grandes Islas, comenzó a mostrar síntomas de sobrepesca, tales como los mostrados, antes de su colapso, por la población de esa misma especie en la Corriente de California. Algunos de ellos fueron: 1) decremento del tamaño promedio de los individuos en las capturas, 2) por lo menos las cinco mayores clases de edad habían desaparecido de las capturas comerciales y 3) actualmente éstas están constituidas por individuos de, cuando mucho, cuatro años de edad. Los juveniles, en ocasiones, llegan a constituir hasta el 70% de la captura. Como consecuencia se ha presentado una disminución en la talla crítica (talla a la cual el 50% de los individuos en la población han adquirido la madurez sexual) y un cambio en la distribución de la población hacia el sur.

La gaviota ploma y el charrán elegante se alimentaban principalmente de sardina (88%), según se determinó al inicio de nuestros estudios en 1983. Paulatinamente, la proporción de sardina en sus dietas fue disminuyendo hasta que, en 1989, llegó a constituir menos del 10%. El resto estuvo constituido, en forma básica, por anchoveta (Velarde et al. 1994). La substitución de la sardina por la anchoveta también fue uno de los resultados de la sobrepesca de sardina en la costa de California. Al año siguiente la captura de la sardina por la flota pesquera, disminuyó en 33% y al tercer año colapsó al 2% de su captura record de 1989. El resultado fue una crisis económica y social en el sector, que afectó no solamente a la población a nivel regional, sino al sector pesquero a nivel nacional, dada la importancia del recurso para el país, ya que más del 80% de la producción de esta pesquería se transforma en harina de pescado, que constituye parte del alimento balanceado que se da al ganado. Este compuesto ayuda en la engorda y crecimiento del ganado, así como en la mejora de la producción de huevo y leche, propiciando un aumento en la ganancia para el productor. Actualmente, México no es autosuficiente en la producción de harina de pescado.

## **AREA DE ESTUDIO**

Isla Rasa está situada a 28°49'24" N y 112°59'03" W. Tiene 1.2 km de largo y 0.6 km de ancho. Es el sitio de reproducción del 95% de la población mundial de la gaviota ploma y del charrán elegante (actualmente aprox. 240,000 y 145,000 individuos de cada especie, respectivamente)(Velarde datos no publicados). Esta isla está situada en la Región de las Grandes Islas, en donde forma parte de una cadena que se extiende de NW a SE en la región centro-norte del Golfo de California. Entre las islas y la península existen cañones submarinos de más de 1,000 m de profundidad, en donde el agua fluye a grandes velocidades debido a los cambios de marea. A estos movimientos de las masas de agua se suma un fuerte movimiento atmosférico. Los vientos que bajan de la sierra costera de la península añaden fuerza y turbulencia a las corrientes. Las profundas fosas oceánicas contienen aguas frías, ricas en nutrientes, que afloran a la superficie (surgencias) resultando en una gran productividad primaria. Todos estos fenómenos combinados transforman a la Región de las Grandes Islas en un ecosistema productor de energía en el Golfo de California (Alvarez-Borrego 1983, Bourillón *et al.* 1988).

La Región de las Grandes Islas se caracteriza por ser una zona importante para el reclutamiento de la

sardina Monterrey, así como un centro de dispersión para la especie (Sokolov y Wong, 1979). La sardina es alimento básico para peces de importancia comercial y turística (como la cabrilla, jurél, pargo, baqueta, etc.), para enormes poblaciones de aves marinas, varias especies de mamíferos marinos y también es cosechada del mar por el hombre. Lo mismo puede decirse con relación a la anchoveta norteña y la macarela, aunque estas especies no han sido tan bien estudiadas como la sardina en esta región.

Además de que el Golfo de California produce en promedio un 50% de la producción pesquera nacional, en él se encuentra representado el 36% de las especies de cetáceos del mundo. En la Región de las Grandes Islas se concentran cientos de miles de aves marinas de muchas especies para anidar, en el caso de algunas especies representando entre el 60 al 99% de las poblaciones mundiales; así como decenas de miles de lobos marinos (*Zalophus californianus*), siendo la zona de mayor concentración de colonias de reproducción de esta especie en el Pacífico mexicano (Velarde y Anderson 1993). El Golfo de California y sus islas quedan incluidos en la Ruta Migratoria del Pacífico Oriental para aves de Norteamérica, transformando a la zona en una de gran importancia como sitio de invernación, descanso y alimentación para las aves migratorias.

## ANTECEDENTES

El Golfo de California y sus islas han sido objeto de estudio desde hace muchas décadas (ver Case y Cody 1983 para una síntesis de investigaciones realizadas en el área). Por sus características oceanográficas y biogeográficas, la zona también ha sido escenario de una floreciente industria pesquera y otro tipo de actividades económicas. En particular en Isla Rasa, durante los años cincuentas, debido a intensas colectas del huevo de las aves marinas, las poblaciones de las aves anidantes disminuyeron dramáticamente. Gracias a los esfuerzos de varias personas e instituciones tanto en México como en los Estados Unidos, en 1964 la Isla Rasa fué declarada Zona de Reserva Natural y Refugio de Aves, por el gobierno mexicano. Posteriormente, en 1978 quedó integrada a la gran área natural protegida denominada Islas del Golfo de California. Algunos biólogos que trabajaban para la Dirección General de Fauna Silvestre de México y luego el Dr. Bernardo Villa, del Instituto de Biología de la UNAM, con la cooperación de estudiantes, proveyeron protección a la isla, tanto de colectores de huevos de las aves marinas, como de turistas que, aunque bien intencionados, pueden crear una intensa perturbación en las colonias de anidación al acercarse a ellas. De esta forma ha sido necesario mantener áreas excluidas de la presencia humana y veredas, señalización y material informativo para los visitantes, creando, en el proceso, un modelo efectivo de investigación y protección. En forma derivada de estos esfuerzos y en búsqueda de una continuidad, nuestro grupo de trabajo ha seguido la combinación de investigación y protección durante los últimos 20 años.

Desde finales de marzo hasta principios de julio, período de anidación de las aves marinas, algunos investigadores, con la importante colaboración de estudiantes, principalmente de la UNAM, nos establecemos en Isla Rasa para llevar a cabo diversas investigaciones y proteger la isla de posibles perturbaciones humanas. Se han establecido veredas con el fin de guiar a los turistas (llegan aproximadamente 300 en cada temporada), para que ellos puedan admirar las espectaculares colonias de anidación sin perturbar a las aves. Es claro, sin embargo, que la protección del sitio de anidación de una especie de ave marina será infructuoso si se afecta algún otro de sus requerimientos básicos como, por ejemplo, su alimento. Por ello es muy importante conocer las fluctuaciones de las especies de peces que constituyen la dieta de estas aves y, de ser posible, las causas que las producen, con el fin de poder determinar medidas para su manejo.

A partir de 1983 y 1985 nuestro grupo de investigación ha llevado a cabo el estudio de la dieta de la gaviota ploma y el charrán elegante, respectivamente (Tordesillas y Velarde 1987, Velarde y Arriola 1989, Velarde *et al.* 1994). Estos estudios han demostrado un cambio paulatino en la dieta de ambas especies de aves marinas, desde un consumo de casi 90% de sardina durante 1983 a entre 86% y 99% de anchoveta entre 1990 y 1992. Con base en un análisis de la composición por especies de peces en la dieta de las aves y la de la captura comercial, con datos del periodo 1983-1992, se logró comprobar que existe una muy alta correlación entre ambas variables. De esta forma, la información de la composición de la dieta de estas aves marinas nos permite predecir la captura relativa por especie en la pesca comercial, hasta con tres años de anticipación.

A partir de 1989, se ha monitoreado, en forma sistemática el esfuerzo y éxito reproductivos de la gaviota ploma en la isla. En algunos años también se ha monitoreado el esfuerzo y éxito reproductivos del charrán elegante.

## **OBJETIVO GENERAL**

**El objetivo de este proyecto fué utilizar a las aves marinas como herramientas de muestreo de las poblaciones de peces de importancia comercial,** de las cuales ellas se alimentan. Para ello se debería determinar la correlación que existe entre el esfuerzo y éxito reproductivo de las aves con el volumen en las capturas comerciales, y entre la composición de la dieta de las aves con la composición de las capturas comerciales. Con ello se pretendía monitorear el estado de sus poblaciones y, además, usarlas como instrumentos de diagnóstico del estado del ambiente marino y las poblaciones de peces de importancia comercial. A mediano plazo, la información obtenida podrá servir a las dependencias gubernamentales para establecer reglamentos para la administración de los recursos naturales del área, especialmente aquellos tan importantes para el ecosistema como son los peces pelágicos menores y las aves marinas, en el Golfo de California. Simultáneamente, se pretendía mantener una presencia en la isla, área de anidación de dichas aves, con el fin de protegerlas de perturbaciones debidas a la presencia humana, orientando, guiando e informando a los visitantes.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

Con el fin de poder cumplir con el objetivo general del proyecto, que fué el de obtener la información sobre la biología reproductiva y de la alimentación de las aves marinas, necesaria para proponer medidas de manejo acordes con la conservación y uso racional de los recursos, se debió realizar un análisis de correlación de los parámetros de reproducción y dieta de las aves con las capturas pesqueras comerciales. Asimismo se deseaba mantener una protección del las colonias de aves anidantes y controlar e informar a los visitantes sobre la importancia de las mismas. Simultáneamente, se produciría información acerca de las poblaciones de peces pelágicos menores de importancia comercial, en cuanto a su proporción relativa, estructura de tamaños y edades en la población accesible a la pesquería y a las aves marinas que de ellas se alimentan.

Los objetivos particulares de este proyecto fueron:



1. Conocer la abundancia de las aves marinas que anidan en Isla Rasa, una de las más importantes áreas de anidación en el Golfo de California, y comparar dichos datos con los que se disponga, de años anteriores.

2. Conocer el peso promedio una muestra de individuos de la población anidante de gaviota ploma y sus fluctuaciones en la temporada reproductiva, y compararlos con los de años anteriores en que se dispusiera de este tipo de datos.

3. Medir el esfuerzo y el éxito reproductivos de la gaviota ploma con base en:

a) tamaño de la nidada

b) peso promedio de los huevos y peso total de la nidada

c) sobrevivencia de los polluelos a la edad de prevuelo

d) éxito reproductivo por nido definido como el total de polluelos sobrevivientes/número de huevos puestos

e) éxito reproductivo de la población, definido como el total de polluelos sobrevivientes/total de nidos

4. Medir el esfuerzo y éxito reproductivos del charrán elegante con base en:

a) tamaño de la colonia de anidación

b) estimación del total de polluelos sobrevivientes en etapa de prevuelo

c) éxito reproductivo de la población, definido como el total de polluelos sobrevivientes/total de nidos establecidos

5. Conocer la composición de la dieta (y fluctuación en el tiempo con base en la disponibilidad de datos de otros años) de la gaviota ploma y el charrán elegante (con base en un mínimo de 30 regurgitaciones por periodo de muestro y por especie de ave), durante la temporada de reproducción de acuerdo con:

a) proporción de cada especie presa en la dieta

b) porcentaje del peso de cada especie de presa en la dieta

c) distribución de tallas y pesos de los peces

6. Conocer la estructura de edades de los peces presentes en la dieta de las dos especies de aves marinas, por medio del análisis de las edades obtenidas con base en la lectura de otolitos.

7. Determinar la correlación entre la proporción por especie de pez entre la dieta de las aves y la captura

comercial.

8. Determinar si existe una relación entre el esfuerzo y éxito reproductivo de las aves con la captura comercial, con base en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE).

9. Determinar la relación entre las características de tamaño y edad de los peces consumidos por las aves y aquellos atrapados por la flota comercial.

10. Mantener una presencia en la isla con el fin de proteger a las colonias de aves de posibles perturbaciones por visitantes así como guiar e informar a los mismos del carácter de Reserva de la isla y de la historia natural de las especies que en ella habitan.

11. A mediano plazo, y en colaboración con las autoridades correspondientes, colaborar con la elaboración de un programa de manejo de las especies de aves y peces más relevantes, estudiadas en este proyecto.

## **METODOS**

### **Métodos de campo**

Tamaño de la población anidante.-

Para el caso de la gaviota ploma, se establecieron 20 cuadrantes de muestreo de 10x10 m en puntos aleatorios de la isla. Diez de dichos cuadrantes estuvieron ubicados en zonas de colinas y 10 en zonas valles, las dos regiones topográficas principales en la isla. Con base en el número promedio de nidos establecidos en cada zona topográfica, y la superficie de la isla que constituye ese tipo de sustrato, se extrapoló la cifra del número total de nidos establecidos.

Para el caso del charrán elegante, se estimó el total del área ocupada por la colonia de anidación, con base en marcas preestablecidas en la isla y que señalan cuadrantes de 10x10 m. La superficie obtenida se multiplicó por el número promedio de nidos que se establecen por metro cuadrado (se conoce que es de 15 nidos/m<sup>2</sup>, Tobón 1992), para obtener el total de nidos establecidos.

Reproducción.-

Para el caso de la población de gaviota ploma se localizaron individuos anillados de edad conocida. A partir de 1985 se han anillado 28,000 polluelos con anillos de aluminio proporcionados por el Servicio de Pesca y Fauna Silvestre de los Estados Unidos (de acuerdo al convenio para aves migratorias de Norteamérica), por lo cual actualmente hay varios cientos de individuos anillados en la población reproductiva. Sus nidos fueron marcados con estacas numeradas. Se atraparon los adultos anillados de cada nido (y cuando fué posible su pareja) para obtener el número del anillo de identificación y el peso del individuo. Los individuos anillados con anillo de aluminio fueron reanillados con anillos de acero inoxidable (proporcionados por el Servicio de Pesca y Fauna Silvestre de los Estados Unidos), los cuales permiten monitorear a las aves a lo largo de toda su vida reproductiva, que es de cerca de 20 años. Los

individuos capturados por más de una vez, ya ostentaban un anillo de acero, del cual sólo se registró su número.

En el nido de cada uno de estos individuos, los huevos fueron marcados de acuerdo a su secuencia de puesta y pesados y se determinó el tamaño de la nidada (número de huevos puestos). Los nidos se revisaron cuando menos cada tercer día, para determinar pérdida y reposición de huevos. A partir del nacimiento del primer polluelo se continuaron los censos para registrar fecha de nacimiento y muerte, hasta la edad de prevuelo.

En el caso del charrán elegante la metodología difirió, por ser sumamente susceptible a la presencia humana en las cercanías de sus colonias de anidación. Con base en los censos del tamaño de la población anidante y censos de los polluelos en las "guarderías" (agrupaciones que forman de manera natural al dejar las colonias), durante la etapa de prevuelo, se estimó el éxito reproductivo de esta especie (número de polluelos sobrevivientes/número de nidos establecidos).

#### Dieta.-

La dieta de las aves marinas se conoció con base en el análisis de regurgitaciones frescas de las aves, cuando éstas regresan a la isla después de un viaje de alimentación en la región marina. Las regurgitaciones frescas se obtuvieron, generalmente, en dos periodos diferentes durante la temporada de reproducción (mediados de mayo y de junio). Cada periodo fué de aproximadamente una semana para cada especie de ave, con el fin de obtener un mínimo de 30 regurgitaciones por periodo y por especie. Las aves fueron capturadas con redes ornitológicas. Al momento de la captura las aves regurgitan espontáneamente el contenido del buche. Cada ave fué pesada, medida y liberada. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico para ser pesadas y para su preservación temporal en refrigeración, y procesamiento en el lapso de las siguientes 12 hrs. Los peces en las muestras fueron medidos (longitud total, longitud patrón, longitud cefálica y longitud del ano al pedúnculo caudal) antes de extraerles el otolito, el cual fué conservado en cápsulas de grenetina, para su futuro procesamiento en el laboratorio (lectura de la edad de los individuos por medio de los anillos de crecimiento en el otolito) (Brothers *et al.* 1976, Brothers 1987, Felix Uruga 1982, Gallardo-Cabello 1985, Gregory y Jow 1976, Mais 1981, Baldwin y Kendeight 1983, Parrish *et al.* 1985, Tordesillas 1992 y sus referencias, Velarde *et al.* 1994).

#### **Métodos de laboratorio**

En el caso de no haber podido identificar algún ejemplar de los peces en la dieta de las aves, en el laboratorio y con la ayuda de claves de identificación se identificaron los peces de las muestras, hasta la más baja categoría taxonómica posible, recurriendo a expertos en el área. En el caso que la muestra presentara un alto grado de digestión, se utilizaron estructuras duras tales como otolitos.

Las muestras de peces colectadas fueron pesadas la noche de la colecta, también se pesaron los individuos enteros de las muestras. Esto fué con el fin de que no haya un cambio en el peso debido a deshidratación en las horas posteriores a la colecta. Las muestras colectadas la noche anterior y preservadas en bolsas de plástico numeradas, en refrigeración, fueron procesadas a la mañana siguiente, para obtener datos de medidas de los peces colectados, así como extraer los otolitos de los mismos.

Para cada muestra se obtuvo el número de presas en cada categoría taxonómica y el peso total de la muestra. De cada una de las presas completas o parciales se obtuvieron los siguientes datos, siempre y cuando fuera posible, de acuerdo al grado de digestión de la muestra: longitud total, longitud patrón, longitud cefálica, longitud del ano al pedúnculo caudal, peso y edad (González Dávila 1988, Tordesillas 1992 y sus referencias, Velarde et al. 1994).

## **Analisis de datos**

Se describió la distribución de frecuencias de la edad para la población reproductiva de gaviota ploma. Se describió la distribución de frecuencias de los pesos de la gaviota ploma durante su etapa de incubación, así como del peso de los huevos y peso total de la nidada. Se determinó la frecuencia relativa para el tamaño de nidada. Se describió la distribución de frecuencias del éxito reproductivo individual, y se determinó el éxito reproductivo de la población muestreada.

Para el caso del charrán elegante, se determinó el tamaño de la colonia de anidación y la tasa de crecimiento diaria, se determinó el éxito reproductivo de la población en general como el cociente del total estimado de polluelos producidos/total estimado de nidos establecidos.

Se describió la composición relativa por especie de pez, así como la estructura de tallas, pesos y edades de los peces consumidos por las aves (gaviota ploma y charrán elegante).

Con base en estos mismos datos, se estableció una comparación con los datos de las capturas de la flota pesquera de los puertos de Guaymas y Yavaros, provistos por el Centro Regional de Investigación Pesquera del Estado de Sonora, con base en una prueba de Correlación de Spearman.

Se hizo un análisis de correlación entre parámetros de las aves: peso de las hembras, peso de los huevos y éxito reproductivo (en el caso de la gaviota ploma), y el tamaño de la colonia, tasa de incremento de la colonia de anidación y el éxito reproductivo (medido como el cociente de total de polluelos sobrevivientes/total de nidos establecidos)(en el caso del charrán elegante), en relación con la disponibilidad del recurso pesquero para la flota comercial (medido con base a la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), que se trata de una medida normalizada de la captura del recurso, de acuerdo al número de embarcaciones-día de trabajo), con base en una prueba de Correlación de Spearman.

Con base en los resultados obtenidos, se determinaron los principales factores que influyen en el éxito reproductivo de las aves marinas estudiadas y su correlación con la disponibilidad del recurso pesquero para ellas y la flota pesquera comercial. Asimismo, se determinaron los parámetros de la reproducción de las aves que permiten tener información con valor predictivo con relación a la captura comercial de sardina Monterrey, la principal especie de pelágico menor de importancia económica.

## **RESULTADOS Y PRODUCTOS**

Se generaron las siguientes hojas de cálculo con los datos crudos, de acuerdo a los formatos acordados con la CONABIO:

1. ecología reproductiva de la gaviota ploma, incluyendo localidad, sitio dentro de la localidad, fechas, identificación, edad, sexo y peso de los individuos de la muestra, tamaño de nidada, sobrevivencia de polluelos y éxito reproductivo, a partir de 1989.
2. dieta de la gaviota ploma y el charrán elegante, incluyendo localidad, fechas, número y peso de las aves muestreadas, número de regurgitaciones colectadas, composición de la muestra por especie de pez, peso de la muestra, número de presas en la muestra, peso de los peces enteros, medidas somáticas de los peces, clave del otolito obtenido y edad del pez, a partir de 1985 (excepto en el caso de la edad, que se empezó a obtener a partir de 1988).

El número de registros por año y por especie para dichas hojas de cálculo se especifica en la Tabla 1.

Adicionalmente, se estimaron los tamaños de las colonias de reproducción (número de nidos establecidos) y éxito reproductivo (número de polluelos sobrevivientes/número de nidos establecidos) para ambas especies de aves marinas, en diversos años, a partir de 1989. En el caso del charrán elegante se agregó la información de dichos parámetros para 1986 y 1987, obtenida bibliográficamente (Tobón 1992).

Se presenta un mapa de la zona (Fig.1) indicando la ubicación del sitio de estudio con referencia a las áreas de productividad marina.

**Tabla 1.** Número de registros por archivo en las hojas de cálculo.

Hoja de cálculo	Especie	Año	No. registros
Reproducción	L. heermanni	1989	69
		1990	63
		1991	133
		1992	203
		1995	92
		1996	237
		1997	325
		1998	70
			Total
Dieta	L. heermanni	1992	93
		1993	60
		1994	101
		1995	273
		1996	64
		1997	134
		1998	
			Total
	S. elegans	1985	47
		1986	90
		1988	
		1992	114
		1993	
		1994	114
		1995	370
		1996	116
	1997	155	
		Total	1006

## **REPRODUCCION**

### ***Larus heermanni***

#### **EDAD DE LAS AVES**

La edad media de las gaviotas anilladas recapturadas para el estudio presentó un incremento inicial, debido a que los individuos anillados fueron de más edad en cada año (Tabla 2, Fig. 2).

#### *Edad del primer evento reproductivo y edades medias y modales*

La edad media se incrementó durante los primeros cinco años de estudio, para después estabilizarse en siete años, aproximadamente, a partir de 1995. Sin embargo, la edad modal, aunque al principio también fué en aumento hasta llegar a siete años, como sucedió con la edad media, a partir de 1995 se redujo a cuatro años y volvió a aumentar a partir de esa fecha (Tabla 2a, Fig.2a).

#### **PESO DE LAS AVES**

El peso de hembras y machos de gaviota ploma se analizó y graficó independientemente (Tabla 3, Fig. 3), mostrando que siguen un patrón casi paralelo a lo largo de los años. Las hembras tienen un peso promedio de aproximadamente el 84% del de los machos. Se observaron fluctuaciones anuales en el peso promedio de los adultos, con un máximo en la temporada de anidación de 1990 y un mínimo en la de 1992, coincidiendo con el penúltimo Año del Niño. En el caso de las hembras, el único otro valor de peso menor a los 400 g, y segundo al valor de 1992, coincide igualmente, con el Año del Niño de 1998. La prueba de Chi-cuadrado que se practicó con los datos no evidenció efecto significativo de diferencias entre años.

#### **TAMAÑO DE LA NIDADA**

El tamaño de la nidada, en coincidencia con el peso de los adultos, también presentó un máximo en 1995, pero el mínimo se presentó en 1998, coincidiendo con el último Año del Niño (Tabla 4, Fig. 4). Esta variable presentó fluctuaciones anuales significativas ( $X^2= 19.80$ ,  $P= 0.003$ ).

#### **PESO PROMEDIO DE LA NIDADA TOTAL**

El peso de la nidada total (suma de los pesos de todos los huevos de la nidada, independiente del tamaño de la nidada) presentó un promedio máximo en 1991 y un mínimo en 1998 en coincidencia con este último Año del Niño (Tabla 5, Fig. 5).

#### **PESO DE LOS HUEVOS**

El peso promedio de los huevos presentó fluctuaciones anuales con un máximo en 1996 y un mínimo en 1995 (Tabla 6, Fig. 6). El peso promedio del huevo 1 es siempre mayor que el del huevo 2 y éstos mayores que el del huevo 3. Aunque en los datos promedio se observa esta tendencia, no en todas las nidadas ocurre esto, ya que en algunas el huevo dos es más pesado que el huevo 1.

## EXITO REPRODUCTIVO

El éxito reproductivo (No. de polluelos sobrevivientes/No. de huevos puestos) presentó un máximo en 1990 y un mínimo en 1998, coincidiendo con el último Año del Niño (Tabla 7a, Fig. 7a). El éxito reproductivo tuvo fluctuaciones significativas con los años, según se determinó por el análisis de varianza realizado (S.C.= 12.36,  $P < 0.00001$ ). El éxito reproductivo poblacional (No. polluelos sobrevivientes/No. nidos) presentó fluctuaciones similares a las del éxito reproductivo promedio por nido, fluctuando entre 0.77 y 1.06 en los años “normales” y presentando mínimos de 0.22 y 0.0 para los dos últimos Años del Niño (1992 y 1998, respectivamente)(Tabla 7b, Fig. 7b).

### *Sterna elegans*

## TAMAÑO Y TASA DE CRECIMIENTO DE LA COLONIA DE ANIDACIÓN

Para los años en que se cuenta con datos, el tamaño de la colonia de anidación del charrán elegante tuvo un máximo de nidos establecidos en 1997 (68,562 nidos), y un mínimo en 1998 (180 nidos) (Tabla 8, Fig. 8).

La tasa de incremento de nidos en la colonia fué máxima en 1995 con 5,706 nidos/día, y mínima en 1998 con 9.8 nidos/día (Tabla 9, Fig. 9).

## EXITO REPRODUCTIVO

El éxito reproductivo del charrán elegante (definido como el número final de polluelos sobrevivientes/número de nidos establecidos) presentó marcadas fluctuaciones anuales (Tabla 10, Fig. 10) y fué independiente del fenómeno de El Niño, ya que en 1998, el éxito reproductivo de los pocos nidos establecidos fué relativamente alto para la especie (0.22 polluelos por nido), mientras que en años como 1986 y 1989, a pesar de que el número de nidos establecidos fué alto, el éxito reproductivo fué bajo (0.01 polluelos por nido).

### *Captura por unidad de esfuerzo*

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE), de acuerdo a los datos proporcionados por el Programa de Pelágicos Mensoros del Instituto Nacional de Pesca, para los años que nos interesa, se muestran en la Tabla 11 y Fig. 11. Desafortunadamente, todavía no se cuenta con la información de CPUE para las temporadas de 1996/97 y 1997/98, ya que la primera aún no la han terminado de procesar, y la segunda se encuentra aún en fase de análisis. Se observa que presenta fuertes fluctuaciones en el tiempo. Se muestran los datos de CPUE para la captura total e, individualmente, para las especies que constituyen la base de la dieta de las aves estudiadas, a saber: sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*)(CPUE mty), anchoveta (*Engraulis mordax*)(CPUE anch) y macarela (*Scomber japonicus*)(CPUE mac). Se incluyen también los datos de la sardina crinuda (*Opisthonema libertate*)(CPUE cr) que, aunque no forma parte de la dieta de la gaviota, ha sido, en algunas temporadas, parte importante de la captura comercial de pelágicos menores en esta región. Se observa que la CPUE



total muestra un máximo en la temporada 1994/95 y un mínimo en la temporada 1995/96. Mientras que la CPUE<sub>Emty</sub> muestra un máximo en la temporada 1988/89 y un mínimo en la de 1991/92 y la CPUE<sub>Cr</sub> muestra un máximo en la temprada 1991/92, coincidiendo con el mínimo de la sardina Monterrey en el Año del Niño pasado anterior. Como ya se dijo la información de las últimas dos temporadas de pesca, aún se encuentra en proceso de análisis, por lo cual no podemos aún establecer comparaciones para estos dos años.

## CORRELACIONES ENTRE PARÁMETROS REPRODUCTIVOS Y PESQUEROS

Las correlaciones de los parámetros reproductivos de las especies de aves estudiadas con la CPUE sólo se han podido llevar a cabo hasta el año de 1996, debido a que el Instituto Nacional de Pesca aún no tiene disponibles los datos de las temporadas 1996/97 ni 1997/98, ya que aún se encuentran en proceso de análisis.

### *Captura Por Unidad de Esfuerzo*

Se observa una alta correlación negativa ( $r = -0.85$ ,  $P < 0.01$ ) entre la CPUE de sardina Monterrey y la de crinuda y, algo menor ( $r = -0.75$ ,  $P < 0.05$ ) con la de macarela, indicando que en los años en que bajó la captura de sardina Monterrey, las capturas de crinuda y macarela aumentaron, particularmente en la temporada 1991/92 (Tabla 12).

### *Parámetros reproductivos de la gaviota ploma*

Los pesos promedio de machos y hembras presentan una muy alta correlación positiva entre sí ( $r = 0.93$ ,  $P < 0.001$ ). Tanto el peso de las hembras como el de los machos está alta y significativamente correlacionado con el éxito reproductivo ( $r = 0.90$ ,  $P = 0.01$ ) (Fig. 12, Tabla 13).

El tamaño de la nidada presenta una fuerte correlación negativa y significativa con el peso promedio de los huevos ( $r = 0.90$ ,  $P < 0.05$ ) (Fig. 13, Tabla 14). Esto indica que al poner más huevos por nidada, éstos resultan un poco más pequeños, que cuando la nidada es menor.

### *Parámetros reproductivos vs. CPUE*

#### *Gaviota Ploma*

El peso de los adultos, particularmente el de las hembras, y el éxito reproductivo presentan una correlación muy significativa con la CPUE<sub>Emty</sub> (de sardina Monterrey) (respectivamente:  $r = 0.84$ ,  $P < 0.05$  y  $r = 0.91$ ,  $P = 0.01$ ) (Figs. 14 y 15, Tabla 15).

#### *Charrán Elegante*

No se encontraron correlaciones significativas entre CPUEtotal con el número de nidos establecidos ( $r^2= 0.82$ ), CPUE de sardina, anchoveta y macarela con tasa de incremento de la colonia ( $r^2= 0.79$ ), CPUEanchoveta con el número de nidos en la colonia ( $r^2= 0.80$ ) y tasa de incremento de la colonia con número de nidos establecidos ( $r^2= 0.87$ )(Tabla 16, Figs. 16, 17, 18).

## DIETA

### *Composición de la dieta por especie de pez*

Para la gaviota ploma y el charrán elegante se encontraron estrechas correlaciones en la composición de su dieta en los años en que fué muestreada para ambas especies (Tablas 17 y 18, Figs. 19a y 19b), la proporción de la sardina Monterrey en la dieta de ambas especies presentó una correlación de  $r=0.92$  con  $P<0.005$  y la proporción de anchoveta en sus dietas presentó una correlación de  $r=0.9$  con una  $P<0.01$ . Al comparar la composición de la dieta de ambas especies con la composición de la captura comercial, por especie de pez, se encontraron varias correlaciones altas y medias de alta significancia. La proporción de captura de sardina Monterrey no presentó una correlación significativa con su proporción en la dieta de la gaviota ploma, pero presentó una correlación de  $r=0.81$  con su proporción en la dieta del charrán elegante ( $P<0.005$ ). La proporción de anchoveta en la captura comercial presentó una correlación de  $r=0.7$  con su proporción en la dieta de la gaviota ploma ( $P<0.05$ ) y con la dieta del charrán elegante de  $r=0.74$  ( $P<0.02$ ).

### *Edad de los peces*

Las muestras de sardina Monterrey y anchoveta son las únicas suficientemente abundantes en la mayoría de los años muestreados, como para poder llevar a cabo análisis de las tendencias, a lo largo de los años. La edad de las sardinas y anchovetas en las muestras de dieta de ambas especies de aves, fluctuaron entre 0.5 y 3.5 años de edad (Tablas 19 y 20, Figs. 20 y 21). Sin embargo, no se presentaron correlaciones significativas entre las edades de los peces utilizados por ambas aves en su dieta (Tabla 21, Fig. 22).

En los informes técnicos del Instituto Nacional de la Pesca no se presenta tampoco esta información sistematizada, por lo cual no fué posible llevar a cabo los análisis de correlación de este parámetro para los peces de la captura comercial y los de la dieta de las aves.

### *Longitud patrón y peso de los peces*

La longitud patrón (Tablas 22 y 23, Figs. 23 y 24) y el peso (Tablas 24 y 25, Figs. 25 y 26) de los peces enteros en la dieta de las aves presentó fluctuaciones a lo largo de los años. Sin embargo, no se encontraron correlaciones significativas entre las variaciones de la misma especie de pez, para ninguna de las dos especies de aves, ni para diferentes especies de peces, para la misma especie de aves.

## DISCUSION

### **Reproducción de *Larus heermanni***

## EDAD DE LAS AVES

La media en la edad de las aves se incremento a lo largo del tiempo, debido a que los individuos anillados fueron mayores cada año. Esto se debe, lógicamente, a que el programa de anillamiento se inició en 1982, cuando se anillaron 3,500 polluelos, y a partir de 1984, se anillaron 4,000 polluelos anualmente, hasta 1993, con excepción de 1988 y 1992 (cuando hubo fracaso reproductivo y no fué viable llevarlo a cabo, debido al reducido número de polluelos sobrevivientes y la perturbación que resultaría de dicho proceso, cuando hay pocos polluelos).

### *Edad del primer evento reproductivo y edades medias y modales*

Los resultados nos permitieron confirmar que la gaviota ploma se reproduce por primera vez a la edad de cuatro años. La reducción en la edad modal, de siete a cuatro años, en 1995, está en coincidencia con el año en que se reclutarían a la población reproductora los individuos nacidos en 1991, previo al año de El Niño. Posiblemente durante 1991, la sobrevivencia de individuos juveniles fué muy alta, resultando en un incremento relativo de los individuos reclutados a la población reproductiva en 1995, y en un aumento en la edad modal de 4 años, aumentando ésta de nuevo en años subsecuentes.

## PESO DE LAS AVES Y LA NIDADA, TAMAÑO DE NIDADA Y EXITO REPRODUCTIVO

Aunque las fluctuaciones en el peso de las aves no resultaron estadísticamente significativas, es interesante notar que los menores pesos se alcanzan durante los dos años de El Niño, particularmente en el caso de las hembras.

Igualmente, en el caso del peso total de la nidada, los menores valores se alcanzan durante los dos últimos Años de el Niño, particularmente este último. El mayor valor se alcanzó en 1991, indicando una posible abundancia de recurso alimentario para las aves, lo cual también puede haber influido para un reclutamiento mayor para la generación de ese año, como se apreció en el párrafo anterior.

Al igual que en los parámetros anteriores, los menores valores de tamaño de nidada se alcanzan durante el Año del Niño próximo pasado, indicando la marcada influencia entre este parámetro y la abundancia del alimento. El valor mayor, alcanzado en 1995, también puede ser indicativo de que en ese año hubo mayor disponibilidad de recurso alimentario, lo cual también hubiera podido favorecer que una gran proporción de los individuos reclutados en ese año a la población adulta, lograran producir huevos y anidar.

De la misma forma, y seguramente debido a la influencia de la abundancia del alimento en los dos últimos Años de el Niño, los éxitos reproductivos, tanto el promedio por nido, como el poblacional, se presentan más bajos durante los años de 1992 y 1998. Efectivamente, estos han sido los dos únicos años en que se ha observado a las propias gaviotas plomas, depredar polluelos de su misma especie.

## PESO DE LOS HUEVOS

Para el caso del peso de los huevos, la situación es muy diferente, ya que se ha encontrado una

correlación inversa entre este parámetro y el usado para estimar la abundancia del alimento (CPUE de sardina Monterrey), por lo cual resulta lógico que el peso de los huevos en los Años de el Niño, sean de los más altos encontrados.

### ***Reproducción de *Sterna elegans****

## TAMAÑO Y TASA DE CRECIMIENTO DE LA COLONIA DE ANIDACIÓN

Para ambos parámetros el mínimo coincide con el Año del Niño de 1998. Desafortunadamente, los datos de captura y CPUE para peces pelágicos menores, para los dos últimos años, no se encuentran aún disponibles, ya que podrían revelar evidencias y correlaciones interesantes. Sin embargo, nuevamente el año de 1995 se revela como muy favorable para el parámetro de tasa de crecimiento de la colonia de anidación de estas aves, de nuevo indicando una posible ventaja en cuanto a la disponibilidad de alimento en ese año.

## EXITO REPRODUCTIVO

Este parámetro muestra grandes fluctuaciones interanuales y no presenta correlaciones con la presencia de el Año de el Niño. Es interesante notar que el charrán elegante tiene un sistema de cuidado de la prole que es comunal, ya que los polluelos se reúnen en “guarderías” a los pocos días de haber nacido y hasta que comienzan a volar. Este sistema de crianza puede resultar en una gran protección de pocos polluelos por muchas aves adultas, si estas han quedado sin crías. De esta forma se evitaría la depredación de polluelos por gaviotas de varias especies que hay en la región. Por otro lado, también hemos notado que en ciertos años (*e.g.* 1986), se han presentado lo que parecen ser epizootias, resultando en una gran mortalidad de polluelos en las mismas zonas de anidación. La causa y origen de estas epizootias se desconoce.

## CORRELACIONES ENTRE PARAMETROS REPRODUCTIVOS Y PESQUEROS

La carencia de la información normalizada para las temporadas de pesca 1996/97 y 1997/98 representa un lamentable hueco, ya que abarca uno de los Años del Niño más fuertes reportados en la historia de registros científicos. En unos meses más, cuando esta información esté disponible, se podrá contar con análisis más reveladores respecto a las correlaciones existentes entre diferentes parámetros biológicos.

### *Captura por Unidad de Esfuerzo*

La correlación negativa entre las CPUE de sardina Monterrey, con sardina Crinuda y Macarela nos indican que, dentro de la industria pesquera, al disminuir la abundancia de la primera, es substituida en las capturas por las segundas, de acuerdo a su abundancia relativa. Sin embargo, las aves marinas estudiadas, substituyen la sardina Monterrey básicamente con anchoveta, la cual es evadida por la flota debido a que presenta problemas al enmayarse en las redes sardineras, y no ser apta para la quema (“reducción”), para su transformación en harina de pescado.

## *Gaviota ploma*

Las diversas correlaciones altas y significativas que se presentan entre los parámetros reproductivos de esta especie y la CPUE<sub>Empty</sub> (de sardina Monterrey) son ilustrativas de los fenómenos que regulan la reproducción de la especie. La alta correlación entre peso de las aves adultas entre si y con su éxito reproductivo es bastante lógica, ya que un peso alto de las aves es indicativo de alimento abundante y, por tanto, se esperaría un alto éxito reproductivo.

Es interesante que, aunque el tamaño de la nidada presenta una fuerte correlación negativa significativa con el peso de los huevos, aquella no presenta una correlación significativa con CPUE<sub>Empty</sub>, mientras que el peso de los huevos si presenta una fuerte correlación negativa con CPUE<sub>Empty</sub>. Las nidadas grandes presentan huevos pequeños y viceversa. Si el alimento es abundante el tamaño de nidada tenderá a incrementarse, por lo cual, a pesar de que parezca contradictorio, el peso de los huevos en años con menos alimento, será mayor.

**La alta correlación y significancia de estos parámetros nos indican que sean, posiblemente, los índices más confiables para poder predecir la CPUE de sardina Monterrey. Dado que los parámetros de las aves corresponden a un momento en el tiempo en que aún no se inicia la temporada de pesca del año correspondiente, los índices de correlación son de tipo predictivo. Por ejemplo, nuestros parámetros de aves de abril a junio de 1998 se compararán con la CPUE<sub>Empty</sub> de la temporada 1998/99, la cual va de octubre de 1998 a septiembre de 1999. Por lo cual ya para mediados de 1998 nosotros pudiéramos predecir la captura de sardina Monterrey de la siguiente temporada.**

## DIETA

### *Composición de la dieta por especie de pez*

Con datos que abarcan un lapso de 13 años, se pudo confirmar que se mantiene una alta correlación, muy significativa, entre la composición de las capturas comerciales y aquellas de la dieta de las aves, por especie de pez. La composición de la dieta de estas aves es, por lo tanto, un muy buen indicador y predictor de la proporción que tendrán las especies de peces dentro de la captura comercial, particularmente en el caso de la sardina Monterrey para el charrán elegante.

### *Edad, longitud patrón y peso de los peces*

Es interesante que en el caso de estos parámetros de los peces de la dieta de las aves, no se haya encontrado alguna correlación con los mismos parámetros entre si. Posiblemente, la variabilidad en la edad, longitud patrón y peso de los peces es demasiado grande entre cardúmenes, por lo cual las aves se alimentan aleatoriamente de peces de diversos tamaños, dentro de un rango dado.

## CONCLUSIONES

## ***BASES PARA UN PROGRAMA DE MANEJO DE LAS ESPECIES DE AVES Y PECES***

### **Para las aves:**

Los parámetros de la gaviota ploma que deberán de tomarse para poder mantener un monitoreo de esta especie AMENAZADA dentro de la Norma Oficial Mexicana de especies en riesgo son:

1. Tamaño de nidada
2. Peso de los huevos
3. Peso de los adultos, particularmente el de las hembras
4. Edad de los individuos reproductivos (de ser posible capturar una muestra representativa de individuos anillados de edad conocida)
5. Exito reproductivo promedio por nido (No. de polluelos sobrevivientes/No. de huevos puestos)
6. Exito reproductivo poblacional (No. de polluelos sobrevivientes/No. de nidos).

Los parámetros del charrán elegante que deberán de tomarse para poder mantener un monitoreo de esta especie AMENAZADA dentro de la Norma Oficial Mexicana de especies en riesgo son:

1. Tamaño de la colonia
2. Tasa de crecimiento de la colonia
3. Exito reproductivo (No. de polluelos sobrevivientes/No. de nidos)

La facilidad con que esta especie se puede perturbar con la presencia humana hace imposible la toma de datos tan detallada como se puede lograr con la gaviota ploma. Sin embargo, estos tres datos son los mínimos básicos que nos permitan tener una idea global del estado y fluctuaciones de esta especie.

### **Para las pesquerías:**

Con base en la información recabada y los análisis realizados podemos concluir que:

Los parámetros más importantes para poder predecir la Captura por Unidad de Esfuerzo de sardina Monterrey, la especie comercial más importante dentro del “recurso sardina”, en la pesquería de peces pelágicos menores, son: el peso de los adultos, particularmente de las hembras de gaviota ploma, el peso de los huevos y el éxito reproductivo. Estos parámetros nos permiten, a través de las correlaciones determinadas, predecir la CPUE de sardina Monterrey en la temporada de pesca posterior al término de la temporada de anidación de las aves.

El parámetro más importante para poder predecir la proporción de sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) en la captura comercial, es la proporción de esta especie de pez en la dieta del charrán elegante en la temporada reproductiva inmediata anterior. Los parámetros más importantes para poder predecir la proporción de anchoveta (*Engraulis mordax*) en la captura comercial, es la proporción de esta especie de pez en las dietas del charrán elegante y la gaviota ploma, en la temporada reproductiva inmediata anterior. La alta correlación positiva entre la proporción de estas especies de peces entre las dietas de ambas especies de aves, nos permitirán, en caso de que alguna de ellas no anidara en algún año (como sucedió en este último

Año del Niño de 1998 con el charrán elegante), contar con un parámetro sustituto con el cual contar para llevar a cabo una predicción que, si bien no será tan exacta, proporcionará una estimación cercana a la realidad.

**Idealmente, la integración de la información obtenida con respecto a la posibilidad de predecir la abundancia absoluta y relativa de los peces pelágicos menores, a los programas de manejo de pesquerías, será el logro más importante del proyecto, a mediano plazo.**

**De la misma manera, el poder colaborar, con la información aquí presentada, en la elaboración de un programa de manejo, para las especies de aves aquí estudiadas, que se encuentran bajo la categoría de AMENAZADAS en la Norma Oficial Mexicana de especies en riesgo es, a mediano plazo, el objetivo de este proyecto. Siempre y cuando éste, posteriormente, se transforme en acciones reales y operativas.**

## **LITERATURA CITADA**

- Alvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. En: Estuaries and enclosed seas, B.H. Ketchum (Ed.), Elsevier Press, Amsterdam. pp. 427-449.
- Anderson, D.W., F. Gress and P.R. Kelly. 1980. Brown pelicans as Anchovy indicators and their relationship to commercial fishing. CALCOFI REP., 21:54-61.
- Anderson, D.W., F. Gress y K.F. Mais. 1982. Brown Pelicans: influence of food supply on reproduction. Oikos, 39:23-31.
- Anónimo. 1970. Available aminoacid content of fish meals. IAFMM Tech. Bull No. 1.
- Ainley, D.G. y T.J. Lewis. 1974. The history of Farallon Island marine bird population, 1854-1972. The Condor, 76:432-436.
- Ashmole, N.P. 1971. Seabird ecology and the marine environment. En Farner, D.S., J.K. King y K.C. Parker (Eds.) Avian Biology, Vol. I. Academic Press. pp. 224-286.
- Ashmole y M.J. Ashmole. 1967. The use of food samples from seabirds in the study of seasonal variation in the surface fauna of tropical oceanic areas. Pacific, 22: 1-10.
- Baldwin, S.P. y S.C. Kendeigh. 1983. Variations in the weight of birds. Auk, 55:416-467.
- Barlow, S.M. y I.H. Pike. 1977. The role of fat in fish meal in pig and poultry nutrition. IAFMM Tech. Bull. No. 4.
- Bourillón, L., A. Cantú, F. Eccardi, E. Lira, J. Ramírez, E. Velarde y A. Zavala. 1988. Islas del Golfo de California. Secretaría de Gobernación-UNAM. 154 pp.
- Brothers, E.B. 1987. Methodological approaches to the examination of otoliths in aging studies. En: R.C. Simmerfelt y G.E. Hall (eds.). The Iowa State University Press, Iowa. pp.319-330.
- Brothers, B.E., C.P. Mathews y R. Lasker. 1976. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. Fishery Bull., 74(1):1-8.
- Crawford, R.J.M. y P.A. Shelton. 1978. Pelagic fish and seabirds interrelationships off the coast of Southwest and South Africa. Biol. Conserv., 14:85-109.
- CRIP Centro Regional de Investigación Pesquera (Guaymas). 1986-1988. Informes de la pesquería de la sardina. INP. México.
- Fleming, T.H. y R.J. Rauscher. 1978. On the evolution of litter size in *Peromyscus leucopus*. Evolution, 32:45-55.
- Bibb, J.A. 1950. The breeding biology of the Great and Blue Titmice. Ibis, 92:507-539.
- Felix Uraga, R. 1990. Crecimiento de *Sardinops sagax caerulea* en Bahía Magdalena, México.



Investigaciones Marinas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, 5:27-31.

- Gallardo-Cabello, M. 1985. Determinación de la edad de la anchoveta *Engraulis mordax* Girard, en aguas de Baja California Norte (Pesces:Engraulidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 12:221-234.
- González-Dávila, G. 1988. Evaluación de la pesquería de la anchoveta *Engraulis mordax* Girard, 1856, de Baja California, México y perspectivas de su regulación. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 105 pp.
- Gregory, P.A. y T. Jow. 1976. The validity of otoliths as indicators of age in petrale sole from California. Calif. Fish and Game, (62):132-140.
- Hahn, D.C. 1981. Asynchronous hatching in the Laughing Gull: cutting losses and reducing rivalry. Anim. Behav., 29:421-427.
- Idyll, C.P. 1973. The anchovy crisis. Sci. Am., 228:22-29.
- Kirkham, I.R. y R.D. Morris. 1979. Feeding ecology of Ring-billed Gull (*Larus delawarensis*) chicks. Can. J. Zool., 57:1086-1090.
- Lack, D. 1947. The significance of clutch-size. Ibis, 89:302-352.
- Lack, D. 1948. Notes on the ecology of the Robin. Ibis, 90:252-259.
- Lack, D. 1954. The natural regulation of animal numbers. Oxford University Press. Oxford.
- Lack, D. 1966. Population studies in birds. Clarendon Press. Oxford.
- Lack, D. 1968. Ecological adaptations for breeding in birds. Methuen. London.
- Lack, E. y D. Lack. 1958. The nesting of the long-tailed Tit. Bird Studies, 5:1-19.
- Mais, K.F. 1981. Age composition changes in the anchovy, *Engraulis mordax*, central population. CalCOFI Rep., (22):82-87.
- Nelson, B. 1980. Seabirds, their biology and ecology. Hamlyn, London. 223 pp.
- O'Connor, R.J. 1978. Egg weights and brood reduction in the European Swift (*Apus apus*). Condor, 81:133-145.
- Parrish, H.R., D.L. Mallioate y K.F. Mais. 1985. Regional variations in the growth and age composition of northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull., 83:483-490.
- Paulik, G.S. 1971. Anchovies, birds and fishermen in the Peru Current. En: Murdock, W.W. (ed.) Environmental resources, pollution and society. Sinauer. Stanford. pp.156-185.

- Pike, I.H. 1975. The role of fish meal in diets for poultry. IAFMM. Tech Bull. No.3.
- Schaffner, F.C. 1982. Aspects of the reproductive ecology of the Elegant tern (*Sterna elegans*) at San Diego Bay. M.S. Thesis. San Diego State University, San Diego, California.
- Smith, C.C. y S.D. Fretwell. 1974. The optimal balance between size and number of offspring. Amer. Natur., 108(962):499-506.
- Sokolov, V.A. y R.M. Wong. 1979. Informe científico de las investigaciones sobre los peces pelágicos en el Golfo de California (sardina y anchoveta) en 1971. Informe Científico No. 2. INP/SI.i2.
- Stearns, S.C. 1976. Life history tactics, a review of the ideas. Quart. Rev. Biol., 51:3-47.
- Stinson, C.H. 1979. On the selective advantage of fratricide in raptors. Evol., 33:1219-1225.
- Sunada, J.S., P.R. Kelly, I.S. Yamashita y F. Gress. 1981. The Brown Pelican as a sampling instrument of age group structure in the northern anchovy population. CalCOFI Rep., 22:65-68.
- Tobón, E.D. 1992. Biología reproductiva de la golondrina marina elegante (*Sterna elegans*) con énfasis en la conducta dentro de las guarderías en la colonia de Isla Rasa, Golfo de California, México. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989. La producción rural en México: alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno. México.
- Tordesillas, M.S. 1992. Dieta del gallito de mar elegante (*Sterna elegans*) durante la temporada de 1985 y 1986 en Isla Rasa, Baja California, Aves: Laridae. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Tordesillas, M.S. y E. Velarde. 1988. Diet of the Elegant Tern (*Sterna elegans*) in Rasa Island, Baja California, México. Pacific Seabird Group Meeting. Asilomar, California. P.S.G. Bull., 15(1):41.
- Tovar, H. 1978. Las poblaciones de aves guaneras en los ciclos reproductivos de 1969/70 a 1973/74. Informe Inst. Mar Perú, 45:1-13.
- Velarde, E. 1986. Conservación de las Islas del Golfo de California. Memorias de la Reunión Académica Anual del Instituto de Biología, UNAM. México.
- Velarde G., M.E. 1989. Conducta y ecología de la reproducción de la gaviota parda (*Larus heermanni*) en Isla Rasa, Baja California. Tesis doctoral. Fac. de Ciencias, UNAM. México.
- Velarde, E. y J. Arriola. 1989. La gaviota parda (*Larus heermanni*) y el gallito de mar elegante (*Sterna elegans*) como herramientas de muestreo de los peces pelágicos menores que constituyen su alimento, durante la temporada de reproducción en Isla Rasa, B.C. Memorias del II Congreso de Investigadores del Mar de Cortés. Guaymas, Sonora.
- Velarde, E. y D.W. Anderson. 1990. Conservation and management of seabird islands in the Gulf of California: setbacks and successes. En: J. Burger, M. Gochfeld y D. Nettleship (eds.) Seabirds on Islands:

threats, case studies and action plans. ICBP Technical Publication No.1. pp.229-243.

- Velarde, E., M.S. Tordesillas, R. Esquivel, L. Vieyra. 1994. Seabirds as indicators of important fish populations in the Gulf of California. CALCOELREP., 35:137-143.

- Vondruska, J. 1981. Postwar production, consumption and prices of fish meal. En: M.H. Glantz y J.D. Thompson (Eds.) Resource management and environmental uncerainty. John Wiley and Sons, New York. pp. 285-316.

- Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Inc. New Jersey.