

Informe final* del Proyecto HJ022
Distribución y abundancia de aves marinas y acuáticas en regiones marinas prioritarias y áreas protegidas del Golfo de California y Golfo de México

Responsable:	Dra. Enriqueta Velarde González
Institución:	Conservación del Territorio Insular Mexicano A.C.
Dirección:	Independencia #1209 C, Centro, La Paz, BCS, 23000 , México
Teléfono/Fax:	(01229) 956-7070 ext.108
Fecha de inicio:	Septiembre 28, 2012.
Fecha de término:	Diciembre 2, 2015.
Principales resultados:	Bases de datos, cartografía, informe final.
Forma de citar** el informe final y otros resultados:	Velarde González, E. 2015. Distribución y abundancia de aves marinas y acuáticas en regiones marinas prioritarias y áreas protegidas del Golfo de California y Golfo de México. Conservación del Territorio Insular AC. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HJ022. México D.F.

Resumen:

Este proyecto propone organizar información ya existente, referente a observaciones de aves marinas en altamar en el Golfo de California, en la región comprendida entre los 30°21´ Norte y los 23°20´ Oeste, abarcando las zonas conocidas como Región de las Grandes Islas y Golfo Central y 10 de las áreas marinas prioritarias identificadas por CONABIO dentro del mismo. Igualmente se incluirán dos zonas del Golfo de México: el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y Laguna de Tamiahua. La información consta de aprox. 12,000 registros, de casi 115,000 individuos observados in situ. Para el G. de California se trata de información de 5 años (4 años "normales" y un año de "El Niño"), y las 4 estaciones del año. Para el G. de México, en cada sitio abarca un ciclo anual. La información de cada observación (especie y número de individuos, fecha, hora, georeferencia, y varios parámetros oceanográficos y ambientales), se integrará en la base de datos SNIB de la CONABIO, de acuerdo a los lineamientos establecidos por dicha Comisión. Se generarán mapas de distribución y abundancia de cada una de las especies, por crucero o navegación, temporada del año, año y diferenciando entre años "normales" y año de "El Niño". Toda la cartografía seguirá los lineamientos establecidos por la CONABIO. También se generarán curvas de acumulación de especies para cada área de estudio y se obtendrá la riqueza de especies por unidad de muestreo. El proyecto se propone a 12 meses, con la idea de hacer una segunda propuesta, en la siguiente convocatoria, para poder llevar a cabo la parte analítica de la información. Se entregarán informes cuatrimestrales a la CONABIO, de acuerdo a las metas de cada etapa. La información generada pretende enriquecer el conocimiento de la biodiversidad de las aves marinas en aguas mexicanas y contribuir a su conservación, así como proveer información que se requiere en el SNIB, para que la CONABIO cumpla sus funciones en cuanto a la administración y manejo de los recursos naturales de México. Palabras clave: áreas protegidas marinas, aves marinas, distribución de aves marinas y parámetros ambientales, riqueza de especies, regiones marinas prioritarias de México.

-
- * 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
 - ** 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
PROYECTO HJ022
DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE AVES MARINAS Y ACUÁTICAS
EN REGIONES MARINAS PRIORITARIAS Y AREAS PROTEGIDAS DEL
GOLFO DE CALIFORNIA Y GOLFO DE MÉXICO



Responsable:

Dra. Ma. Enriqueta Velarde González, Investigadora Titular "C" de T. C.,
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana.
Tel. oficina: (229) 956-7070 ext. 108, Fax. (229) 956-7070 ext. 102,

RESUMEN

Este proyecto ha organizado información ya existente, referente a observaciones de aves marinas en altamar en el Golfo de California, en la región comprendida entre los 30°21'N, 114°42'W; 30°20'N, 112°89'W; 23°10'N, 109°39'W y 23°20', 106°65'W abarcando las zonas conocidas como Región de las Grandes Islas y Golfo Central y 10 de las áreas marinas prioritarias identificadas por CONABIO dentro del mismo, así como en dos zonas del Golfo de México: el Área Protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y la laguna costera de importancia Laguna de Tamiahua. La información consta de 7,691 registros, de 98,492 individuos observados *in situ*. Para el Golfo de California se trata de información de 5 años (4 años No-El Niño y un año "El Niño"), y las 4 estaciones del año. Para el Golfo de México, se pretendía ingresar información que abarcara un ciclo anual en cada sitio, pero para el Sistema Arrecifal Veracruzano se ingresó la información correspondiente a un año con 10 meses. La información de cada observación (especie y número de individuos, fecha, hora, geo-referencia, y varios parámetros oceanográficos y ambientales), se integraron en la base de datos SNIB (Sistema Nacional de Información Biótica) de la CONABIO, de acuerdo a los lineamientos establecidos por dicha Comisión. Con base en esa información se puede generar un mapa de distribución y abundancia de todas las especies, por sitio, con el potencial de generar, de acuerdo a lo que en el futuro se requiera, otros mapas por especie, temporada, fecha, crucero, abundancia, etcétera. Toda la cartografía está elaborada de acuerdo a los lineamientos establecidos por la CONABIO. También, se generaron curvas de acumulación de especies para cada área de estudio. El proyecto se propuso como una primera fase de ingreso de información a BIOTICA, con la idea de hacer una segunda propuesta, en la siguiente convocatoria de CONABIO, para poder llevar a cabo la parte analítica de la información. Se entregaron informes parciales a la CONABIO, de acuerdo a las metas de cada etapa. La información generada pretende enriquecer el conocimiento de la biodiversidad de las aves marinas en aguas mexicanas y contribuir a su conservación, así como proveer información que se requiere en el SNIB, para que la CONABIO cumpla sus funciones en cuanto a la administración y manejo de los recursos naturales de México.

Palabras clave: áreas protegidas marinas, aves marinas, distribución de aves marinas y parámetros ambientales, riqueza de especies, regiones marinas prioritarias de México.

INTRODUCCIÓN

El Golfo de California es una de las regiones marinas de mayor productividad a nivel mundial (Álvarez-Borrego, 1983) además de presentar una gran diversidad de ambientes, debido a los amplios cambios en su batimetría y variedad en los tipos de sustratos que presenta. Todo ello influye para que en el Golfo de California se encuentre una alta riqueza de especies marinas. En la región se encuentran más de 100 islas, las cuales presentan hábitats ideales para la anidación de muchas especies de aves marinas y acuáticas, debido al reducido número de depredadores potenciales que se encuentran en ellas. La alta productividad primaria oceánica también favorece que se establezcan grandes poblaciones de anidación de estas aves, ya que pueden encontrar una gran abundancia de alimento para criar a sus polluelos en las aguas que rodean a las islas. Todos estos factores confluyen para que, en el Golfo de California, exista una gran riqueza de especies, entre las aves marinas y acuáticas (Velarde y Anderson, 1994; Velarde *et al.*, 2005).

El Golfo de California es la única extensión marina de este tipo perteneciente a un solo país. Esto debería representar una ventaja para el manejo y administración de sus recursos naturales. Es una región con una de las más altas productividades oceánicas primarias del planeta (Álvarez-Borrego, 1983), una gran riqueza de especies marinas, tanto de vertebrados como de invertebrados (Brusca, 1980; Villalobos *et al.*, 1992; Velarde *et al.* 2005), y en el Golfo de California podemos encontrar el 36% de las especies de cetáceos del mundo (Velarde y Anderson, 1994).

La región tiene un alto potencial para el desarrollo pesquero y turístico. Sin embargo, actualmente la zona enfrenta un desarrollo desorganizado de estas dos industrias, que está poniendo en riesgo creciente muchos de sus recursos naturales y, consecuentemente, la economía regional y nacional. Tanto la pesquería artesanal como la industrial han experimentado un acelerado desarrollo. Como ejemplo tenemos la explotación de las poblaciones de peces pelágicos menores (sardinias, anchovetas, macarelas, etc.), que son base de la red trófica de la región pelágica y alimento de una

gran proporción de las especies de aves marinas que anidan o invernán en la zona, así como de muchos mamíferos marinos y peces mayores, muchos de ellos también de importancia comercial a tal grado que es posible predecir la captura que hará la flota pesquera con base en estudios de la dieta de estas aves (Velarde *et al.*, 1994; Velarde *et al.*, 2004; Velarde *et al.*, 2013). La explotación pesquera se ha incrementado en las últimas décadas en todo el mundo. México 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 sobreexplotación de poblaciones de peces pelágicos en el mundo, en áreas oceánicas muy productivas y aparentemente inagotables (MacCall, 1979; Radovich 1982; WRI, 1994-95; Cisneros-Mata *et al.*, 1995; Botsford *et al.*, 1997). 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.

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) es una importante zona coralina junto al asentamiento humano post-hispánico más antiguo y la ciudad costera más grande de México (INEGI, 2005). Como resultado de ello, por él navegan buques de gran calado, algunos de los cuales se han impactado, desde tiempos de la colonia, contra los arrecifes causándoles daños. En la zona, aunque no está bien documentado, existen múltiples factores que generan un impacto negativo, como descargas municipales, industriales y agropecuarias de los centros urbanos adyacentes y cercanos, así como también el vertimiento de contaminantes y sedimentos terrígenos provenientes de las cuencas hidrológicas, y actividades portuarias del área que provocan la re-suspensión de sedimentos finos y, adicionalmente, eventuales derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas.

A diferencia de las islas del Golfo de California, las del Golfo de México han sido severamente perturbadas como resultado del desarrollo industrial, la introducción de especies exóticas, la explotación inadecuada de sus recursos naturales, el desarrollo urbano, la contaminación y el turismo incontrolado. Por ello, menos de la mitad de ellas (44%) tienen vegetación nativa (Tunnell, 2007). Son diversas las causas que han

contribuido al alto grado de perturbación que presentan las islas del Golfo de México y, particularmente las del SAV. Si en algún momento anidaron algunas especies de aves marinas en esas islas (como lo hace suponer el nombre de algunas de ellas, como el de “Pájaros”), actualmente no hay colonias de anidación de estas aves en ellas.

Uno de estos factores es el histórico, ya que estas islas y las del Caribe fueron las primeras en ser exploradas por los colonizadores europeos, así como las que han presentado mayor cantidad de indicios de una cultura compleja de la época prehispánica, como lo muestran los registros de islas como Jaina y Sacrificios. Otro factor importante en el grado de perturbación que presentan los diferentes grupos insulares se debe a la facilidad de acceso y de supervivencia que ofrecen a la especie humana. Por lo anteriormente expuesto, actualmente, no sabemos mucho de las especies que existieron originalmente en las islas de la región.

La introducción de especies exóticas a las islas por el hombre ha tenido un efecto devastador en las biotas insulares de todo el mundo. De las extinciones de especies registradas en islas en los últimos 400 años, más del 85% han ocurrido como resultado de la introducción de especies exóticas por el hombre. En el caso de las islas del SAV, es probable que casi el 100% de las especies de plantas y animales que actualmente las habitan sean introducidas.

Con base en censos realizados durante 12 cruceros oceanográficos, a lo largo de 5 años se recabó información referente a presencia y abundancia (número de individuos) de especies de aves marinas (y algunas acuáticas) en una extensa región del Golfo de California, incluyendo 10 Regiones Marinas Prioritarias identificadas por la CONABIO. Todos los registros están geo-referenciados, y en su mayoría, cuentan con información referente a la temperatura superficial del mar y condiciones del mar (de acuerdo a la escala de Beaufort). Ocho de estos cruceros se realizaron con apoyo de The Nature Conservancy y en embarcaciones de la Armada de México y los cuatro restantes se realizaron en colaboración con el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas del Instituto Nacional de la Pesca y a bordo del Buque Oceanográfico BIP XI. La

información fue capturada de acuerdo a los Lineamientos para la conformación de bases de datos compatibles con el SNIB de CONABIO, y está disponible de manera abierta a la CONABIO.

Por otro lado, el Estado de Veracruz fue una de las primeras entidades en el país en ser exploradas ornitológicamente y probablemente en el que se han realizado más colectas de especímenes. Loetscher (1941) lleva a cabo un primer estudio, después del cual varios otros, y él mismo, agregan información de nuevas áreas (Wetmore, 1943; Davis, 1945; Lowery y Dalquest, 1951; Loetscher, 1955; Alcántara, 1993; Ortiz Pulido *et al.*, 1995; Cruz, 1999; Gallardo *et al.*, 2000; Valenzuela, 2001; Gallardo 2003 y Gallardo *et al.*, 2004). Recientemente Velarde *et al.* (2007) publican un capítulo sobre aves marinas en el Sistema Arrecifal Veracruzano con un análisis de presencia y abundancia de estas aves en esta zona, y Gallardo *et al.* (2009) realizaron una recopilación de la información sobre las aves del Golfo de México publicada en los últimos 50 años, en la cual reportan que en el Golfo de México se han registrado 395 especies de aves. Por todo lo anterior, destaca que, a pesar de tener una historia relativamente larga de prospecciones ornitológicas, la información que se ha generado para las aves del SAV, del estado de Veracruz e, inclusive, de la región mexicana del Golfo de México, es sorprendentemente escasa y eso se evidencia más en el grupo de las aves marinas y costeras.

Con base en censos realizados durante 40 navegaciones en la zona de estudio, entre febrero de 2006 y diciembre de 2007, contamos con información referente a presencia y abundancia (número de individuos) de especies de aves marinas (y algunas acuáticas) en la región del SAV y Laguna de Tamiahua. La información fue recabada con apoyo del Programa SEP/CONACYT a la investigadora responsable de la presente propuesta, como investigadora de la Universidad Veracruzana. Todos los registros están geo-referenciados. La información ha sido capturada de acuerdo a los Lineamientos para la conformación de bases de datos compatibles con el SNIB de CONABIO, y está disponible de manera abierta a la CONABIO.

Durante una segunda etapa del proyecto, que se propondrá una vez finalizada esta primera etapa, y con base en esta información ya organizada y capturada en las bases de datos, se llevarán a cabo el análisis de distribución y abundancia de las aves y los de correlación entre estos parámetros y los parámetros oceanográficos. Los resultados de estos análisis nos indicarán la relación existente entre ellos y aportarán información importante para determinar probabilidades de ocurrencia de las diversas especies de aves marinas y su abundancia relativa, así como la asociación entre su presencia y abundancia y los parámetros oceanográficos analizados. Esta información permitirá determinar la importancia relativa de las diversas regiones marinas con base en parámetros biológicos sólidos y precisos, y permitirá fundamentar estrategias de manejo y apoyar en la toma de decisiones para el uso y administración de estos recursos y las regiones marinas en donde ocurren.

Igualmente, en un futuro próximo, se pretende realizar una serie de análisis que sirvan de base para la elaboración de un atlas digital de distribución y abundancia de las especies estudiadas. Consideramos que éste también será de utilidad en la toma de decisiones de manejo de las especies foco de este proyecto, así como también las que mantienen relaciones tróficas con ellas, como los peces de los cuales se alimentan y que también son, en muchos casos, de gran importancia comercial.

ANTECEDENTES

El Golfo de California es importante en cuanto a su riqueza de aves y otra fauna marina, además de serlo por las intensas actividades pesqueras y turísticas que en ella se desarrollan. Hay diversos estudios sobre las aves marinas en esta región, principalmente relacionadas con su ecología y poblaciones anidantes en las islas de la zona (Osorio Tafal 1944, Stager 1957, Banks 1963, Grant 1964, Grant and Cowan 1964, Henny and Anderson 1979, Anderson 1983, DeWeese and Anderson 1976, Velarde y Anderson 1994, Velarde y Rodríguez 2000, Velarde y Ezcurra 2002, Velarde *et al.* 2005, Anderson *et al.* 2013), por mencionar algunos de los más representativos. Asimismo, existen diversos estudios

relacionados con la ecología, fisiología, conducta y estatus de conservación de estas aves (Bartholomew and Dawson 1959, Velarde 1992, 1993, Velarde *et al.* 1993, Vermeer *et al.* 1993, Velarde 1999, Vieyra *et al.* 2009, Velarde y Tordesillas 2009, Velarde *et al.* 2011, Velarde y Rojo 2012, Carmona *et al.* 2013, Velarde *et al.* 2015), y diversas tesis tanto a nivel licenciatura como posgrado, que aquí sería muy largo enlistar.

Como resultado de los diversos estudios y análisis de las relaciones que las aves marinas mantienen con otras especies, como las que constituyen su alimento, se ha encontrado que la distribución, abundancia y reproducción de las aves marinas y acuáticas son un reflejo de las condiciones oceanográficas y de los recursos alimentarios que tienen a su disposición. Debido a ello, estas aves son excelentes para el monitoreo del estado de las condiciones del ecosistema y de las poblaciones de las especies de las cuales se alimentan, algunas de las cuales son, a su vez, de importancia comercial. Esto ha sido demostrado en diversas investigaciones tanto en el Golfo de California como en otros ecosistemas marinos (Anderson *et al.*, 1980; Anderson y Gress, 1984; Furness, 1984; MacCall, 1984; Berruti y Colclough, 1987; Hamer *et al.*, 1991; Velarde *et al.*, 1994; Crawford y Dyer, 1995; Montevecchi y Myers, 1995; Crawford, 1998; Furness y Tasker, 1999; Lewis *et al.*, 2001; Velarde *et al.*, 2004; Velarde *et al.*, 2013). El valor de las aves para la obtención de series de tiempo es de vital importancia en el manejo pesquero y del ecosistema en general. Es importante contar con información sólida que sirva de base para la toma de decisiones de manejo y uso de los recursos marinos de la región.

A pesar del alto grado de perturbación de las áreas insulares del Golfo de México, la región es muy importante, ornitológicamente hablando, debido a que en ella confluyen las cuatro rutas migratorias de aves de Norteamérica; es zona de reproducción de especies residentes, en ella se encuentran siete especies clasificadas bajo alguna categoría de protección, se encuentra una Región Prioritaria (RTP 123, Arriaga *et al.*, 2000) y un Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICA 150, Arizmendi y Márquez, 2000). Debido al grado de perturbación que la zona presenta, y por la importancia de la misma

para muchos grupos taxonómicos, el Sistema Arrecifal Veracruzano ha sido declarada Área Natural Protegida por el gobierno federal. Sin embargo recientemente se ha modificado la poligonal de esta área dejando fuera una importante zona del arrecife: Punta Gorda, el cual formaba parte importante de este Parque Nacional. Esto constituye una contradicción al propio mandato de creación de esta Comisión. En el caso de las islas de la Laguna de Tamiahua, tampoco sabemos mucho de la representación de especies de aves marinas y acuáticas en su interior, pero sí existen registros de colonias de anidación de estos grupos de aves en sus islas, aunque éstos no han sido sistemáticos.

Existe una sorprendente carencia de estudios sobre aves marinas y costeras en la región del Golfo de México, particularmente si se compara con el conocimiento generado para el Golfo de California y considera que otras áreas del conocimiento en el Golfo de México están relativamente bien representadas. Los estudios se han centrado particularmente en listados de especies y alguno que otro análisis de distribución y abundancia, (Loetscher 1941, Wetmore 1943, Davis 1945, Lowery y Dalquest 1951, Loetscher 1955, Ortiz Pulido *et al.* 1995, Cruz 1999, Gallardo *et al.* 2000, Valenzuela 2001, Gallardo 2003, Gallardo *et al.* 2004, Velarde *et al.* 2007, Gallardo *et al.* 2009, Velarde *et al.* 2015a) pero son aún más escasos los estudios ecológicos, demográficos o de otra índole (Alcántara C., J.L. 1993, Velarde *et al.* 2015b).

OBJETIVOS

Objetivo General del proyecto

Generar una base de datos biológicos y cartográficos, con base en información ya existente (detallada y geo-referenciada) sobre distribución y abundancia de aves marinas del Golfo de California, incluyendo 10 de sus 14 regiones marinas prioritarias y 5 áreas protegidas marinas, así como de un Área Protegida Marina en el Golfo de México (Sistema Arrecifal Veracruzano), y una laguna costera de importancia ecológica y pesquera del Golfo de México (Laguna de Tamiahua), que incluya información digital

de satélite sobre temperatura superficial del mar y concentración de clorofila *a*, que sirvan de base para, en la siguiente fase del proyecto, generar una regionalización de las especies y su distribución espacial y temporal.

Objetivos Particulares del proyecto (Metas)

1. Organizar e ingresar en hojas de cálculo de Excel, la información ya existente en hojas de campo, sobre distribución y abundancia de aves marinas y acuáticas observadas en un Área Protegida (Sistema Arrecifal Veracruzano) y una laguna costera de importancia en el Golfo de México (Laguna de Tamiahua), así como en 10 regiones marinas prioritarias y 5 áreas protegidas del Golfo de California.
2. Integrar los registros de aves a la base de datos S_{NIB} de la CONABIO, en la cual se relacionará cada registro con su posición geográfica y los datos ambientales tomados en campo durante las navegaciones, como temperatura superficial del mar y condiciones del mar en la escala de Beaufort, cuando se hubieren registrado.
3. Generar una curva de acumulación de especies por región de muestreo.
4. Generar bases de datos de índices ambientales, los cuales son calculados mediante las observaciones de diversos espectroradiómetros. Estos índices incluyen la temperatura superficial satelital (SST), así como la concentración de clorofila *a* (Chl *a*) como un indicador de biomasa fitoplanctónica, considerándola como indicador de la producción de las zonas.
5. Generar datos geospaciales digitales en formato ASCII por cada zona de estudio: Sistema Arrecifal Veracruzano, Laguna de Tamiahua y Golfo de California, que permitan generar mapas de distribución y abundancia de especies por cada área de

estudio que contenga los atributos de las hojas de registro de las aves, como son: el nombre de la especie separada en tres atributos: 1. género, 2. epíteto específico y 3. nombre de la especie (Nombre científico completo), temporada de observación (primavera, verano, otoño e invierno, para el caso del Golfo de California y secas, lluvias y nortes, para el caso del Golfo de México), tipo de año (“El Niño” o no, para el caso del Golfo de California), etc., así como su metadato correspondiente. Con estos datos se podrán generar mapas por especie, por temporada, por fecha de cruce, por abundancia, durante la segunda etapa del proyecto.

6. Aportar la información necesaria que genere las bases para la toma de decisiones de manejo y conservación de las especies estudiadas y su hábitat.

MÉTODOS:

Métodos de obtención de la información e ingreso a la base BIOTICA, ya que aún no se ha hecho un análisis de la misma, por corresponder a la segunda fase del proyecto.

ÁREA GEOGRÁFICA

Los registros de aves en el Golfo de California se basan en observaciones realizadas entre los paralelos 23º y 31º latitud Norte, y entre las costas orientales de los Estados de Baja California y Baja California Sur, y las costas de Sonora y Sinaloa (Fig. 1). Los registros se llevaron a cabo en esta zona principalmente por las siguientes razones: 1. por ser la región de mayor productividad primaria oceánica dentro del Golfo de California, 2. porque en esta región es donde se encuentra la mayoría de las colonias importantes de anidación de aves marinas y, 3. por abarcar la mayor parte de la zona de pesca de peces pelágicos menores del Golfo de California, principalmente de la sardina Monterrey (*Sardinops sagax*), la especie más importante dentro de esta pesquería multiespecífica, y la pesquería

más importante de México, en cuanto a volumen desembarcado se refiere (Cisneros-Mata *et al.*, 1995; Velarde *et al.*, 2004). Dentro de esta zona se ubican las Regiones Marinas Prioritarias determinadas por CONABIO (Arriaga *et al.*, 2000), que a continuación se enumeran:

9: Los Cabos

10: Complejo Insular de Baja California Sur

11: Bahía Concepción

12: Costa Oriental Vizcaíno

13: Complejo Insular de Baja California

15: Canal de Infiernillo

17: Sistema Lagunar Sur de Sonora

18: Laguna Santa Ma. La Reforma

23: Boca del Golfo

24: Guaymas

Así como las siguientes Áreas Naturales Protegidas Marinas:

Reserva de la Biosfera Bahía de los Ángeles, Canal de Ballenas y Salsipuedes

Parque Nacional Archipiélago de San Lorenzo

Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir

Parque Nacional Bahía de Loreto

Parque Nacional Archipiélago de Espíritu Santo

Para el caso del Golfo de México, los registros de aves se basan en observaciones realizadas dentro de la zona denominada Sistema Arrecifal Veracruzano, comprendida



Figura 2. Zonas de estudio del Golfo de México. Laguna de Tamiahua y Sistema Arrecifal Veracruzano.

TÉCNICAS Y MÉTODOS

Datos de aves tomadas *in situ*.

La información que se utilizó en este trabajo es la generada durante los cruceros de investigación arriba mencionados. La obtención de los datos fue con base en censos por transectos, a lo largo de una ruta específica de navegación, y registrando todos aquellos individuos de aves que se avistaban a ambos lados de la embarcación, hasta una distancia de 300 m, formando, de esta forma una banda de observación de 600 m de ancho (Bibby *et al.*, 2000). Las embarcaciones utilizadas para los censos en el Golfo de California fueron, en todos los casos, barcos de medianos a grandes, de la Armada de México (tipo Buque Oceanográfico, Cañonero y Patrulla Costera) y del Instituto Nacional de la Pesca (CRIP Guaymas) (Barco de Investigación Pesquera: BIP XI). Para el caso de las navegaciones en el Golfo de México se utilizaron, en todos los casos, lanchas de aproximadamente 7 m de eslora con motor fuera de borda de entre 72 y 120 hp. El buque se movía a una velocidad constante conocida (generalmente 10 nudos) con el fin de poder estimar el área cubierta en un tiempo dado. Se registraba cada individuo avistado dentro de la franja del transecto, determinándose, en la mayoría de los casos, a nivel de especie. La determinación se llevó a cabo con base en el aspecto, la coloración del plumaje y el tamaño del ejemplar. Las observaciones se llevaban a cabo por dos observadores, para garantizar la calidad de los registros y la certeza en la identificación de las especies y, cuando fue necesario, se utilizaron también guías de campo (Harrison, 1983; National Geographic, 2001 y otras). La información sobre especie, número de individuos, fecha y hora del avistamiento se registró en una hoja formato, además de registrar la posición del barco (con apoyo de sextante y mapas, temperatura superficial del agua y condiciones del mar (de acuerdo a la escala de Beaufort) cada hora. En un número reducido de casos la determinación no se logró hacer a nivel de especie, en cuyo caso se dejó a nivel de género, y en unos pocos casos a nivel de familia.

Esta información fue sujeta a un proceso de revisión, depuración y corrección, en su caso, para luego ser adaptada para su ingreso en las bases de datos que se generaron de acuerdo a los Lineamientos para la conformación de bases de datos compatibles con el SNIB de CONABIO. Además, con base en esta información inicial, se generó una curva de acumulación de especies para cada zona de estudio.

ANÁLISIS DE DATOS DERIVADOS DE SENSORES REMOTOS

Los datos de espectro radiómetros fueron obtenidos de las imágenes satelitales del AVHRR y MODIS-Aqua para Temperatura Superficial del Mar (SST por sus siglas en inglés), y SeaWiFS, Meris y MODIS-Aqua para Clorofila *a* superficial (Chl *a*), con una resolución espacial de 4 km, en composiciones mensuales que cubrían los años de muestreo.

Mediante aproximación multisensor, se describió la concentración Chl*a* superficial, dicha aproximación se hizo mediante la inter-comparación de las variables en área y estacionalidad (Djavidnia *et al.*, 2006).

La Chl *a* para imágenes provenientes de sensores remotos, se basa en algoritmos universales, los cuales son algoritmos empíricos de la relación del número de bandas involucradas, a continuación se presentan los algoritmos utilizados de acuerdo al sensor.

El Sea Wide Field of View Sensor (SeaWiFS) utiliza el OC4, el cual considera cuatro longitudes del espectro de luz visible R_{rs} (443, 490, 510, 555 nm). Y se calcula mediante las siguientes fórmulas

$$R = \log_{10} \left(\left(\left(R_{rs443} > R_{rs490} > R_{rs510} \right) / R_{rs555} \right) \right)$$

(Ecu.1)

$$a = ((0.366 - 3.067) * R) + (1.930 * R^2) + (0.649 * R^3) + (1.532 * R^4)$$

(Ecu.2)

$$Chla = 10^{[a_0 + (a_1 * R) + (a_2 * R^2) + (a_3 * R^3) + (a_4 * R^4)]} \quad (\text{Ecu.3})$$

Donde Chl a es la clorofila, R la relación de las bandas y a son los diferentes coeficientes.

El Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) utiliza el OC4Me, el cual trabaja con cuatro R_{rs} (442, 490, 510, 560 nm). Se calcula mediante las siguientes fórmulas

$$R = \log 10 \left(\left(\left(R_{rs442} > R_{rs490} > R_{rs510} \right) / R_{rs560} \right) \right) \quad (\text{Ecu.4})$$

$$a = ((0.424 - 3.447 * R) + (5.227 * R^2) + (5.857 * R^3) + (2.213 * R^4)) \quad (\text{Ecu.5})$$

$$Chla = 10^{[a_0 + (a_1 * R) + (a_2 * R^2) + (a_3 * R^3) + (a_4 * R^4)]} \quad (\text{Ecu.6})$$

Por otra parte, en imágenes del Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS-Aqua) se utiliza el algoritmo OC3M. A partir de las siguientes ecuaciones

$$R = \log 10 \left(\left(\left(R_{rs443} > R_{rs490} \right) / R_{rs555} \right) \right) \quad (\text{Ecu.7})$$

$$a = ((0.283 - 2.753) * R) + (1.457 * R^2) + (0.659 * R^3) + (1.403 * R^4) \quad (\text{Ecu.8})$$

$$Chla = 10^{[a_0 + (a_1 * R) + (a_2 * R^2) + (a_3 * R^3) + (a_4 * R^4)]} \quad (\text{Ecu.9})$$

Debido a que algunos de los registros de aves fueron tomados en el periodo 1986-1997, periodo en el cual no estaba en operación algún satélite del tipo de espectroradiómetros de color, y sólo se cuenta con datos de SST derivados del AVHRR, aunado a que en el Golfo de California la Energía Cinética Turbulenta está fuertemente

relacionada con la concentración de Chla (Santamaría-del-Angel *et al.*, 1994), en este proyecto se usó un proxy para estimar la Chla para este periodo, basado en la modelación de la Chla con base a la SST.

Para este propósito, usamos modelos polinomiales de primer grado teniendo como variables independientes los productos L1a o L2 del AVHRR y como variable dependiente la Chla. Estos modelos se realizaron en diferentes escalas espacio-temporales, siendo el modelo más sencillo la totalidad del Golfo de California con todos los datos posibles. Las demás aproximaciones son la aproximación por regiones (usando las Bioregiones Estáticas propuestas por Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994), basada en una climatología básica para todas las variables involucradas.

Para saber la contribución de cada variable independiente se realizó una prueba de significancia de los coeficientes asociados a las variables. De la misma manera se estableció la significancia global del modelo así como probó el grado de explicación de éste usando los protocolos estándares del MOCE (Marine Optical Characterization Experimentes) de la NASA.

Los datos reportados usados son el resultado del mejor polinomio bajo los estándares de comparación de la NASA.

Los programas que se usaron para procesar las imágenes fueron: WIM (www.wimsoft.com), ENVI y SeaDAS, que ya se cuentan en el laboratorio de procesamiento de imágenes de satélite del Cuerpo Académico de Ecología del Fitoplancton UABC-FCM. Todos los mapas están en Proyección Cilíndrica Equidistante, en coordenadas Geográficas Latitud Longitud en Grados y décimas de grado. Los datos espectralradiométricos fueron procesados según los protocolos estándares de la NASA usando algoritmos estándares desde nivel L1a nivel L3.

RESULTADOS

Este proyecto ha organizado información ya existente, referente a observaciones de aves marinas en altamar en el Golfo de California, en la región comprendida entre los 30°21'N, 114°42'W; 30°20'N, 112°89'W; 23°10'N, 109°39'W y 23°20', 106°65'W abarcando las zonas conocidas como Región de las Grandes Islas y Golfo Central y 10 de las áreas marinas prioritarias identificadas por CONABIO dentro del mismo, así como en dos zonas del Golfo de México: el Área Protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y la laguna costera de importancia Laguna de Tamiahua. La información de cada observación (especie y número de individuos, fecha, hora, geo-referencia, y varios parámetros oceanográficos y ambientales), se integraron en la base de datos SNIB (Sistema Nacional de Información Biótica) de la CONABIO, de acuerdo a los lineamientos establecidos por dicha Comisión. La información consta de 7,691 registros, de 98,492 individuos observados *in situ*, de los cuales el 100% estuvieron georeferenciados. Los ejemplares registrados estuvieron incluidos en 24 familias, 57 géneros y 104 especies. De los 7,691 registros, 7,512 fueron identificados a nivel de especie, 47 a nivel de género, 109 a nivel de subfamilia y 23 a nivel de familia. Para el Golfo de California se trata de información de 5 años (4 años No-El Niño y un año "El Niño"), y las 4 estaciones del año. Para el Golfo de México, se ingresó información de dos sitios: el Sistema Arrecifal Veracruzano y la Laguna de Tamiahua. Para el Sistema Arrecifal Veracruzano se ingresó la información correspondiente a un año y 10 meses. Asimismo, se generaron y entregado los archivos digitales de estos registros en formato TXT.

Algunos de los registros fueron ubicados en Regiones Marinas Prioritarias de acuerdo a la CONABIO, de la siguiente manera:

En el Golfo de California:

No. Registros	Región Marina Prioritaria
2,478	Complejo Insular de Baja California
152	Complejo Insular de Baja California Sur

98	Guaymas
15	Laguna Santa Ma. La Reforma
10	Bahía Concepción

En el Golfo de México:

No. Registros	Región Marina Prioritaria
985	Pueblo Viejo-Tamiahua
520	Laguna Verde-Antón Lizardo
114	Sistema Lagunar de Alvarado

Con base en esa información se pueden generar mapas de distribución y abundancia de todas las especies por sitio, con el potencial de generar, de acuerdo a lo que en el futuro se requiera, otros mapas por especie, temporada, fecha, crucero, abundancia, etcétera. Toda la cartografía está elaborada de acuerdo a los lineamientos establecidos por la CONABIO.

También, se generaron curvas de acumulación de especies para cada área de estudio: Golfo de California, Sistema Arrecifal Veracruzano y Laguna de Tamiahua (Figs. 3, 4 y 5). El proyecto se propuso como una primera fase de ingreso de información a BIOTICA, con la idea de hacer una segunda fase, para poder llevar a cabo la parte analítica de la información. Se entregaron informes parciales a la CONABIO, de acuerdo a las metas de cada etapa. La información generada pretende enriquecer el conocimiento de la biodiversidad de las aves marinas en aguas mexicanas y contribuir a su conservación, así como proveer información que se requiere en el SNIB, para que la CONABIO cumpla sus funciones en cuanto a la administración y manejo de los recursos naturales de México.

Los datos de registro de presencia y abundancia de aves han sido ingresados a la base BIOTICA de la CONABIO de acuerdo a los lineamientos que marca dicha Comisión.

Asimismo, se han generado y entregado los archivos digitales de estos registros en formato TXT. Además se entregan las curvas de acumulación de especies generadas para cada una de las tres regiones estudiadas, las cuales indican el grado de alcance en el registro de especies, o bien si se requiriera continuar aún con registros en cada una de las regiones, porque la curva de acumulación de especies indica que aún quedan por registrar. Las curvas de acumulación de especies por zona se presentan en las siguientes tres figuras (Figs. 3, 4 y 5).

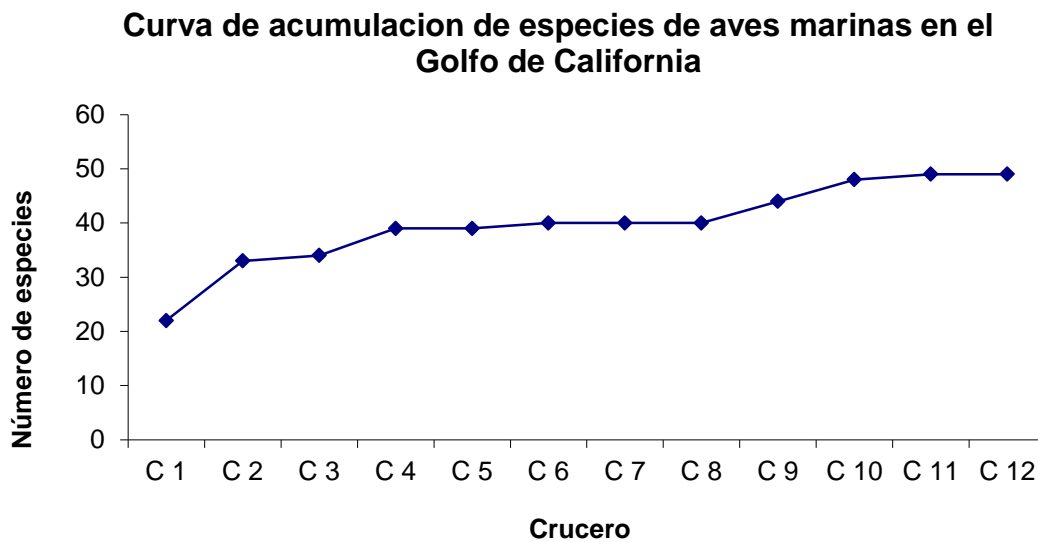


Figura 3. Curva de acumulación de especies de aves en el Golfo de California.

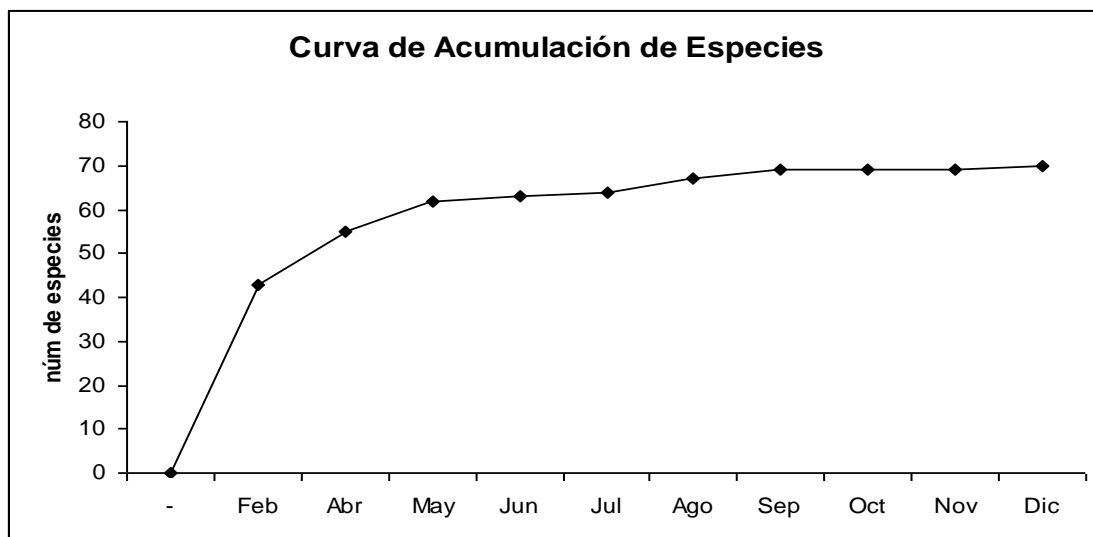


Figura 4. Curva de acumulación de especies de aves en la Laguna de Tamiahua.

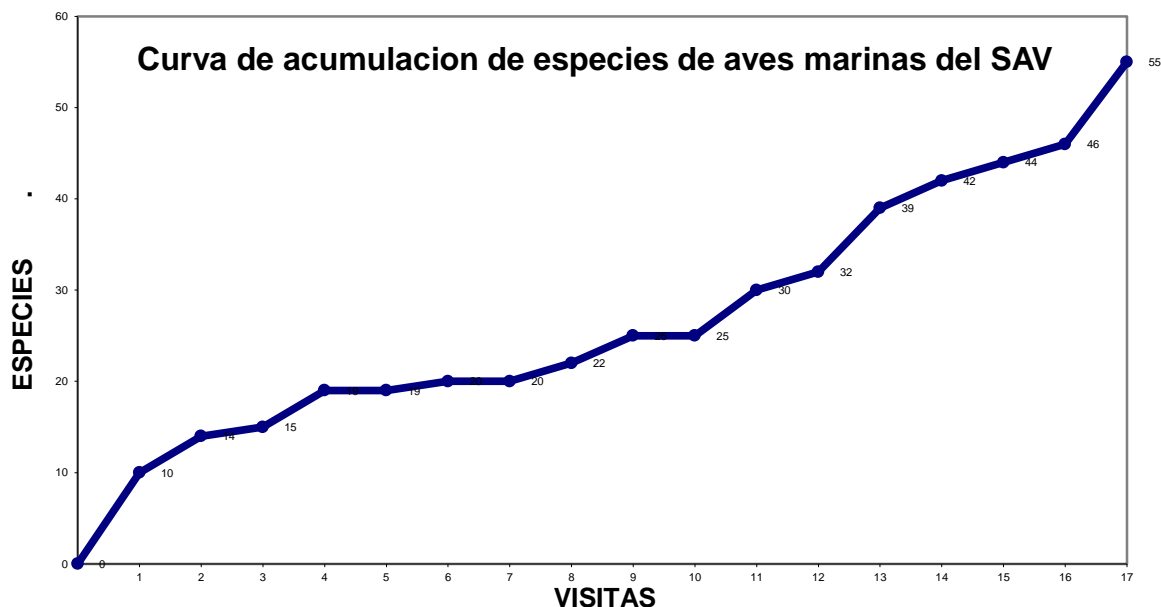


Figura 5. Curva de acumulación de especies de aves en el Sistema Arrecifal Veracruzano.

Para el caso de los archivos de la cartografía digital, de datos con índices ambientales, se entregaron los archivos digitales de sensores remotos comprometidos en el proyecto, en formato HDF, en proyección cilíndrica equidistante y con el valor geofísico de temperatura y clorofila α . Los archivos entregados se encuentran enlistados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Información detallada de los productos derivados de los Objetivos 4 y 5.

Objetivo (O). Producto (P)	No. de productos con su metadato	Productos oceánicos satelitales	Área de estudio / proyección / Datum	Sensor / Satélite	Período (de qué fecha a qué fecha)	Temporalidad (compuestos)	Formato / Resolución espacial
O4.P1	312	SST	Golfo de México / Cilíndrica equidistante / WGS-84	AVHRR / NOAA	Ene-1985 Dic-2010	Mensual / mensuales	HDF / 4 km
	101			MODIS / Aqua	Jul-2002 Dic-2010		

O4.P2	156	Chl a	Golfo de México / Cilíndrica equidistante / WGS-84	SeaWiFS / Orbview-2	Sep-1997 Dic-2010	Mensual / mensuales	HDF / 4 km
	101			MODIS / Aqua	Jul-2002 Dic-2010		
	103			MERIS / Envisat	Jun-2002 Dic-2010		
O4.P3	312	SST	Golfo de California / Cilíndrica equidistante / WGS-84	AVHRR / NOAA	Ene-1985 Dic-2010	Mensual / mensuales	HDF / 4 km
	101			MODIS / Aqua	Jul-2002 Dic-2010		
O4.P4	156	Chl a	Golfo de California / Cilíndrica equidistante / WGS-84	SeaWiFS / Orbview-2	Sep-1997 Dic-2010	Mensual / mensuales	HDF / 4 km
	101			MODIS / Aqua	Jul-2002 Dic-2010		
	103			MERIS / Envisat	Jun-2002 Dic-2010		
O5.P3	12	SST	Golfo de México / Cilíndrica equidistante / WGS-84	AVHRR / NOAA MODIS / Aqua	Climatología anual multisensor	Compuestas multisensor para la climatología del año promedio (mes a mes)	HDF / 4 km
O5.P4	12	Chl a		SeaWiFS MODIS / Aqua MERIS / Envisat			
O5.P5	12	SST	Golfo de California / Cilíndrica equidistante / WGS-84	AVHRR / NOAA MODIS / Aqua	Climatología anual multisensor	Compuestas multisensor para la climatología del año promedio (mes a mes)	HDF / 4 km
O5.P6	12	Chl a		SeaWiFS MODIS / Aqua MERIS / Envisat			

DISCUSIÓN

Muchas de las aves marinas registradas en este proyecto se alimentan de peces pelágicos menores, y algunas otras de plancton. Los peces pelágicos menores son la base de la alimentación de un gran número de especies marinas, como peces mayores (muchos de ellos de importancia comercial), mamíferos marinos, grandes invertebrados marinos como el calamar gigante (nativo del Golfo de California y de importancia comercial), así como muchas de estas aves marinas, por lo cual también será importante poder ligar la distribución y abundancia de estas aves a los parámetros oceanográficos registrados en este proyecto. Muchas de las especies de aves marinas estudiadas presentan enormes poblaciones nativas y/o reproductivas en estas zonas, las cuales llegan a varias decenas o cientos de individuos, particularmente en el Golfo de California.

Los peces pelágicos menores se alimentan de fito- y zooplancton, por lo cual su distribución está estrechamente ligada a las áreas de alta productividad marina. Este grupo de peces constituyen la pesquería más importante de México, en cuanto a volumen desembarcado se refiere, además de ser consideradas **especies clave (keystone species)** dentro del ecosistema, por ser la base de la estructura trófica en los ambientes en donde ocurren. Su sobreexplotación ha sido causa de severos desequilibrios de la red trófica en ecosistemas marinos como el Océano Índico y otros (Bakum *et al.* 2009).

Por todo lo anterior, el análisis que proponemos hacer, como segunda fase de este proyecto, nos permitirá ubicar las zonas de importancia para grupos de organismos como el fito- y zooplancton, las aves marinas y, con base en un análisis de correlación, determinar las áreas de importancia para los peces pelágicos menores, las aves y las regiones de alta productividad marina.

Con base en esta información se podrán generar recomendaciones para el establecimiento de regiones de importancia marina, y áreas potenciales para el establecimiento de reservas pesqueras y zonas de protección potencial. Así mismo, uno de los siguientes objetivos es el de generar un Atlas con información referente a la distribución y abundancia de aves marinas para México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara C., J.L. 1993. Evaluación avifaunística de Veracruz: Un análisis de la distribución espacial para la conservación. Tesis de Maestría UNAM. México. 200 pp.
- Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. Pp. 427-449 en: B.H. Ketchum (ed.) *Estuaries and enclosed seas*. Elsevier Press, Amsterdam. The Netherlands.
- Anderson, D. W. 1983. The seabirds. Pp. 246-264, 474-481 en: T. J. Case y M. L. Cody (eds.), *Island biogeography in the Sea of Cortéz*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Anderson, D.W., F. Gress y P.R. Kelly. 1980. Brown pelicans as Anchovy indicators and their relationship to commercial fishing. *CALCOFI REP.*, 21: 54-61.
- Anderson, D.W. y F. Gress. 1984. Brown Pelicans and the anchovy fishery off southern California. Pp. 128-135 en: D.N. Nettleship, G.A. Sanger y P.F. Springer, eds. *Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships*. Pacific Seabird Group, Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario, Canada.
- Anderson, D.W., C.J. Henny, C. Godínez-Reyes, F. Gress, E.L. Palacios, K. Santos del Prado, J.P. Gallo-Reynoso y J. Bredy. 2013. Size and distribution of the California Brown Pelican metapopulation in a Non-ENSO year. *Marine Ornithology* 41: 95-106.
- Arizmendi, M.C. y L. Márquez V., 2000. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 440 pp.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Bakum, A., E.A. Babcock, S.E. Lluch-Cota, C. Santora y C. J. Salvadeo. Issues of ecosystem-based management of forage fisheries in “open” non-stationary ecosystems: the

- example of the sardine fishery in the Gulf of California. *Rev. Fish Biol. Fisheries* DOI 10.1007/s11160-009-9118-1.
- Banks, R.C. 1963. Birds of the Belvedere expedition to the Gulf of California. *Trans. San Diego Soc. Nat. Hist.* 13: 49-60.
- Bartholomew, G.A. y W.R. Dawson. 1959. Thermoregulating behaviour during incubation in Heermann's Gulls. *Physiol. Zool.* 52: 422-437.
- Berruti, A. y J. Colclough. 1987. Comparison of the abundance of pilchard in Cape Gannet diet and commercial catches off the Western Cape, South Africa. *South African Journal of Marine Sciences* 5: 863-869.
- Bibby, C., N. Burgués, D. Hill y S. Mustoe. 2000. *Bird Census Techniques*. Academic Press. Segunda Edición. Estados Unidos de Norte América. 302 pp.
- Botsford, L.W., J.C. Castilla y C.H. Peterson. 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. *Science* 277: 509-515.
- Brusca, R.C. 1980. *Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California*. 2ª. Ed. University of Arizona Press, Tucson.
- Campbell, J, D. Antoine, R Armstrong, K Arrigo, W Balch, R. Barber, M. Behrenfeld, R. Bidigare, J Bishop, M-E Carr, W. Esaias, P Falkowski, N. Hoepner, R Iverson, D Keifer, S. Lohrenz, J. Marra, A. Morel, J. Ryan, V Vedemikov, K. Waters, C Yentsch, J Yoder. 2002. Comparison of algorithms for estimating ocean primary production from surface chlorophyll, temperature, and irradiance. *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 16.
- Carmona-Islas, C., J. Bello-Pineda, R. Carmona y E. Velarde. 2013. Modelo espacial para la detección de sitios potenciales para la alimentación de aves playeras migratorias en el noroeste de México. *Huitzil* 14(1): 22-42.
- Carr, M-E, M.A Friedrichs, M. Schmeltz, M.N. Aita, D. Antoine, K.R. Arrigo, I. Asanuma, O. Aumont, R. Barber, M. Behrenfeld, R. Bidigare, E.T. Buitenhuis, J. Campbell, A. Ciotti, H. Dierssen, M. Dowell, J. Dunne, W. Esaias, B. Gentili, W. Gregg, S. Groom, N. Hoepner, J.

- Ishizaka, T. Kameda, C. Le Quere, S. Lohrenz, J. Marra, F. Melin, K. Moore, A. Morel, T.E. Reddy, J. Ryan, M. Scardi, T. Smyth, K. Turpie, G. Tilstone, K. Waters, Y. Yamanaka. 2006. A comparison of global estimates of marine primary production from ocean color. *Deep Sea Research* 53: 741-770.
- Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez y M.G. Hammann. 1995. The rise and fall of the Pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus* Girard, in the Gulf of California, Mexico. *CalCOFIRep* 36: 136-143.
- Crawford, R.J.M. 1998. Responses of African Penguins to regime changes of sardine and anchovy in the Benguela System. *South African Journal of Marine Sciences* 19: 355-364.
- Crawford, R.J.M. y P.A. Shelton. 1978. Pelagic fish and seabirds interrelationships off the coast of Southwest and South Africa. *Biol. Conservation*, 14: 85-109.
- Crawford, R.J.M. y B.M. Dyer. 1995. Responses by four seabird species to a fluctuating availability of Cape anchovy *Engraulis capensis* off South Africa. *Ibis* 137: 329-339.
- Cruz C., O.G., 1999. Aves del humedal de Alvarado, Veracruz, Características de la comunidad, importancia y conservación. Tesis Profesional Univ. Veracruzana. Córdoba. México.
- Davis, W.B. 1945. Notes on Veracruzean birds. *Auk* 62: 272-286.
- DeWeese, L.R. y D.W. Anderson. 1976. Distribution and breeding biology of Craveri's murrelet. *Trans. San Diego Soc. Nat. Hist.* 18: 155-168.
- Djavidnia, S., F. Mélin y N. Hoepffner. 2006. Analysis of Multi-sensor Global & Regional Ocean Color Products. MERSEA-WP02-JRC-STR-0001.01A.pdf
- Furness, R.W. 1984. Seabird-fisheries relationships in northeast Atlantic and North Sea. Pp. 162-169 en D.N. Nettleship, G.A. Sanger y P.F. Springer, eds. *Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships*. Pacific Seabird Group, Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario, Canada.

- Furness, R.W. y M.L. Tasker (eds). 1999. Diets of Seabirds and Consequences of Changes in Food Supply. ICES Cooperative Research Report, 232, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark.
- Gallardo del Ángel, J.C. 2003. Estudio preliminar de la comunidad de aves del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y zonas adyacentes, Veracruz, México. Tesis Profesional Facultad de Biología, Univ. Veracruzana. Xalapa. México. 57 pp.
- Gallardo Del Ángel, J.C., P. Rodríguez Torres y F. Mata Labrada. 2000. Reporte Preliminar de las Aves de la Isla de Sacrificios en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Resúmenes del 1er. Congreso Nacional de Arrecifes Coralinos, Veracruz. México. P. 47.
- Gallardo del A., J.C., E. Velarde G. y R. Arreola A. 2004. Las aves del Golfo de México y las áreas prioritarias para su conservación. Pp. 301-322. En: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (Comps.). Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Vol. 1. SEMARNAT/INE/INECOL/HRIGMS. México, D.F., México. 626 pp.
- Gallardo, J.C., E. Velarde y V. Macías. 2009. Aves: Birds of the Gulf of Mexico. Pp. 1321-1342, en: D. Felder, D. Camp y J.W. Tunnell (eds.) The Gulf of Mexico, Its Origin, Waters and Marine Life, Vol. I, Texas A & M University Press.
- Grant, P.R. 1964. The birds of the Tres Marietas Islands, Nayarit, Mexico. *Auk* 81: 514-519.
- Grant, P.R. y I. McT. Cowan. 1964. A review of the avifauna of the Tres Marías Islands, Nayarit, Mexico. *Condor* 66: 221-228.
- Hamer, K.C., R.W. Furness y R.C. Caldow. 1991. The effects of changes in food availability on the breeding ecology of great skuas in Shetland. *Journal of Zoology, London*, 223: 175–188.
- Henny, C.J. y D.W. Anderson. 1979. Osprey distribution, abundance and status in western North America: III. The Baja California and Gulf of California population. *Bull. So. Calif. Acad. Sci.* 78: 89-106.

- INEGI, 2005. Censo General de Población y Vivienda 2000. http://www.inegi.gob.mx/est/librerias/tabulados.asp?tabulado=tab_po04b&c=708&e=30.
- Lewis, S., S. Wanless, P.J. Wright, M.P. Harris, J. Bull y D.A. Elston. 2001. Diet and breeding performance of black-legged kittiwakes *Rissa tridactyla* at a North Sea colony. Marine Ecology Progress Series 221: 277–284.
- Loetscher, F.W. 1941. Ornithology of the Mexican State of Veracruz, with an annotated list of birds. PhD Thesis, Cornell University. N.Y. USA.
- Loetscher, F. W. 1955. North American migrants in the state of Veracruz, Mexico: a summary. The Auk 72: 14-54.
- Lowery, Jr., G.H. y W.W. Dalquest. 1951. Birds for the state of Veracruz, Mexico. Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist. 3(4): 531-649.
- MacCall, A.D. 1979. Population estimates for the waning years of the Pacific sardine fishery. CalCOFI Rep. 20: 72-82.
- MacCall, A.D. 1984. Seabird-fishery trophic interactions in eastern Pacific boundary currents: California and Peru. Pp. 136–149 en: D.N. Nettleship, G.A. Sanger y P.F. Springer, editors. Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Pacific Seabird Group, Canadian Wildlife Service, Canada.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, España. 84 pp.
- Montevecchi, W.A. y R.A. Myers. 1995. Prey harvests of seabirds reflect pelagic fish and squid abundance on multiple spatial and temporal scales. Marine Ecology Progress Series 117: 1–9.
- Ortiz Pulido, R., G. H. Gómez de Silva, F. González García y A. Álvarez A. 1995. Avifauna del Centro de Investigaciones Costeras “La Mancha”, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana 65: 87-118.
- Osorio Tafal, B.F.O. 1944. La expedición del M.N. *Gracioso* por aguas del extremo noroeste mexicano. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas 3: 331-360.

- Radovich, J. 1982. The collapse of the California sardine fishery: what have we learned? CalCOFI Rep. 28: 56-78.
- Santamaría-del-Ángel, E., S. Álvarez-Borrego y F.E. Müller-Karger. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. J. Geophys. Res. 99(C4): 7411-7421.
- Stager, K.E. 1957. The avifauna of the Tres Mariás Islands, Mexico. Auk 74: 413-432.
- Tunnell, Jr. J.W. 2007. Island Biota. Pp. 119-125 en: J.W. Tunnell, E.O. Chavez y K. Withers (eds.) Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico. Texas A & M University Press. College Station, Texas. 194 pp.
- Valenzuela O., R.R. 2001. La avifauna de Isla Verde, Veracruz, México. Tesis profesional Facultad de Biología, Univ. Veracruzana, Xalapa. México. 34 pp.
- Velarde, E. 1992, Predation of Heermann's Gull (*Larus heermanni*) chicks by Yellow-footed Gulls (*Larus livens*) in dense and scattered nesting sites. Colonial Waterbirds, 15(1): 8-13.
- Velarde, E. 1993. Predation of nesting larids by the Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*) at Rasa Island, Gulf of California, México. Condor, 95: 706-708.
- Velarde, E. 1999. Breeding biology of the heermann's Gull (*Larus heermanni*) in Isla Rasa, Gulf of California, Mexico. Auk, 116 (2):513-519.
- Velarde, E. y D.W. Anderson. 1994. Conservation and management of seabird islands in the Gulf of California, setbacks and successes. Pp. 229-243 en: D.N. Nettleship, J. Burger y M. Gochfeld (eds.) Seabirds on islands, threats, case studies and action plans. Technical Publication Number 1. ICBP, Cambridge. U. K.
- Velarde, E., J.L.E. Cartron, H. Drummond, D.W. Anderson, F. Rebón Gallardo, E. Palacios y C. Rodríguez. 2005. Nesting seabirds of the Gulf of California's Offshore islands: diversity, ecology and conservation. En: J.L.E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger (eds.)

- Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico, Oxford University Press, New York.
- Velarde, E. y E. Ezcurra. 2002. Breeding ecology of the Heermann's Gull in Rasa Island. En (T.E. Case, M.L. Cody y E. Ezcurra, Eds.) A New Island Biogeography of the Sea of Cortés. Oxford University Press. Pp. 313-325.
- Velarde, E., E. Ezcurra y D. W. Anderson. 2013. Seabird diets provide early warning of sardine fishery declines in the Gulf of California. Scientific Reports 3:1332, DOI: 10.1038/srep01332.
<http://www.nature.com/srep/2013/130225/srep01332/full/srep01332.html>
- Velarde, E., E. Ezcurra, M.A. Cisneros-Mata y M.F. Lavin. 2004. Seabird Ecology, El Niño Anomalies, and Prediction of Sardine Fisheries in the Gulf of California. Ecological Applications 14(2): 607-615.
- Velarde, E., C.J. Navarro, E.A. Ruiz y A. Aguilar. 2011. The Status of Craveri's Murrelet *Synthliboramphus craveri* and reoccupation of a former nesting area. Marine Ornithology 39(2): 271-275.
- Velarde E. y E. Rodríguez. 2000. Isla Rasa. P. 178 en M.C. Arizmendi y L. Márquez Valdelamar (eds.) Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. CONABIO, México. 440 pp.
- Velarde, E. y P. Rojo. 2012. Presumed hybrid Elegant x Cabot's Terns *Thalasseus elegans* x *T. acuflavida* in Isla Rasa, Gulf of California, Mexico. Marine Ornithology 40(1): 25-29.
- Velarde, E., E.A. Ruiz, A. Aguilar y J.P. Gallo. 2015. Black-vented Shearwater *Puffinus opisthomelas* nesting in the Gulf of California: a major revision of breeding range. Marine Ornithology 46: 249-254.
- Velarde, E. y M. Tordesillas. 2009. Sandwich Terns on Isla Rasa, Gulf of California, Mexico. Western Birds 40(3): 230-233.

- Velarde, E., M.S. Tordesillas, L. Vieyra y R. Esquivel. 1994. Seabirds as indicators of important fish populations in the Gulf of California. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation Report 35: 137–143.
- Velarde González, M.E., A. Martínez Villasis y J.C. Gallardo del Ángel. 2007. Las aves del Sistema Arrecifal Veracruzano. Pp. 27-50. En: A. Granados Barba, L. Abarca-Arenas y J.M. Vargas Hernández (Eds.) Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche. 304 pp.
- Velarde-González, E., F.D. Ruz-Rosado y E. Priego-Hernández. 2015a. Lista anotada de las aves marinas, acuáticas y playeras del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. E-BIOS 2: 54-82.
- Velarde-González, E., R. Sanay-González, H. Perales-Valdivia, F. Ruz-Rosado, O. Gutiérrez-Benítez y M. Rojas-Espinoza. 2015b. Distribución y abundancia de aves marinas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. En: A. Granados *et al.* (Eds.) Aportes al Conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: Hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. RASZCOV/PRODEP/UV. México.
- Vermeer K., E. Velarde, D.B. Irons, y Y. Watanuki. 1993. Status, conservation and management of nesting *Larus* gulls in the North Pacific. En K. Vermeer, K. Briggs y S. Pfefer. (Eds.) Status ecology and conservation of marine birds of the temperate North Pacific. Canadian Wildlife Service Special Publication. Ottawa.pp. 131-139.
- Vieyra, L., E. Velarde y E. Ezcurra. 2009. Effects of parental age and availability of small pelagic fish on the reproductive success of Heermann's Gulls (*Larus heermanni*) in Isla Rasa, Gulf of California, México. Ecology 90(4): 1084-1094.
- Villalobos, J.L, A. *et al.* 1992. Distribución espacial y consideraciones zoogeográficas de los crustáceos decápodos inter-mareales de las Islas del Golfo de California, México. Proceedings of the San Diego Society of Natural History 11: 1-13.
- WRI (World Resource Institute). 1994. World Resources 1994-95. Oxford University Press, Oxford, UK.

Wetmore, A. 1943. The birds of southern Veracruz, Mexico. Proc. U.S. Nat. Mus. 93(3164):
215-340.