



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
ÁREA INTERDISCIPLINARIA DE CIENCIAS DEL MAR
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA

TESIS:

TENDENCIAS POBLACIONALES DE *Podiceps nigricollis* (AVES: PODICIPEDIDAE), EN RELACIÓN CON LOS FACTORES CLIMÁTICOS (2004-2012), EN LA SALINA DE GUERRERO NEGRO B.C.S., MÉXICO

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

BIOLOGO MARINO

PRESENTA:

IVÁN FERNANDO POZAS-OCAMPO

DIRECTOR:

ROBERTO CARMONA PIÑA

LA PAZ B.C.S., MARZO DE 2015



UABCS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR

P.E. ACREDITADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
comprometidos con la comunidad

Fecha: 2 MARZO 2015

DR. ENRIQUE ALEJANDRO GÓMEZ GALLARDO UNZUETA,
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA,
PRESENTE.

Los abajo firmantes, Miembros de la Comisión Revisora del **TRABAJO DE TESIS TERMINADO** titulado: **"TENDENCIAS POBLACIONALES DE *Podiceps nigricollis* (AVES: PODICIPEDIDAE), EN RELACIÓN CON LOS FACTORES CLIMÁTICOS (2004-2012), EN LA SALINA DE GUERRERO NEGRO B.C.S., MÉXICO";** que presenta el (la) pasante de la Carrera de Biólogo Marino **C. IVÁN FERNANDO POZAS OCAMPO,** comunicamos a usted, que otorgamos nuestro **voto aprobatorio** y consideramos que dicho trabajo está listo para su defensa a fin de obtener el título de Biólogo Marino.

Dr. Roberto Carmona
Nombre Completo

Firma

PRESIDENTE

M. en C. Víctor Omar Ayala Pérez
Nombre Completo

Firma

SECRETARIO

Dr. Eduardo Palacios Castro
Nombre Completo

Firma

VOCAL

Dr. Roberto Carmona
Nombre Completo

Firma

DIRECTOR DE TESIS

C.c.p. Dirección de Servicios Escolares.
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo



Carretera al Sur Km. 5.5
La Paz, BCS.

Conmutador: 01 612 12 388 00 Ext. 4100
Fax Directo: 01 (612) 12 388 19
E-mail: biolmar@uabcs.mx

Apartado postal 19-B
Código postal 23080

DEDICATORIA

Primeramente a mis padres, los profesores **Andrés Pozas Cazares** y **Julia Ocampo Herrera**, quienes lejos de ser los mejores padres y excelentes amigos, son las personas más queridas en mi vida. Espero alguna vez llegar a ser tan maravillosa persona como ustedes.

A mis queridos viejos y mamás: **Fausto Ocampo†**, **Urbano Pozas†**, **Josefa Cazares†** y **Elodia Herrera†**, cuya pérdida aún lamento. Gracias por todos los consejos y enseñanzas. Los extraño mucho. Ojalá estuvieran aquí.

A mis queridos hermanos: **Lilia Elizabeth** (la Doctora), **Erick Andrés** (el Matemático) y **Laura Sujey** (Madre de mi querida sobrina).

A todos y cada uno de los integrantes del **Laboratorio de Aves de la Universidad Autónoma de Baja California Sur** y amigos de la carrera, con especial atención a la llamada “**Banda de Santa Fe**”.

A todos ustedes gracias por el apoyo pasado, presente y futuro. Este trabajo también es suyo.

AGRADECIMIENTOS

En primera estancia, un agradecimiento a usted amigo(a) lector(a) por poseer esta tesis en sus manos o archivos, espero le sea de utilidad para su investigación, curiosidad, crítica o entretenimiento.

Nuevamente, a toda mi familia, padres, abuelos, hermanos, primos, sobrinos y tíos, que siempre estuvieron apoyándome en todos los sentidos, así como su convivencia, risas, enojos brindados a lo largo de todos estos años. Sus palabras de aliento y confort se ven reflejadas en este trabajo.

Al comité revisor de este trabajo, Dr. Roberto Carmona, M. en C. Víctor Ayala, Dr. Eduardo Palacios, M. en C. Nallely Arce y la Dr. Mónica Rivera, por permitirme aprender de ustedes y su muy apreciada amistad; mi respeto y profunda admiración a su trabajo académico y de campo.

Al Laboratorios de Aves de la UABCS, y aquellas personas ajenas a este último, que cooperaron con el trabajo de campo para la toma de datos, que por cuestiones prácticas y de memoria, sólo mencionaré a los que recuerdo y/o conozco: Roberto Carmona, Mónica Rivera, Víctor Ayala, Nallely Arce, Gerardo Marrón, Hugo Ortiz, Gabriela Gutiérrez, Luis Mendoza, Fabiola Molina, José Manuel Bustamante, Adriana Hernández, Denisse Morales, Joel Coronado, José Pérez, Rafael Cruz, Emer García, Mariel Reyes, Paulina Martínez, Rosalba Martínez, David Molina, Israel Martínez, Andrea Cuellar. Si usted lector(a) pertenece a este grupo y no es mencionado, le pido una sincera disculpa por omitirlo y siéntase agradecido por mí (el autor).

Al Dr. Anthony Roberts de la Universidad Estatal de Utah, quien confió en mí, al grado de confiarme sus datos cuando aún no estaban publicados y que sirvieron en gran parte para la realización de este trabajo.

Al Dr. Joseph Jehl quien se interesó en mi trabajo, dándome sugerencias y de ser el intermediario en la comunicación con el Dr. Roberts.

A la Maestra Sandra Robles Gil y la Dr. Aida Martínez López, por su ayuda en aclarar mis dudas sobre los índices climáticos, sugerencias y por su tiempo brindado.

A William Brown de la NOAA por ayudarme en la recopilación de datos climatológicos de los sitios externos a Guerrero Negro.

A mis amigos y amigas de la carrera de Biología Marina y de otras carreras, así como del Laboratorio de Aves de La UABCS, gracias por lo vivido, las alegrías, convivencia, enojos, consejos, experiencias y aprendizaje que viví con cada uno de ustedes. A la anteriormente mencionada “Banda de Santa Fe” (Francisco Bobadilla, Carlos Alpuche y Martin González) su convivencia y amistad son recuerdos que difícilmente olvidaré. Una mención especial a Gerardo Marrón, por ser mi salvavidas estadístico, así como por su apreciada amistad al ser miembro no oficial de la “Banda de Santa Fe”.

A mis maestros de la carrera, a los buenos por el aprendizaje y ejemplo; a los malos, por enseñarme lo que no quiero ser.

A la compañía Exportadora de Sal S.A de C.V., en especial al departamento de Ecología integrado por Fabián Castillo, Joaquín Rivera, Antonio Zaragoza y Ramiro Zaragoza. Al Sr. Antonio Gutiérrez por su hospitalidad y agradables pláticas, así como a Albino y Gabino, personal de las estaciones de bombeo, quienes siempre nos recibían con una sonrisa y gran amabilidad, pero sobre todo con una excelente comida.

A la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, por su apoyo incondicional en campo.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE TABLAS	V
RESUMEN.....	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. OBJETIVO GENERAL	8
5. OBJETIVOS PARTICULARES.....	9
6. ÁREA DE ESTUDIO	10
7. MATERIALES Y METODOS	13
7.1. <i>TRABAJO DE CAMPO.....</i>	13
7.2. <i>ANÁLISIS DE DATOS.....</i>	14
7.3. <i>RECOPILACIÓN DE DATOS CLIMATOLÓGICOS</i>	19
8. RESULTADOS	21
8.1. <i>ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL</i>	21
8.2. <i>RELACIÓN ABUNDANCIA- FACTORES CLIMÁTICOS.....</i>	35
8.2.1. <i>Guerrero Negro.....</i>	35
8.2.2. <i>Sitios externos a Guerrero Negro.....</i>	37
8.2.3. <i>Índices climáticos.....</i>	41
9. DISCUSIÓN.....	49
9.1. <i>ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL</i>	49
9.2. <i>RELACIÓN CON LOS FACTORES CLIMÁTICOS</i>	58
9.2.1. <i>Sitios de importancia.....</i>	58
9.2.2. <i>Índices Climáticos</i>	60
10. SUMARIO	65
11. RECOMENDACIONES.....	67
12. BIBLIOGRAFÍA	67
13. ANEXOS	86

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Área de estudio, compuesta por la Empresa Exportadora de Sal (ESSA).
..... **12**
- Figura 2:** Abundancias mensuales (octubre-mayo) de *Podiceps nigricollis* a lo largo de ocho temporadas, registrada en las instalaciones de Exportadora de Sal, Guerrero Negro. Las barras de diferente color (vacías) indican los meses omitidos para los análisis estadísticos..... **23**
- Figura 3:** Porcentaje acumulado de las zonas ocupadas por *P. nigricollis* en diferentes temporadas, en la Salina de Guerrero Negro. **27**
- Figura 4:** Abundancia acumulada en todas las áreas de ESSA durante los meses invernales, en cada una de las temporadas. No se incluyen los meses omitidos (febrero-2007-08 y enero-2008-09). **28**
- Figura 5:** Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en A5 por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06, y así subsecuentemente. **30**
- Figura 6:** Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en A6 por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente. **31**
- Figura 7:** Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en A4 por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente. **32**
- Figura 8:** Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en S-1B por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente. **33**
- Figura 9:** Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en A8 por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de

determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente. **34**

Figura 10: Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en A1 por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente. **35**

Figura 11: Relación predicha por el modelo de regresión múltiple, entre los factores climáticos y el número de aves observado en Guerrero Negro, durante el invierno. Se muestra la ecuación, así como el coeficiente de determinación obtenidos en el modelo. En la ecuación x_1 =Temperatura máxima, x_2 =Temperatura mínima, x_3 =Precipitación pluvial. **37**

Figura 12: Relación predicha por el modelo de regresión múltiple, entre los factores climáticos de Salton Sea y el número de aves observado en Guerrero Negro, durante el invierno. Se muestra la ecuación y el coeficiente de determinación obtenidos en el modelo. En la ecuación x_1 =Temperatura máxima, x_2 =Temperatura mínima, x_3 =Precipitación pluvial..... **39**

Figura 13: Relación predicha por el modelo de regresión múltiple, entre los factores climáticos de Mono Lake y el número de aves observado en Guerrero Negro, durante el otoño. Se muestra la ecuación y el coeficiente de determinación obtenidos en el modelo. En la ecuación x_1 =Temperatura máxima, x_2 =Temperatura mínima, x_3 =Precipitación pluvial **40**

Figura 14: Relación predicha por el modelo de regresión múltiple, entre los factores climáticos de Great Salt Lake y el número de aves observado en Guerrero Negro, durante el otoño. Se muestra la ecuación y el coeficiente de determinación obtenidos en el modelo. En la ecuación x_1 =Temperatura máxima, x_2 =Temperatura mínima, x_3 =Precipitación pluvial **41**

Figura 15: Relación entre las abundancias máximas invernales de *P. nigricollis* y los valores del Índice Oceánico del Niño (ONI) correspondiente a los meses invernales de todas las temporadas. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación..... **42**

Figura 16: Relación entre la abundancias máximas invernales de *P. nigricollis* y los valores del Índice Decadal del Pacífico (PDO) correspondiente a los meses

invernales de todas las temporadas. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación..... **43**

Figura 17: Relación entre las abundancias máximas invernales de *P. nigricollis* en ESSA y los índices climáticos ONI y PDO. Se muestra el plano de regresión, la ecuación obtenida y el coeficiente de determinación. En la ecuación $x_1=ONI$ y $x_2=PDO$ **44**

Figura 18: Tendencia en la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis*, a lo largo de todas las temporadas. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El signo “+” representa la Fase El Niño, “•” Fase Neutral y “-” la Fase La Niña. En número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente. **46**

Figura 19: Tendencia en la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis*, a lo largo de todas las temporadas. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El signo “+” representa la Fase El Niño, “•” Fase Neutral y “-” la Fase La Niña. En número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente. **47**

Figura 20: Serie de cambios temporales de los valores del Índice Decadal del Pacífico (PDO), desde enero de 1900 a febrero de 2013. El área marcada con la línea negra corresponde al intervalo de tiempo de este trabajo. Imagen tomada de <http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>..... **48**

LISTA DE TABLAS

Tabla I: Grupos Homogéneos (comparaciones múltiples <i>a posteriori</i> de Nemenyi) para las abundancias mensuales de <i>P. nigricollis</i> en la Salina de Guerrero Negro	24
Tabla II: Porcentaje de aves invernantes en ESSA, utilizando la máxima abundancia registrada y la estimación del numero poblacional de <i>Podiceps nigricollis</i> en Norte América.....	25
Tabla III: Grupos homogéneos (comparaciones múltiples <i>a posteriori</i> de Nemenyi) para las abundancias de <i>P. nigricollis</i> que ocupan las diferentes áreas de la Salina de Guerrero Negro	26
Tabla IV: Intervalos de temperaturas alcanzados en Guerrero Negro, durante los meses invernales, se muestran los intervalos dentro de las temperaturas máximas y mínimas	36
Tabla V: Fases e intensidades del fenómeno ENSO en todas las temporadas. La clasificación del fenómeno ENSO, se obtuvo de la página web: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml	45

RESUMEN

En Exportadora de Sal (ESSA) una de las especies migratorias más abundantes es el Zambullidor orejón (*Podiceps nigricollis*), la cual está pobremente representada en el ambiente natural. Pese a su abundancia y el incremento de esta en los últimos 20 años (en más de 200%), sólo existe un trabajo específico realizado en el área en una sola temporada. Los aparentes cambios interanuales en la abundancia de esta especie pueden estar relacionados con cambios poblacionales o con factores climáticos. Para analizar las tendencias espacio-temporales del Zambullidor orejón y su relación con dichos factores, se realizaron censos mensuales en las instalaciones de ESSA, de octubre de 2004 a junio de 2012, se recopilaron datos climatológicos, tanto de sitios de estancia otoñal (Gran Lago Salado y Lago Mono), como de invernación (Mar de Salton y Guerrero Negro), además de dos índices climáticos de gran influencia en América del Norte (ONI y PDO). El periodo de mayor abundancia fue de noviembre a abril (invierno) y las áreas de mayor uso dentro de ESSA fueron A5 y A6, dada su abundancia de alimento. Se observó un constante crecimiento de las abundancias invernales, lo que probablemente se relacione con una selección positiva de las aves que invernán en ESSA. Las fases positivas del ONI y el PDO mostraron un efecto negativo en el número de aves que pasan el invierno en ESSA, y en su tamaño poblacional mientras que las fases negativas tuvieron en efecto opuesto. Así la abundancia invernal de esta especie en ESSA debe ser contextualizada con base a los factores climáticos imperantes en el periodo de observación.

Palabras clave: *Podiceps nigricollis*, factores climáticos, índices climáticos, temperatura, lluvias, ESSA.

1. INTRODUCCIÓN

El Zambullidor Orejón (*Podiceps nigricollis*) es la especie más abundante de la familia Podicipedidae (Cullen 1998, Cullen *et. al.* 1999, O'Donnel y Fjeldsa 1997). En el continente Americano se distribuye desde el centro-oeste de Canadá hasta Centroamérica (Jehl 1988, O'Donnel y Fjeldsa 1997, Mlikovsky 2010).

Un ciclo anual típico de esta especie se divide en tres períodos: reproductivo, de muda e invernal. Para la reproducción utiliza lagos dulceacuícolas del sur de Canadá y norte de Estados Unidos (Cullen 1998, Cullen *et. al.* 1999, Hanus *et al.* 2002). La muda se realiza en Mono Lake en California y Great Salt Lake en Utah, donde se congrega el 99% de la población, en esta etapa se realiza la muda de plumas primarias y del plumaje reproductivo (Mahoney y Jehl 1985, Jehl 1988, Cullen 1998). Por último la estancia invernal se realiza desde British Columbia hasta Guatemala en el Pacífico, donde la mayor parte de la población utiliza zonas de aguas saladas: Saltón Sea (California), la zona de grandes islas en el Golfo de California y la salina de Guerrero Negro, en la Península de Baja California (Jehl 1988, Jehl 2001, Jehl y Mckernan 2002, Cuellar 2007).

La salina de Guerrero Negro, forma parte de la Compañía Exportadora de Sal S. A. de C. V. (ESSA), la salina más grande del mundo (Danemann y Carmona 2000, Cuellar 2007). Esta empresa transformó un área que estaba ocupada básicamente por salitrales sometidos a inundaciones ocasionales, en un extenso

sistema de áreas de concentración de diversas profundidades y salinidades, que además ofrece islotes, barras de arena y planicies, sitios que son utilizados por diferentes especies de aves residentes y migratorias como áreas de alimentación, posadero, y zonas de anidación (Carmona y Danemann 1997, Carmona y Danemann 1998, Carmona y Danemann 2000, Danemann y Carmona 2000, Castellanos *et al.* 2001).

La salina forma parte del complejo lagunar Ojo de Liebre-Guerrero Negro-ESSA, localizado dentro de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, que es un eslabón importante en las rutas de las aves acuáticas que hacen uso del Corredor Migratorio del Pacífico (Carmona y Danemann 1998, Carmona y Danemann 2000, SEMARNAP 2000, Cuellar 2007, Martínez 2010).

Dentro de ESSA el grupo más abundante es el de las aves playeras (con aproximadamente el 41% del total de registros; Carmona y Danemann 1998, Danemann *et al.* 2002), incluyendo las dos especies más numerosas (*Calidris mauri* y *Phalaropus lobatus*). La tercer especie en abundancia es el zambullidor orejón (*Podiceps nigricollis*; Carmona y Danemann 1998), con cerca del 14% del total de registros y una abundancia mínima estimada en la temporada 1995-96 de 14, 000 aves.

Por lo que es importante generar información básica sobre la estancia del zambullidor orejón en ESSA, más aun al considerar qué se trata del segundo sitio

en importancia numérica para la invernación de esta especie, más aun al considerar su carácter artificial.

2. ANTECEDENTES

La mayoría de los estudios sobre *P. nigricollis* se han realizado en Canadá y Estados Unidos. De los estudios referentes a su reproducción se sabe que la anidación generalmente se da en colonias de cientos de parejas y ocurre de finales de mayo a principios de julio, sin embargo, la temporada puede extenderse entre abril y agosto (Breault 1990, Boe 1992, 1993, 1994, Janet 1994, Burger y Gochfeld 1995, Hill *et al.* 1995, 1997). También se han descrito el éxito reproductivo, el cortejo y la vocalización (Nuechterlein y Buitron 1992, Buitron y Nuechterlein 1993, Brua 1996, Brua *et al.* 1996, Cullen 1998, Hanus *et al.* 2002), entre otros factores.

Otros estudios se han abocado a describir los cambios anatómicos y fisiológicos que se alternan con sus movimientos migratorios, cambios que incluyen modificaciones en el tamaño del estómago, cantidad de grasa corporal y atrofia e hipertrofia muscular, que en conjunto al cambio simultáneo de las plumas primarias, provocan que estas aves sean incapaces de volar por periodos prolongados, que pueden incluir hasta nueve meses del año (Storer y Jehl 1985, Gaunt *et al.* 1990, Jehl 1988, 1993, 1997, Jehl *et al.* 1999).

Las aves adultas son las primeras en abandonar las áreas de reproducción (Jehl y Henry 2010). Cabe destacar que los movimientos migratorios de esta especie son nocturnos y se realizan en grupos pequeños que descansan durante el día (Jehl 1993, 1998, Cullen 1998, Jehl y Henry 2010), estos movimientos los llevan a los sitios de estancia otoñal, donde ocurre la muda de las plumas primarias y del plumaje reproductivo. La partida de los sitios otoñales a los invernales suele ser asincrónica, por lo que puede extenderse hasta un mes, las razones de la partida se deben a una disminución del alimento (*Artemia* spp.) y a condiciones climáticas poco favorables (Jehl 1988, Jehl y McKernan 2002, Jehl *et al* 1999, Ellis y Jehl 2003).

Por último, la estancia invernal se realiza en dos sitios principalmente, una porción se desplaza hacia Salton Sea y la mayor parte se desplaza hacia el Golfo de California (Mahoney y Jehl 1985, Cullen *et al.* 1999, Jehl *et al.* 1999, Boyd *et al.* 2000, Jehl 2001, Jehl y McKernan 2002, Jehl *et al* 2002).

Un grupo adicional inverna en ESSA (Carmona y Danemann 1998), este grupo, pese a que no es muy destacable numéricamente, llama la atención por pasar el invierno en un ambiente modificado, la salina, pues en él existen condiciones poco comparables con los sitios anteriormente mencionados, como bajas profundidades y altas salinidades (Carmona y Danemann 1998, Cuéllar 2007), alta disponibilidad de alimento y fuertes presiones de depredación (Cuéllar 2007), entre otros.

Pese a lo anterior existen pocos estudios para esta localidad, en los primeros, Carmona y Danemann (1998) mencionan por primera vez la estancia invernal de esta especie y se indica que dentro de ESSA, *P. nigricollis* ocupa el tercer lugar en cuanto abundancia se refiere. Sus abundancias mayores ocurrieron en febrero y marzo con cerca de 14, 000 aves y las menores entre julio y septiembre, época en la que la especie estuvo prácticamente ausente de la zona (Carmona y Danemann 1997).

Carmona y Danemann (1998), también mencionan una separación temporal existente entre *Phalaropus lobatus* y *P. nigricollis*, dos especies que gustan de lagos hipersalinos para su invernación y que aparentemente centran su alimentación en el mismo recurso (*Artemia* spp.). *P. lobatus* presentó mayores abundancias entre septiembre y noviembre, durante una parada de recuperación otoñal, para posteriormente seguir con su migración hacia el sur, en los meses posteriores su abundancia se redujo considerablemente y fue remplazado por *P. nigricollis*, esto resalta la importancia del hábitat artificial generado por ESSA, pues se trata de la única zona en México donde se han registrado abundancias importantes de estas especies, dado el mosaico de salinidades que se presentan.

Cuellar (2007) realizó el primer estudio particular para esta especie dentro de ESSA, durante su estancia no reproductiva (2004-2005). En esta temporada hubo cerca de 16, 000 zambullidores, la mayoría arribó al área entre octubre y noviembre y la abandonaron entre marzo y abril, es decir la salina fue utilizada

como sitio de invernación. Los principales recursos alimenticios de los zambullidores fueron *Artemia* spp. y moscas halófilas (*Ephydra* spp.), por lo que dentro de la salina los zambullidores prefieren las áreas de salinidades intermedias (105 a 125 ‰), donde existen comunidades bien representadas de estas últimas especies. Mediante capturas Cuellar (2007) determinó que la proporción de sexos fue de 1:1, es decir no hubo evidencia de segregación por sexos, aunque los primeros en arribar al área fueron los juveniles. Se presentó una depredación constante y alta, el 6% de los zambullidores fue depredado por la gaviota argétea (*Larus argentatus*).

Por otra parte trabajos realizados en el suroeste de Estados Unidos y noroeste de México han registrado eventos de mortalidad masiva debido a fenómenos climáticos, dichos estudios se han realizado tanto en sitios de invernación como de estancia otoñal y claramente demuestran que la especie presenta una alta susceptibilidad a los cambios meteorológicos (Jehl y Bond 1983, Nishikawa *et al.* 1984, Jehl 1988, 1993, 1996, Boyd y Jehl 1998, Jehl 1998, Jehl y McKernan 2002, Jehl *et al.* 2002, Ellis y Jehl 2003).

3. JUSTIFICACIÓN

El Laboratorio de Aves Marinas del Noroeste de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, ha llevado a cabo un plan de monitoreo mensual de las aves que utilizan las instalaciones de ESSA, desde octubre de 2004 a la fecha. Análisis parciales de la información generada para dos especies (*Limosa fedoa* y

Calidris canutus) han permitido detectar cambios interanuales en el uso del complejo lagunar (Ayala 2010, Arce 2011, respectivamente), en ambos casos se ha planteado la hipótesis de que dichas fluctuaciones están relacionadas con factores climáticos, particularmente con la temperatura ambiente mediante una relación inversa.

Adicionalmente como se comentó, la mayoría de los trabajos sobre *P. nigricollis* se han realizado en Canadá y en Estados Unidos, en México pese a ser el país de mayor importancia para la invernación de esta especie, sólo existe un trabajo específico al respecto (Cuellar 2007), mismo que se realizó con datos generados durante una sola temporada por lo que no permiten detectar posibles cambios en la utilización de ESSA a lo largo de los años.

Diferentes planes nacionales de conservación (por ejemplo Donaldson *et al.* 2001) recomiendan la necesidad de implementar planes de monitoreo para aves migratorias, que incluyan sus sitios de reproducción, áreas de escala crítica y sitios de invernación (Bart 2006). Pero incluso los resultados surgidos de un buen plan de monitoreo, realizado en un área de particular importancia, como lo es ESSA para el Zambullidor orejón, pueden verse afectados por otro tipo de factores (Villaseñor y Santana 2003), sin que obligadamente conlleve una verdadera disminución poblacional. Por ejemplo se pueden observar menores números ocasionados por las características climáticas de una temporada particular. Para poder esclarecer el efecto de factores climáticos en la abundancia de aves, se

requiere de datos continuos a lo largo de al menos cinco temporadas (Atkinson *et al.* 2001).

De hecho la literatura indica que diferencias interanuales en las abundancias pueden ser atribuidas a cambios en diversos factores como régimen de lluvia (Page *et al.* 1979), disponibilidad de hábitat (Page *et al.* 1979, Hayes y Fox 1991), abundancia y disponibilidad de recursos alimenticios (Hayes y Fox 1991), el fenómeno de El Niño (Hubbard y Dugan 2003, O'Hara *et al.* 2007), y cambios en la tasa de supervivencia anual (Sandercock 2003), entre otros. Por ejemplo se ha demostrado la relación existente entre diferentes factores climáticos y los patrones de utilización para las aves playeras del Reino Unido y se comprobó que el viento, la temperatura y la precipitación afectaron su distribución y abundancia (Austin y Rehfishch 2005).

Así se plantea la necesidad de entender el efecto de los factores ambientales en los cambios de la abundancia invernal del zambullidor orejón en un sitio que recurrentemente ha mostrado su importancia (ESSA).

4. OBJETIVO GENERAL

- Analizar las tendencias espacio-temporales de las abundancias del zambullidor orejón (*Podiceps nigriollis*) y su relación con factores climáticos en la Salina de Guerrero Negro B.C.S., México, a lo largo de ocho temporadas

5. OBJETIVOS PARTICULARES

- Compilar la información relativa a la abundancia mensual de *P. nigricollis* durante siete temporadas (2004-05 a 2010-11) y realizar una más (2011-12)
- Determinar potenciales cambios a lo largo de ocho temporadas en cuanto a la distribución espacio-temporal de *P. nigricollis* dentro de la salina de Guerrero Negro.
- Determinar el porcentaje de aves que invernan en la salina de Guerrero Negro a partir de las estimaciones poblacionales de *P. nigricollis* en América del Norte, y si este ha cambiado en las ocho temporadas.
- Realizar una compilación de datos climáticos referentes a temperatura ambiental (máximas, mínimas y promedios mensuales) y niveles de precipitación (mensual y/o anual) en Guerrero Negro.
- Examinar modelos estadísticos que permitan relacionar los factores climáticos con las abundancias de *P. nigricollis*, con el fin de modelar los cambios observados.
- Examinar si las abundancias de *P. nigricollis* en Guerrero Negro son dependientes de condiciones climáticas en otros sitios de importancia en su ruta migratoria.
- Examinar si la abundancia de *P. nigricollis* en Guerrero Negro esté relacionada con fenómenos de variabilidad climática con influencia en América del Norte.

6. ÁREA DE ESTUDIO

La salina de Guerrero Negro se localiza en la costa occidental de la península de Baja California, México, en las inmediaciones de la Bahía Sebastián Vizcaíno (Wyllie 1961). En esta bahía se presentan tres cuerpos de agua: la laguna Manuela (600 ha), la laguna Ojo de Liebre (57, 100 ha) y la laguna de Guerrero Negro (2, 100 ha, Lluch-Cota *et al.* 1993, Fig. 1). Este complejo junto con el desierto del Vizcaíno pertenecen a la Reserva de la Biosfera homónima (SEMARNAP 2000). El clima de la región es árido, con lluvias de invierno que rara vez rebasan los 100 mm anuales (García y Mosiño 1968). La vegetación terrestre está constituida principalmente por matorral xerófilo y en general es baja y dispersa (Rzedowsky 1978).

Aledaño a la laguna Ojo de Liebre se ubica la salina de Guerrero Negro (Fig. 1), un humedal artificial concesionado a la empresa Exportadora de Sal, S.A. de C. V. (ESSA) para la producción de sal a partir de la evaporación solar y eólica de agua de mar. El área que ocupa la salina estuvo constituida por amplias zonas de inundación esporádicas, en 1954 se transformó en un sistema de 18,184 ha de áreas de concentración y 3, 000 ha de vasos de cristalización para la producción de sal. En 1983 se agregaron a este sistema 10, 000 ha de áreas de concentración (ESSA 2004).

El sistema funciona gracias a la existencia de grandes áreas de terreno plano e impermeable, la escasa precipitación pluvial, la alta radiación solar y

viento constante. El proceso de producción de sal consiste básicamente en la concentración de agua de mar a lo largo de 18 áreas hasta obtener una salmuera saturada, una vez obtenida la salmuera ésta es bombeada a los vasos de cristalización donde la sal se precipita y es cosechada (ESSA 2012).

Así el agua de mar es bombeada de la Laguna Ojo de Liebre a las primeras áreas de concentración (**Salitrales 1A** y **Área 1**, indicadas en la Fig. 1 como **S-1A** y **A1**), de ahí el agua fluye por gravedad entre las diferentes áreas de concentración (**A2** a **A13** y **S-1B** a **S-4**, Fig. 1), por medio de compuertas. Debido a la evaporación solar y eólica la concentración de sales aumenta gradualmente, hasta que en las últimas áreas la salinidad alcanza valores cercanos a 250 ‰. El tiempo de recorrido del agua de mar desde el punto de bombeo hasta su llegada a los vasos de cristalización es de dos años (ESSA 2012)

El control del sistema se fundamenta en un bombeo diferencial en función de las variaciones mensuales de evaporación, lo que mantiene niveles y densidades constantes en las diferentes áreas de concentración para garantizar la obtención de salmuera de manera constante y proporcional a la demanda de los vasos de cristalización según la época del año. De esta forma, ESSA produce más de 7 millones de toneladas al año, lo que la convierte en la salina con mayor producción en el mundo (ESSA 2012).

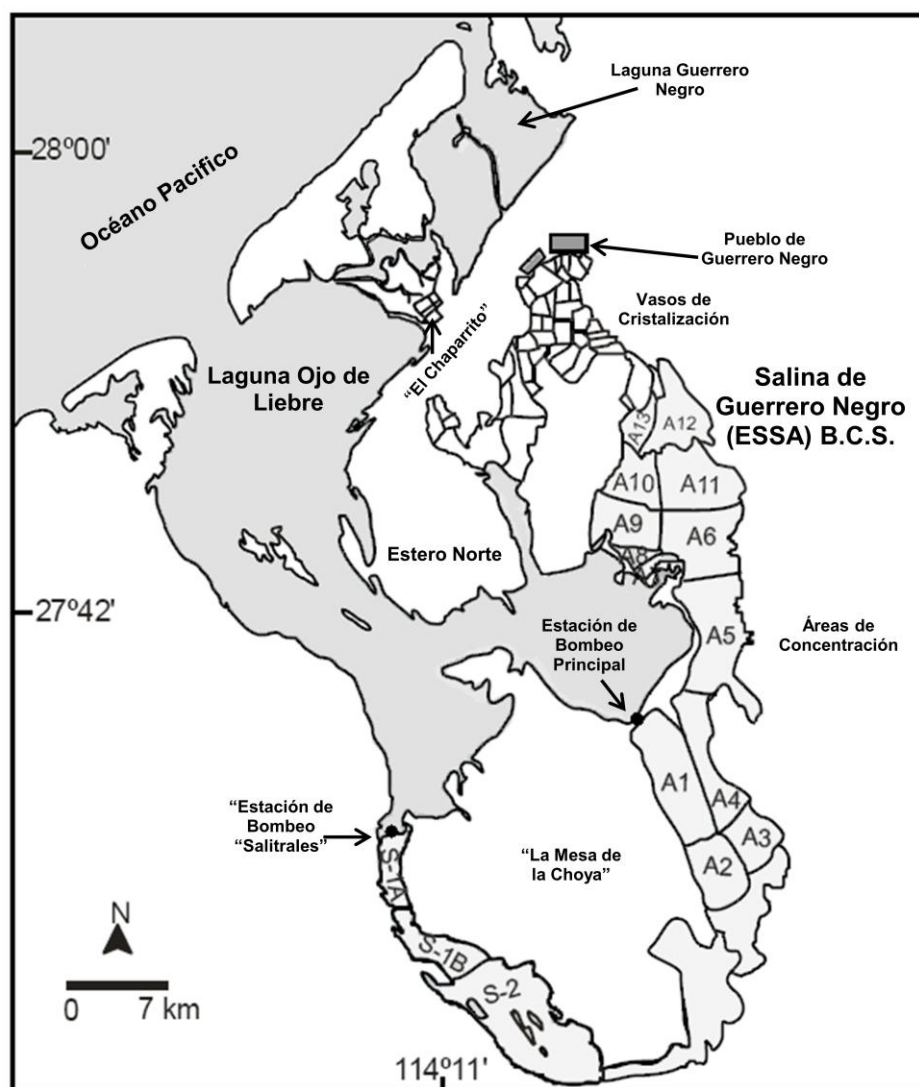
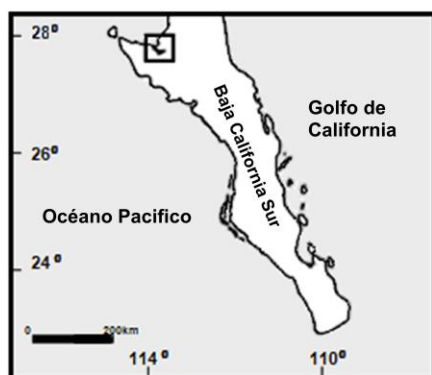


Figura 1: Área de estudio, compuesta por la Empresa Exportadora de Sal (ESSA).

7. MATERIALES Y METODOS

7.1. TRABAJO DE CAMPO

El laboratorio de Aves del Noroeste perteneciente al Departamento Académico de Biología Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, ha realizado censos mensuales desde octubre de 2004, por lo que se cuenta con la información de las siete temporadas anteriores (2004-05 a 2010-11).

A lo largo de estas visitas se ha podido constatar que las aves no utilizan los vasos de cristalización ni las áreas de concentración con las salinidades más altas (de **A10** a **A13**) lo que coincide con lo indicado por Carmona y Danemann (1998), por lo que el trabajo se circunscribió al resto de la zona artificial, las Áreas de concentración 1 a la 9 (**A1** a **A9**) y tres áreas del sistema Salitrales (**S-1A**, **S-1B** y **S-2**; Fig. 1).

En todos los casos para determinar la distribución y abundancia temporal de *P. nigricollis* en ESSA se llevaron a cabo censos mensuales. Las aves se cuantificaron en cada área utilizando binoculares (10x) y telescopio (15-60x). Los individuos se contaron directamente cuando sus números fueron menores a 300, las parvadas mayores fueron estimadas. Para lo anterior se utilizó el método de bloques sugerido por Howes (1989). Dicho método consiste en contar el número de individuos de una parte (bloque) de la parvada, para usarla como medida

estandarizada en la contabilidad del resto de las aves. El tamaño del bloque varió de 10 a 100 individuos dependiendo del tamaño total de la parvada a estimar.

Para realizar los recorridos se utilizó un vehículo para desplazarse a lo largo de los diques que separan las diferentes áreas de concentración. Para la temporada 2011-2012, se siguió la misma metodología.

7.2. ANÁLISIS DE DATOS

Para detectar diferencias significativas entre las abundancias mensuales, se agruparon los meses sin tomar en cuenta las temporadas ni las áreas, de manera que cada mes contó con 96 datos de abundancia (12 áreas por 8 temporadas), con excepción de julio, agosto y septiembre que tuvieron 84 datos (12 áreas por 7 temporadas), pues los censos iniciaron en octubre de 2004, por lo que para la primera temporada no se cuenta con el mismo número de datos que las demás.

Los datos de febrero y enero de las temporadas 2007-08 y 2008-09 fueron omitidos, debido a que presentaron disminuciones importantes en la abundancia, la cual fue provocada por fuertes vientos que se presentaron durante el censo, lo cual aparentemente obligó a las aves a refugiarse en partes poco accesibles de las áreas de concentración. Es pertinente recordar que en invierno los zambullidores son incapaces de volar, por lo que no existe la posibilidad de que hayan abandonado la zona, para posteriormente volver a ella. En consecuencia, en el análisis para detectar los meses de mayor abundancia, enero y febrero

contaron con 84 datos (en vez de 96), igual que julio, agosto y septiembre. Dado que no se cumplió el supuesto de normalidad (ver más adelante), la comparación entre los meses se realizó mediante un análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis (Zar 1999, Siegel y Castellan 2005, Daniel 2008). Se utilizaron pruebas *a posteriori* de Nemenyi para comparaciones múltiples (Zar, 1999, Siegel y Castellan 2005).

Las máximas abundancias que se presentaron en invierno de cada año se relacionaron con los estimados poblacionales de *P. nigricollis* en América del Norte, también anuales (Roberts *et al.* 2013) con el fin de determinar el porcentaje de la población estimada que inverna en ESSA y sus cambios temporales.

Con los meses invernales de mayor abundancia, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis (Siegel y Castellan 2005) para las diferentes áreas, así cada una tenía 48 datos (6 meses por 8 temporadas) inicialmente, pero con la omisión de la información de enero y febrero (2008-09 y 2007-08, respectivamente) comentada, cada área contó con 46. De rechazar la hipótesis nula, se aplicó una prueba *a posteriori* de Nemenyi para comparaciones múltiples (Zar, 1999, Siegel y Castellan 2005). Para detectar posibles cambios temporales en el uso de las áreas más importantes, se realizaron análisis de regresión lineal simple (Daniel 2008), utilizando el promedio de la abundancia invernal de aves que ocupen dicha zona como variable dependiente, y las temporadas como variable independiente.

Para comprobar la relación entre la abundancia de los zambullidores y los factores ambientales, se consideraron los datos de los meses de mayor importancia (invernación) determinados anteriormente y se usaron las abundancias totales mensuales, por lo tanto, inicialmente cada temporada contó con 6 datos, uno por mes (48 en total), tanto de abundancias como de los diferentes factores climáticos. Nuevamente, estos análisis se vieron afectados por la exclusión de datos (enero de 2008-09 y febrero de 2007-08), pasando a 46 datos por temporada.

Se probó la posible existencia de relaciones locales, entre las abundancias invernales de *P. nigricollis* en ESSA y los factores ambientales en el mismo sitio, por medio de una regresión lineal múltiple (Daniel 2008), donde los factores ambientales se emplearon como variables independientes y las abundancias de zambullidores como la variable dependiente. Los factores climáticos utilizados fueron: temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación pluvial.

También se exploró la posibilidad de que la abundancia invernal de zambullidores en ESSA dependiera de las condiciones climáticas de otros sitios de importancia, es decir las áreas de estancia otoñal (Great Salt Lake y Mono Lake) u otra área de invernación importante (Salton Sea), para lo cual se utilizaron análisis similares (regresión lineal múltiple; Daniel 2008), nuevamente las abundancias de zambullidores en ESSA actuaron como variables dependientes y los factores climáticos de los sitios mencionados como variable independiente.

Para los sitios de estancia otoñal se relacionaron las abundancias de los zambullidores en Guerrero Negro para esta estación del año, con los factores climáticos correspondientes al periodo julio-octubre (Jehl 1988), así cada temporada contó con un total de cuatro datos, a excepción de la temporada 2004-05 en la que sólo hubo un dato, ya que los censos comenzaron en octubre (29 en total). Para Salton Sea se realizó éste mismo análisis pero con la información de invierno (los mismos meses que en Guerrero Negro), y con el mismo número de datos (46).

La abundancia de los zambullidores en ESSA se relacionó mediante dos regresiones lineales simples (Daniel 2008), con los valores de dos de los índices climáticos más importantes; (1) el Índice Oceánico del Niño (ONI por sus siglas en inglés, Anexo 1), el cual es la principal fuente para determinar las fases del Fenómeno El Niño-La Niña/Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés, NOAA 2013) en latitudes tropicales, y (2) el Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO por sus siglas en inglés, Anexo 2, Mantua *et al.* 1997, Mantua y Hare 2002), el cual, afecta a latitudes extra-tropicales del Océano Pacífico. También se relacionó la abundancia invernal, con ambos índices combinados (el PDO y ONI), mediante una regresión lineal múltiple (Daniel 2008). En los casos anteriores se emplearon los valores del ONI y PDO como variables independientes y la abundancia invernal de zambullidores en ESSA como variable dependiente.

Se graficaron las abundancias promedio de aves invernantes en Guerrero Negro en las ocho temporadas que ocupa este estudio, mediante una regresión lineal simple (Daniel 2008), para este análisis las abundancias promedio invernales de Guerrero Negro se consideraron como la variable dependiente y las temporadas como variable independiente, por lo que cada temporada contó con un dato. Las fluctuaciones de las abundancias encontradas, se compararon con las diferentes fases de ambos índices, para así determinar si el promedio invernacional de aves en ESSA coincide con las diferentes fases de los fenómenos ENSO y del PDO.

Dado que las regresiones lineales múltiples anteriores contaron con tres variables independientes, no fue posible representar las relaciones con las figuras convencionales, por lo cual se utilizó un diagrama de dispersión, para lo cual se creó una línea recta utilizando la ecuación calculada por el modelo, esta línea se caracterizó por tener ordenada al origen cero y pendiente 1. En las abscisas se representaron las abundancias observadas y en las ordenadas las calculadas. Así la línea recta representa el caso ideal, las abundancias observadas y calculadas serían estrictamente iguales; al colocar en la figura los datos observados, la separación de éstos para con la recta, representa las desviaciones entre los datos y lo propuesto por el modelo.

Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el programa *Statistica 8.0* (StatSoft 2007), a un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0.05$). Inicialmente se

realizaron pruebas *a priori* de normalidad (Kolmogorov-Smirnov; Zar 1999) y homocedasticidad (Cochran; Zar 1999), para validar el uso de estadística paramétrica, en caso de no cumplirse con los supuestos, se emplearon las pruebas no paramétricas equivalentes.

7.3. RECOPIACIÓN DE DATOS CLIMATOLÓGICOS

Inicialmente se realizó la petición de estos datos por escrito a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) del estado de Baja California Sur, México (número de gestión DLBCS-12-0001401), con la cual, la información fue otorgada bajo el oficio No B00.00.E02.05.- 2546, referencia 300812OF-165 (Anexo 3). La base de datos proporcionada incluyó la temperatura ambiental (°C, máximas, promedios y mínimas) y el nivel de precipitación pluvial (mm, mensual), de enero de 2004 a junio de 2012, de la comunidad de Guerrero Negro B.C.S., México (27°57'32"N, 114°03'22"W), ubicada aproximadamente a 15 km de los sitios donde se realizaron los censos en ESSA (Fig. 1).

Los factores climatológicos de los sitios de importancia para *P. nigricollis*, externos a Guerrero Negro, fueron solicitados a la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), cuya base de datos se encuentra disponible en la página web del National Climatic Data Center de la NOAA, <http://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/>. La recopilación se realizó en base a la selección de las estaciones meteorológicas más cercanas a los sitios de interés y que además contaran con los datos requeridos en el trabajo presente (temperatura ambiental y

precipitación), ya que algunas estaciones no contaron con los factores meteorológicos y/o los años de interés, a continuación se mencionan las estaciones meteorológicas seleccionadas.

Mecca Fire Station (33°57'13"N, 116°07'66"W), ubicada aproximadamente a 4.3 km de la orilla más cercana a Salton Sea, en el estado de California (EUA), con identificación GHCND: USC00045502 y con una elevación de -54.9 m sobre el nivel del mar, esta estación registra datos desde 1905 a la fecha.

Lee Vining (37°95'67" N, 119°11'94" W), ubicada aproximadamente a 2.5 km de la orilla más cercana a Mono Lake, en el estado de California (EUA), con identificación GHCND: USC00044881 y con una elevación de 2071.7 m sobre el nivel del mar, esta estación registra datos desde 1988 a la fecha.

Salt Lake City International Airport (40°77'81"N, 111°96'94"W), ubicada aproximadamente a 10 km de la orilla más cercana a Great Salt Lake, en el estado de Utah (EUA), con identificación GHCND: USW00024127 y con una elevación de 1287.8 m sobre el nivel del mar, funcionando desde 1948 a la fecha.

Las bases de datos fueron enviadas por los solicitados al correo electrónico del autor. Únicamente en los datos proporcionados por la NOAA, se realizó una conversión al sistema métrico-decimal, ya que estaban originalmente en el sistema inglés (°F para temperaturas y pulgadas para precipitación pluvial).

La base de datos del ONI, se encuentra disponible del sitio web: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/detrend.nino34.ascii.txt. La base de datos del PDO, se encuentra disponible en el sitio web: <http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>.

8. RESULTADOS

8.1. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL

En todas las temporadas los zambullidores iniciaron su arribo a ESSA en octubre, sin embargo, el número de aves que llegaron en este mes varió considerablemente. Las abundancias mínimas fueron cercanas a 700 zambullidores para la temporada 2005-06, mientras que las máximas correspondieron a la temporada 2007-08 con 20, 000 aves (Fig. 2).

La partida de las aves se observó tan temprano como febrero (2005-06 y 2006-07), aunque se presentó más comúnmente entre marzo y abril (Fig. 2). Para todas las temporadas, mayo fue el último mes de estancia con cantidades considerables, aunque nuevamente se observaron notorias fluctuaciones; por ejemplo en la temporada 2010-11 se observó el mínimo, con menos de 1, 000 aves, mientras que el máximo se presentó en la temporada 2011-12 con 15, 218 zambullidores, en el resto de las temporadas las abundancias de mayo oscilaron entre 2, 000 y 6, 000 aves (Fig. 2).

En la temporada 2009-10 se presentó un comportamiento “anómalo” pues las abundancias fueron incrementando paulatinamente desde octubre hasta abril, cuando se contabilizaron poco más de 28, 000 aves, para descender drásticamente a 6, 000 en mayo, terminando la temporada en junio con poco más de 1, 000 zambullidores (Fig. 2).

Entre junio y septiembre los zambullidores estuvieron prácticamente ausentes del área de estudio, con excepción de la temporada 2009-10, en ésta se contabilizaron poco menos de 3, 000 individuos en julio.

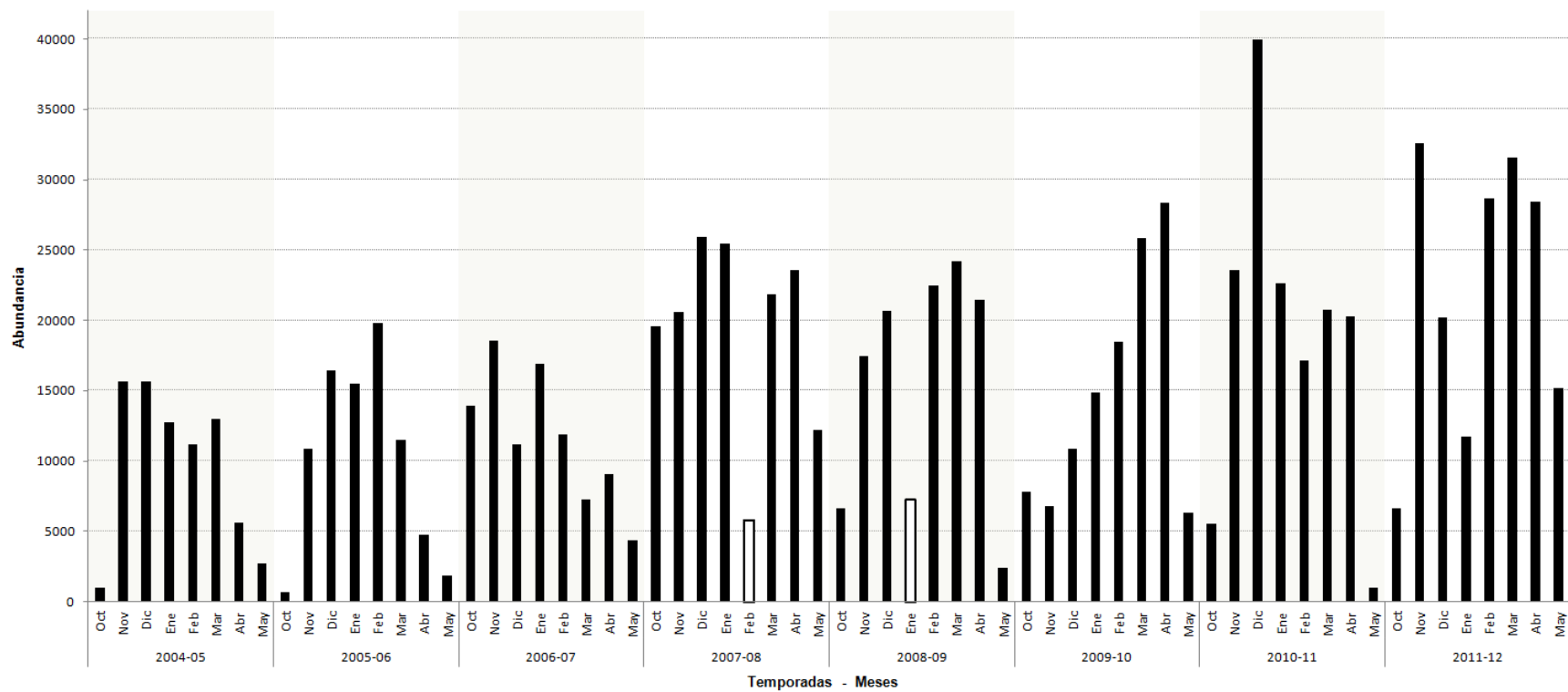


Figura 2: Abundancias mensuales (octubre-mayo) de *Podiceps nigricollis* a lo largo de ocho temporadas, registrada en las instalaciones de Exportadora de Sal, Guerrero Negro. Las barras de diferente color (vacías) indican los meses omitidos para los análisis estadísticos.

Respecto al análisis de las abundancias en los diferentes meses, el análisis *a priori* de normalidad indicó que ningún mes cumplió con este requisito ($p < 0.01$, en todos los casos; Anexo 4). La prueba de Kruskal-Wallis, evidenció una diferencia significativa entre los meses ($H_{11}=175.21$, $p < 0.001$), la comparación múltiple *a posteriori* de Nemenyi indicó la formación de tres grupos homogéneos: el de los meses de abundancias bajas (junio a septiembre), el de abundancias medias (mayo y octubre) y el de los meses de mayor importancia, de noviembre a abril, es decir el invierno e inicios de la primavera (Tabla I).

Tabla I: Grupos homogéneos (comparaciones múltiples *a posteriori* de Nemenyi) para las abundancias mensuales de *P. nigricollis* en la Salina de Guerrero Negro

Mes	Promedio de rangos	Grupos Homogéneos			
		A	B	C	D
Agosto	339.89	*			
Julio	356.41	*			
Junio	408.85	*	*		
Septiembre	428.65	*	*		
Mayo	540.45		*	*	
Octubre	540.70		*	*	
Noviembre	602.90			*	*
Abril	632.50			*	*
Febrero	633.98			*	*
Marzo	667.43			*	*
Diciembre	665.13			*	*
Enero	708.20				*

Las máximas abundancias registradas mostraron en general aumentos constantes en relación a la temporada anterior. La máxima abundancia registrada fue de 40, 000 individuos en 2010-11 (Tabla II). Los números poblacionales estimados por Roberts *et al.* (2013), a la par de la abundancia invernal en ESSA (Tabla II) indican que el porcentaje que representó la fracción de ESSA mostro notorias oscilaciones entre temporadas (Tabla II).

Tabla II: Porcentaje de aves invernantes en ESSA, utilizando la máxima abundancia registrada y la estimación del número poblacional de *Podiceps nigricollis* en Norte América.

Año	Población total en América del Norte (Roberts <i>et al.</i> 2013)	Máxima abundancia en ESSA	% de la población invernante en ESSA
2004	1 003 423	15 687	1.56
2005	2 438 470	19 810	0.81
2006	-	18 581	-
2007	-	25 955	-
2008	1 399 442	24 211	1.73
2009	1 751 331	28 330	1.61
2010	1 486 887	39 999	2.69
2011	3 190 709	31 596	0.99

En cuanto a los análisis *a priori* para las abundancias en las diferentes áreas de concentración, sólo en dos de los 12 casos se cumplió el supuesto de normalidad (Anexo 4), por lo que nuevamente se utilizó estadística no paramétrica. El análisis de varianza de Kruskal-Wallis, confirmó una diferencia significativa en el uso de las áreas ($H_{11}=332.09$, $p<0.001$), las comparaciones

múltiples *a posteriori* de Nemenyi (Tabla III), indicaron que las áreas de mayor importancia numérica para *P. nigricollis* en ESSA fueron **A5** y **A6** (Tabla III), seguidas por áreas de uso intermedio (**A1**, **A4**, **A8**, **S-1A**, **S-1B** y **S-2**, Tabla III) y por último las menos utilizadas (**A2**, **A3**, **A7** y **A9**, Tabla III).

Tabla III: Grupos homogéneos (comparaciones múltiples *a posteriori* de Nemenyi) para las abundancias de *P. nigricollis* que ocupan las diferentes áreas de la Salina de Guerrero Negro

Área	Promedio de rangos	Grupos Homogéneos				
		A	B	C	D	E
A2	99.89	*				
A3	157.17	*	*			
A7	184.92	*	*			
A9	158.42	*	*			
S-1A	211.13	*	*	*		
S-2	216.43		*	*		
A1	308.37			*	*	
A8	316.59			*	*	
S-1B	353.98				*	
A4	331.55				*	
A6	470.45					*
A5	509.09					*

Para cada temporada las áreas mostraron variaciones en su uso, pero únicamente en orden de importancia (del porcentaje acumulado), pero el patrón grupal anterior fue respetado (Fig. 3). Hubo áreas que, por temporada, no fueron utilizadas, la más común a este respecto fue **A2** para las temporadas

2004-05, 2005-06, 2010-11 y 2011-12, seguida por **A9** en 2005-06 y 2011-12 y por **S-1A** en 2004-05 y **A3** en 2009-10 (Fig. 3).

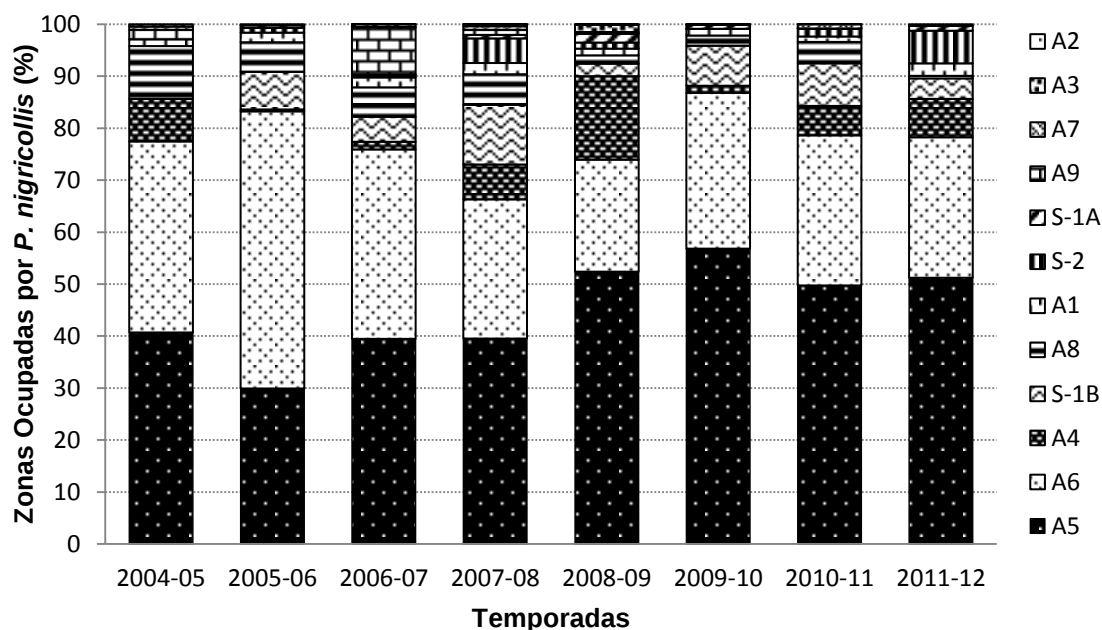


Figura 3: Porcentaje acumulado de las zonas ocupadas por *P. nigricollis* en diferentes temporadas, en la Salina de Guerrero Negro.

Al iniciar su arribo (octubre) los zambullidores llegaron principalmente a **A5**, esta zona presentó las mayores abundancias de todo el sistema en seis de las ocho temporadas analizadas, en las dos restantes (2006-07 y 2007-08) las aves llegaron en mayores números a **A6**. En el Sistema de Salitrales, **S-1B** presentó regularmente los números mayores, pero las aves arribaron inicialmente a **S-2**.

Los meses invernales que presentaron los mayores números de aves para las diferentes temporadas y áreas fueron variados. Enero fue el que

presentó mayor número de áreas con abundancias máximas, seguido por marzo, diciembre, febrero, abril y noviembre, en ese orden. Sin embargo, al hacer una sumatoria del total las aves que invernaron en ESSA por cada temporada, diciembre fue el que presentó mayor importancia numérica, seguido por marzo, noviembre, marzo, febrero y enero, estos últimos meses fueron los más bajos (Fig. 4).

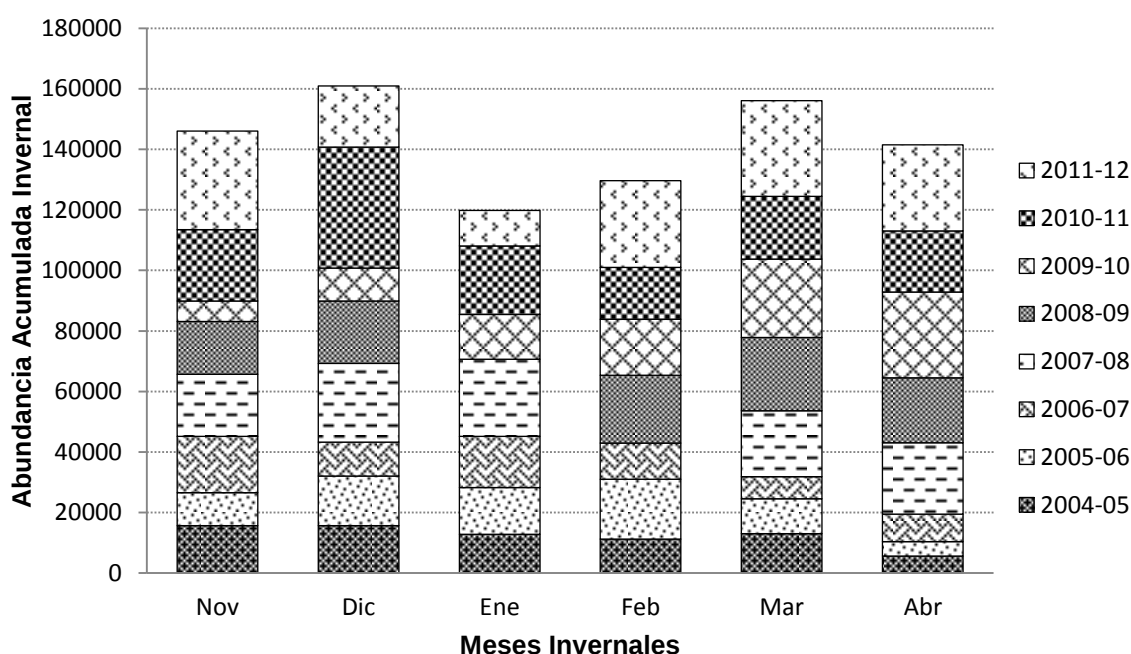


Figura 4: Abundancia acumulada en todas las áreas de ESSA durante los meses invernales, en cada una de las temporadas. No se incluyen los meses omitidos (febrero-2007-08 y enero-2008-09).

Únicamente en dos temporadas (2007-08 y 2008-09) **A5** permaneció durante todo el invierno como la zona con el mayor número de aves, en estas temporadas conforme avanzó el invierno, los zambullidores de las áreas

circundantes disminuyeron su número a la par que la abundancia en **A5** aumentó

En el sistema de salitrales, los movimientos se dieron aparentemente entre las tres áreas censadas, únicamente en la temporada 2004-05 no se registraron aves en todo este sistema durante el invierno. En cuatro temporadas (2006-07, 2007-08, 2009-20 y 2010-11) **S-1B** presentó los mayores números de este sistema, con un aumento de abundancia conforme avanzó el invierno, mientras que en **S1-A** y **S-2** disminuyeron a la par.

Al observar el comportamiento temporal de las abundancias promedio, en las zonas requeridas para acumular más del 95% de los registros realizados en ESSA (**A5**, **A6**, **A4**, **S1-B**, **A8** y **A1**), se observó que éstas no fueron ocupadas de manera homogénea a lo largo de las temporadas.

Así **A5** presentó un aumento significativo del promedio invernal ($F_{1,6}=40.29$; $r^2=0.87$; $p<0.001$), cada temporada la abundancia aumentó en promedio 1, 300 individuos (Fig. 5), la máxima abundancia en esta zona fue de c.a. 25, 000 zambullidores en la temporada 2011-12.

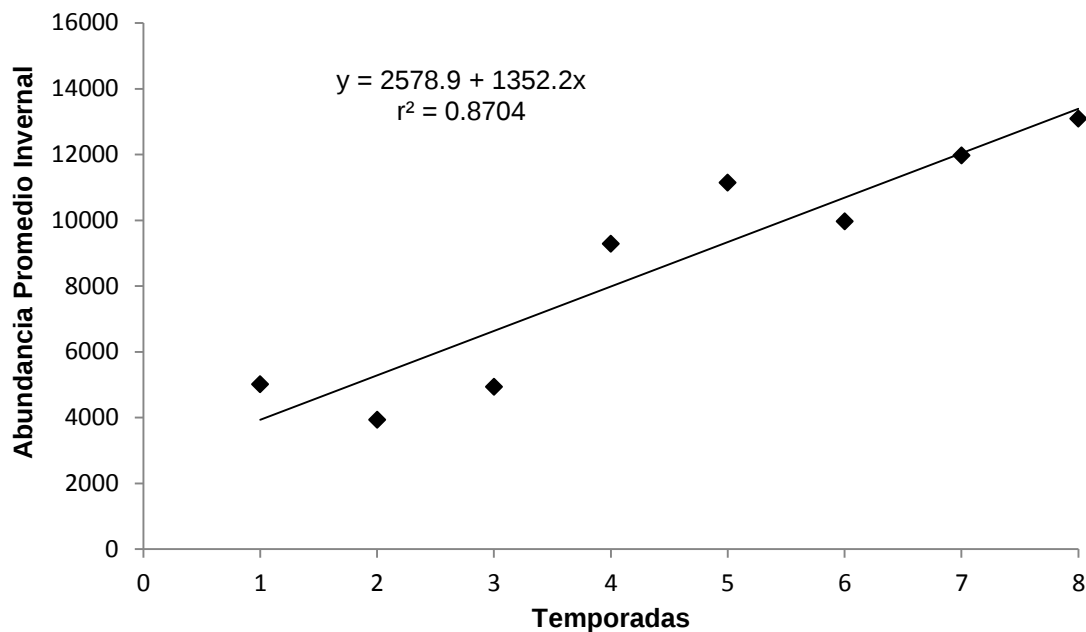


Figura 5: Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en **A5** por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06, y así subsecuentemente.

La segunda zona en importancia, **A6**, aparenta tener un aumento en la abundancia promedio invernal, sin embargo, éste no fue significativo ($F_{1,6}=1.30$; $r^2=0.17$; $p=0.29$). La tendencia indica que en cada temporada **A6** fue ocupada por 200 aves más que la temporada anterior (Fig. 6). **A6** normalmente no superó los 12, 000 zambullidores, sólo en dos ocasiones (febrero de 2005-06 y diciembre de 2010-11) se registraron más de 14, 000 individuos.

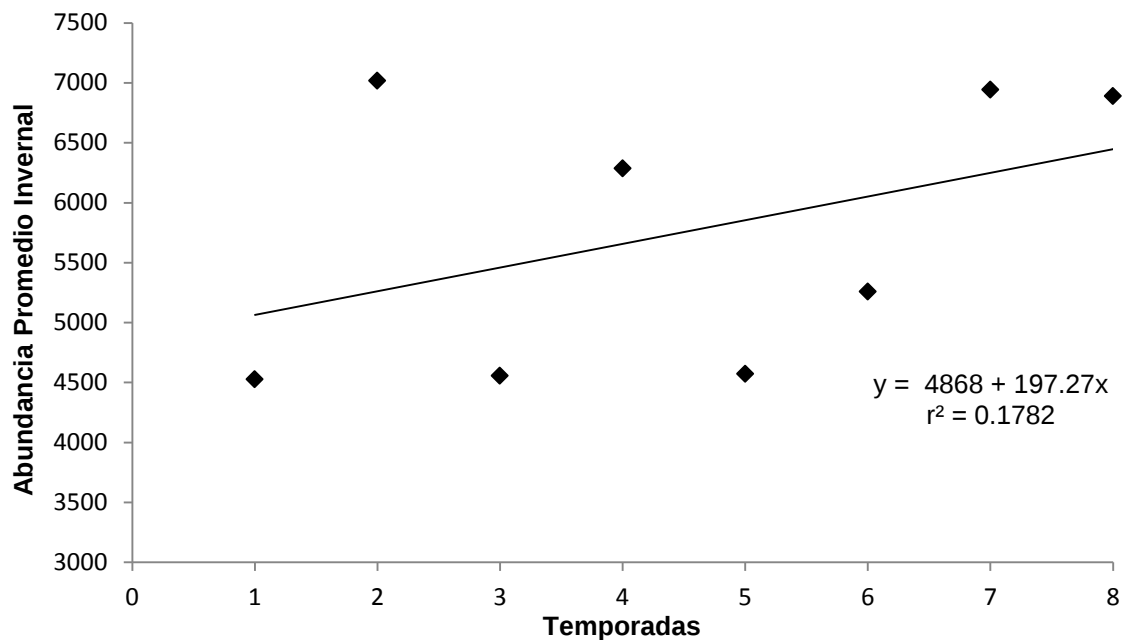


Figura 6: Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en **A6** por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente.

En **A4** tampoco se observaron cambios significativos en la abundancia promedio de zambullidores ($F_{1,6}=1.01$; $r^2=0.14$; $p=0.35$), cada temporada el área fue ocupada por aproximadamente 180 individuos más que la temporada anterior (Fig. 7). El número de zambullidores que ocuparon la zona fue variable en comparación con las otras áreas, ya que en algunas temporadas (2005-06, 2006-07 y 2009-10) fue ligeramente mayor a 500 individuos y en otras (2004-05, 2007-08, 2008-09, 2010-11 y 2011-12) llegaron a números superiores a 1, 500 zambullidores. Es importante resaltar que en sólo dos ocasiones la abundancia de aves en esta área fue superior a 8, 000 zambullidores (2008-09

y 2010-11). El número mayor registrado en esta zona fue cercano a 11, 000 aves.

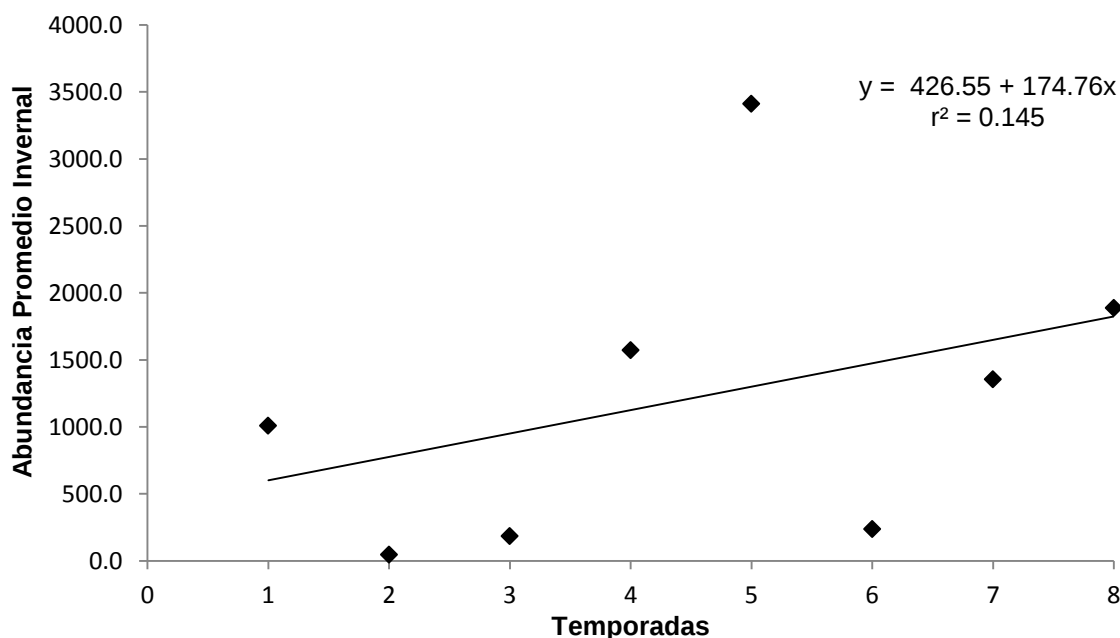


Figura 7: Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en **A4** por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente.

Tampoco **S1-B** mostró cambios temporales significativos ($F_{1,6}=1.27$; $r^2=0.17$; $p=0.30$, Fig. 8). De igual forma que en **A4**, el número de zambullidores que ocuparon **S1-B** presentaron notorias variaciones, en la primera temporada (2004-05) no se presentaron aves en los meses invernales, en las temporadas posteriores los números variaron entre 50 y 9, 000 individuos, este último número fue el máximo registrado en el área.

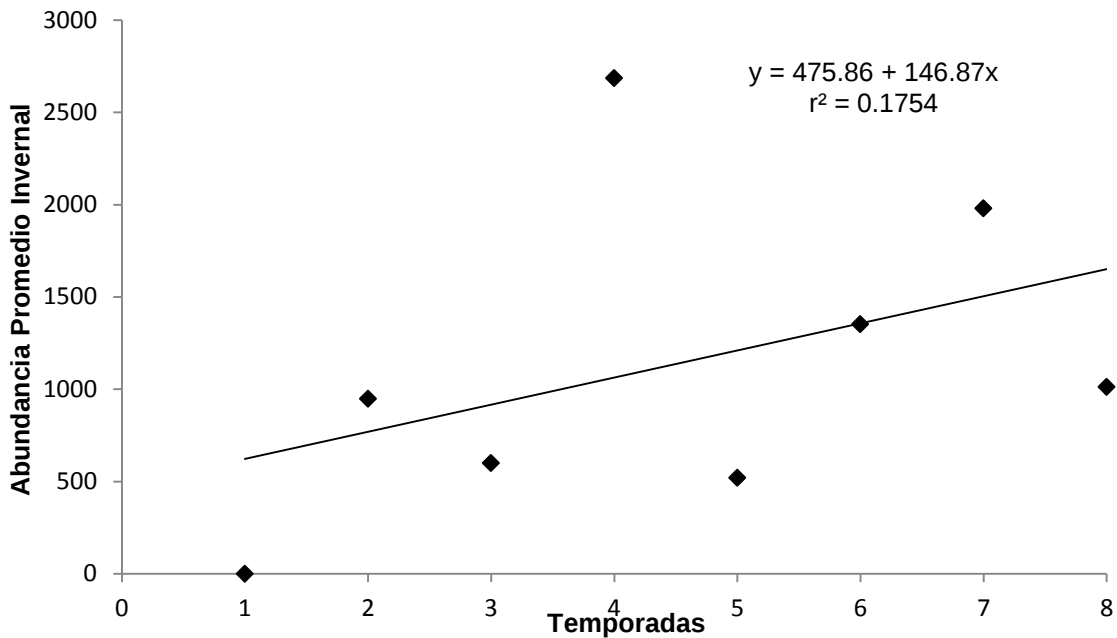


Figura 8: Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en **S-1B** por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente.

A8 aparenta tener una disminución en el número de aves que la ocuparon, pero esta tendencia no fue significativa ($F_{1,6}=2.89$; $r^2=0.32$; $p=0.13$); cada temporada **A8** fue ocupada por 100 aves menos que en la temporada anterior (Fig. 9). Las abundancias registradas normalmente variaron entre cero y 2, 100 zambullidores en los meses invernales, sólo en dos ocasiones superaron los 3, 000 individuos (2004-05 y 2010-11), la abundancia máxima registrada fue de 5,500 aves en enero de la temporada 2010-11.

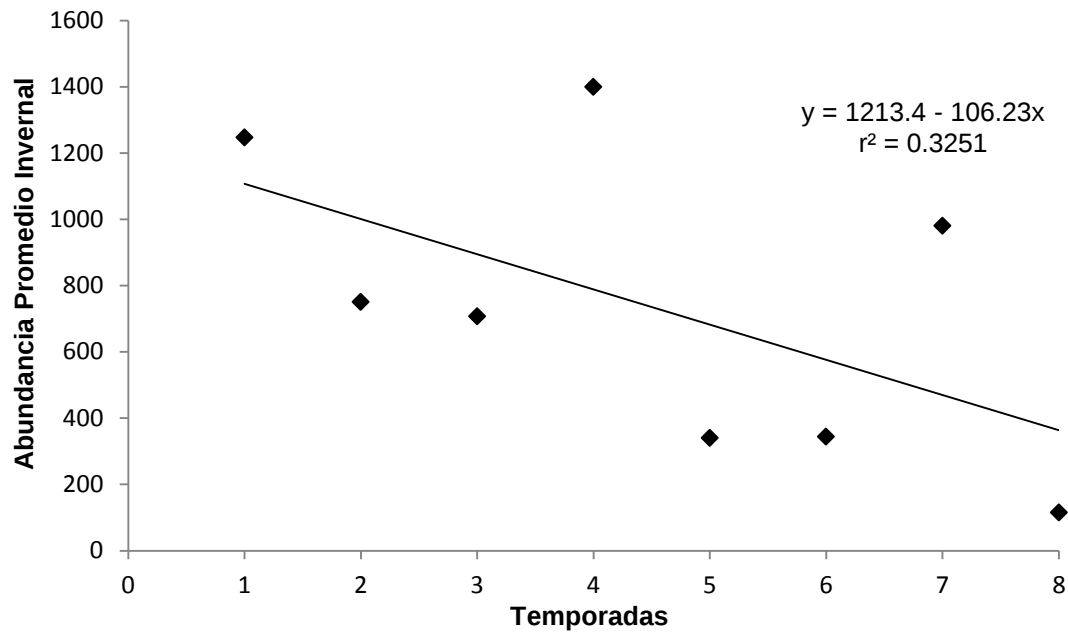


Figura 9: Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en **A8** por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente.

Por último, en **A1** no se presentaron cambios temporales significativos ($F_{1,6}=2.56$; $r^2=0.29$; $p=0.16$, Fig. 10), la abundancia en este área varió entre cero y 600 aves, la zona presentó un aumento insignificante, según el modelo, pues en cada temporada arribarían 40 aves más que en la temporada anterior.

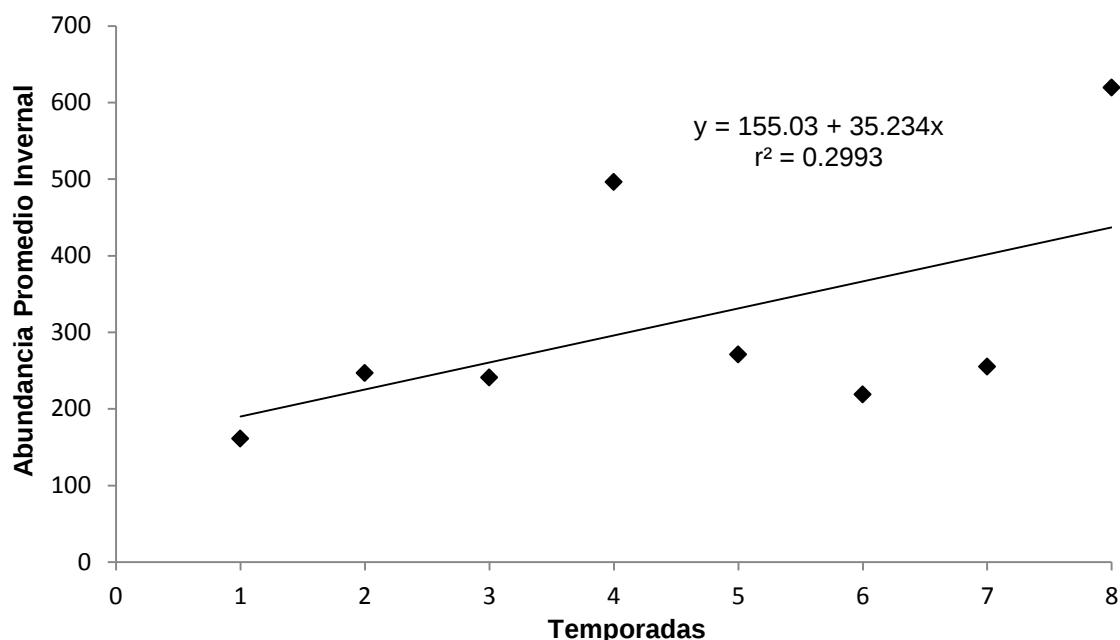


Figura 10: Tendencia de la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis* en **A1** por temporada. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente.

8.2. RELACIÓN ABUNDANCIA- FACTORES CLIMÁTICOS

8.2.1. Guerrero Negro

Las temperaturas invernales de Guerrero Negro presentaron notorias variaciones, el recorrido general fue de 0 a 34°C (Tabla IV). Al considerar los promedios invernales, el invierno más cálido correspondió a la temporada 2008-09 con un promedio general de casi 22°C, seguido por 2009-10 con 20°C, mientras que los inviernos más fríos correspondieron a las temporadas 2004-05 y 2006-07, con promedios generales de 18 y 18.5°C respectivamente.

Tabla IV: Intervalos de temperaturas alcanzados en Guerrero Negro, durante los meses invernales, se muestran los intervalos dentro de las temperaturas máximas y mínimas

Temporada	Temperatura °C			
	Máxima Max.	Máxima Min.	Mínima Max.	Mínima Min.
2004-05	34	29.5	5.5	1.5
2005-06	36.5	31.5	10	1
2006-07	37	30	18.5	0.1
2007-08	41.5	31	8.5	0
2008-09	36.5	18	12	6
2009-10	35	18	9.5	5.5
2010-11	41	16	10	2
2011-12	34	17	8	0

La precipitación pluvial más intensa ocurrió entre noviembre y febrero en todas las temporadas, la mayor cantidad de lluvia se presentó en diciembre de la temporada 2007-08, con 75 mm, ésta temporada fue la que alcanzó también el máximo valor con 157 mm de precipitación total durante los meses invernales, mientras que las temporadas más secas fueron 2005-06 y 2006-07 con apenas 7 mm de lluvia invernal.

El análisis *a priori* de normalidad indicó que los datos correspondientes a las abundancias de zambullidores y los factores climáticos de Guerrero Negro cumplieron este requisito (Anexo 5), justificando así el uso de una regresión múltiple, ésta última confirmó que no existe relación entre las abundancias de Guerrero Negro con los factores ambientales del mismo sitio ($F_{3,42}=0.31$; $R^2=0.02$; $p=0.81$, Fig. 11).

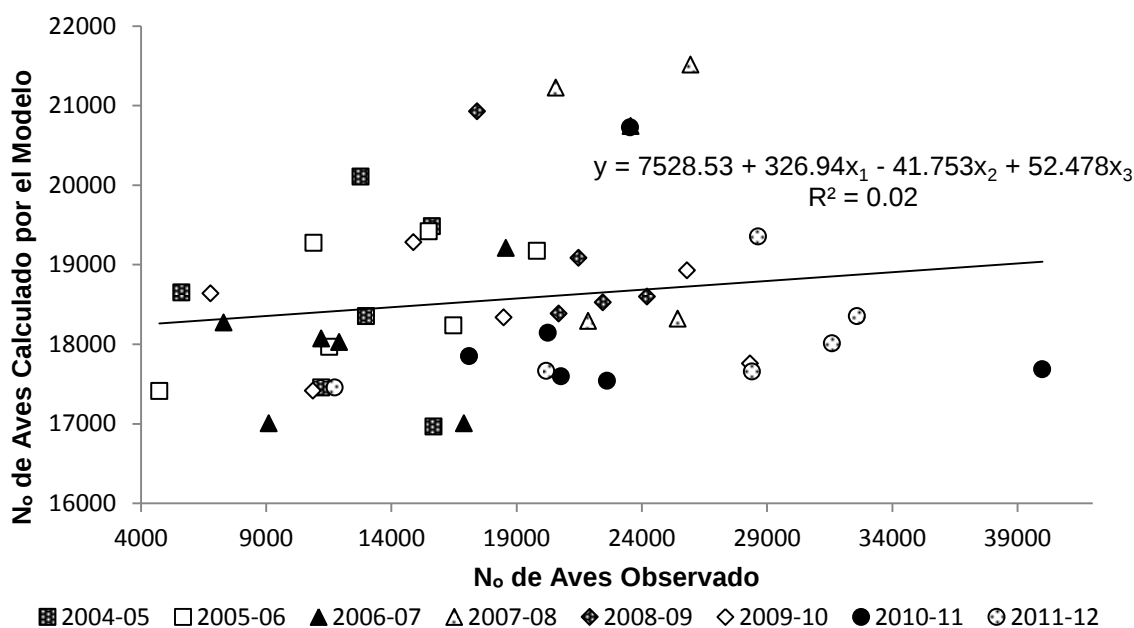


Figura 11: Relación predicha por el modelo de regresión múltiple, entre los factores climáticos y el número de aves observado en Guerrero Negro, durante el invierno. Se muestra la ecuación, así como el coeficiente de determinación obtenidos en el modelo. En la ecuación x_1 =Temperatura máxima, x_2 =Temperatura mínima, x_3 =Precipitación pluvial.

8.2.2. Sitios externos a Guerrero Negro

Todos los sitios, tanto de estancia otoñal como de invernación, los supuestos de normalidad y homocedasticidad fueron cumplidos (Anexo 6).

Los sitios de muda de *P. nigricollis*, son más fríos y presentan mayor precipitación durante los meses invernales (noviembre a abril), en cambio durante el otoño (julio a octubre) los factores climáticos fueron similares a los encontrados en ESSA durante el invierno. En otoño, tanto en Guerrero Negro como en Salton Sea, se presentan intervalos de temperaturas de 10 y 44°C, con prácticamente ausencia de lluvias, y la abundancia de aves fue mínima. A finales de octubre los zambullidores iniciaron sus movimientos a los sitios de

invernación, lo que se vio reflejado en el incremento de las abundancias de *P. nigricollis* observadas en Guerrero Negro (Fig. 2).

Salton Sea, otro sitio de invernación importante de *P. nigricollis*, fue climáticamente similar a Guerrero Negro, los intervalos de temperatura fueron de 2 a 31°C, la temporada 2008-09 fue la más cálida con 17.5°C en general durante los meses invernales, mientras que la más fría fue 2011-12 con un promedio de 15°C. El periodo con lluvia más intensas nuevamente incluyó de noviembre a febrero, con excepción de la temporada 2011-12 donde se extendió hasta abril, la mayor cantidad de lluvia mensual fue en enero de 2009-10 con 85mm, pero la temporada que presentó mayor cantidad de lluvia invernal fue 2004-05 con 137 mm, mientras que la más seca fue 2005-06 donde prácticamente no hubieron lluvias invernales.

El análisis no mostró relación entre las abundancias invernales en ESSA y los factores climáticos de Salton Sea ($F_{3,41}=0.48$; $R^2=0.03$; $p=0.69$, Fig. 12), en este caso los datos de abril de la temporada 2011-12 fueron omitidos, ya que la estación seleccionada no contaba con la temperatura en este mes.

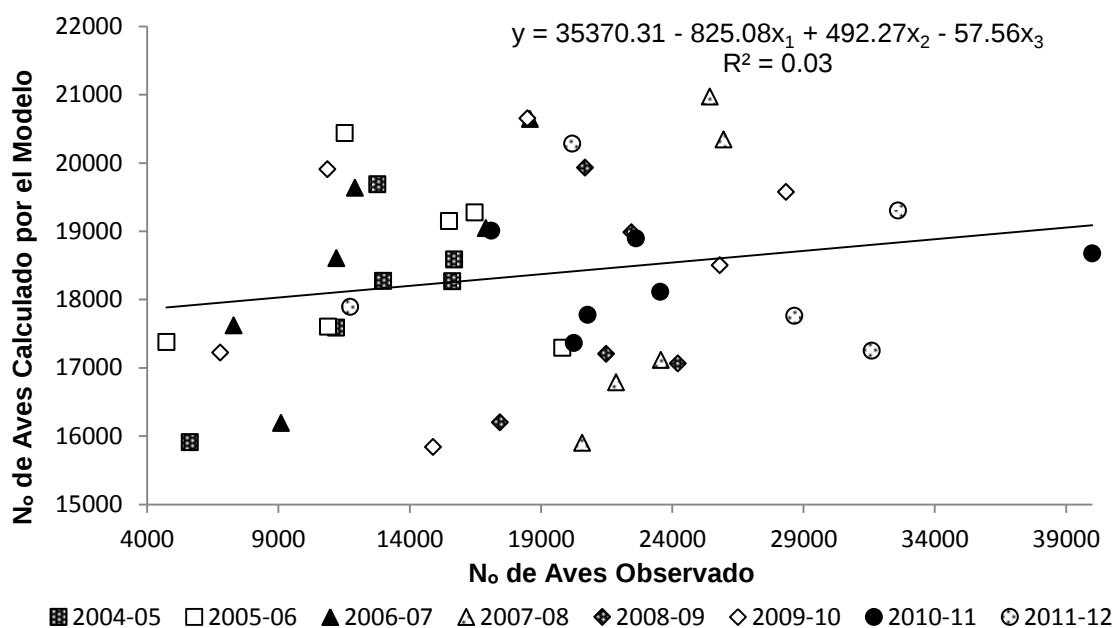


Figura 12: Relación predicha por el modelo de regresión múltiple, entre los factores climáticos de Salton Sea y el número de aves observado en Guerrero Negro, durante el invierno. Se muestra la ecuación y el coeficiente de determinación obtenidos en el modelo. En la ecuación x_1 =Temperatura máxima, x_2 =Temperatura mínima, x_3 =Precipitación pluvial

En el primer sitio de muda, Moño Lake, los intervalos de temperatura otoñal fluctuaron entre 1 y 30°C, las temporadas con el otoño más cálido correspondió a 2011-12 y 2008-09 con un promedio general ligeramente mayor a 17°C, y el más frío a 2006-07 con un promedio de 16°C. Respecto a la precipitación, los meses donde se presentaron las lluvias más intensas fueron de agosto a octubre, aunque para cuatro temporadas (2006-07, 2007-08, 2010-11 y 2011-12) también se incluyó julio, la mayor cantidad de lluvia se presentó en octubre de 2010-11 con 94 mm, mientras que la temporada más lluviosa fue 2010-11 con más de 26 mm de precipitación promedio, y la de menor precipitación con menos de 2 mm fue 2008-09.

El análisis de la relación de los factores climáticos de este sitio con las abundancias en Guerrero Negro en otoño (julio a octubre) mostró una relación significativa entre estas variables ($F_{3,25}=6.09$; $R^2=0.42$; $p=0.002$, Fig. 13).

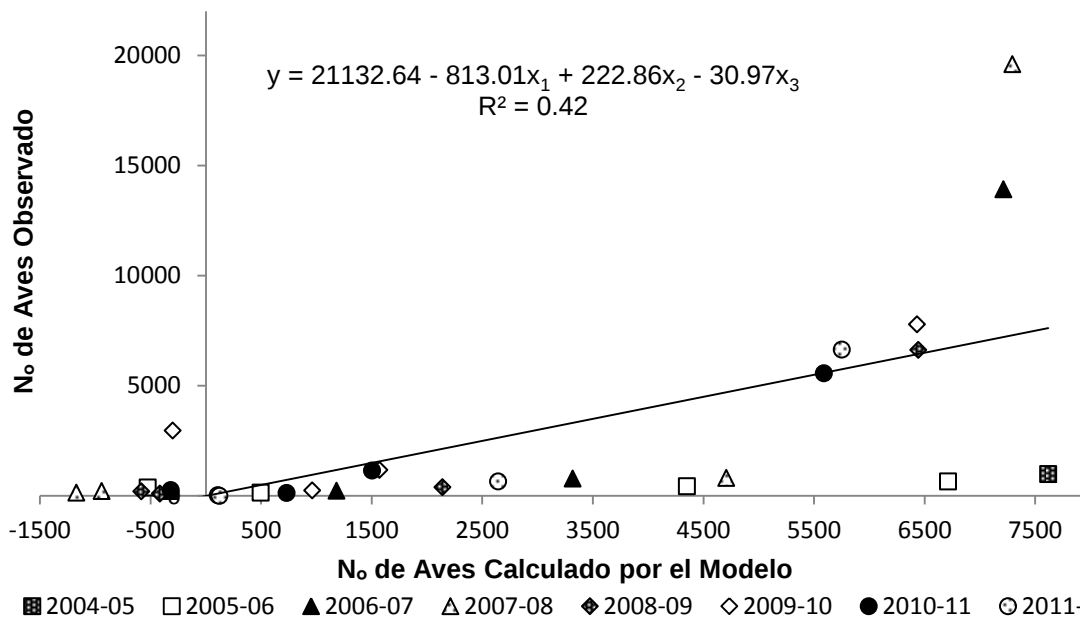
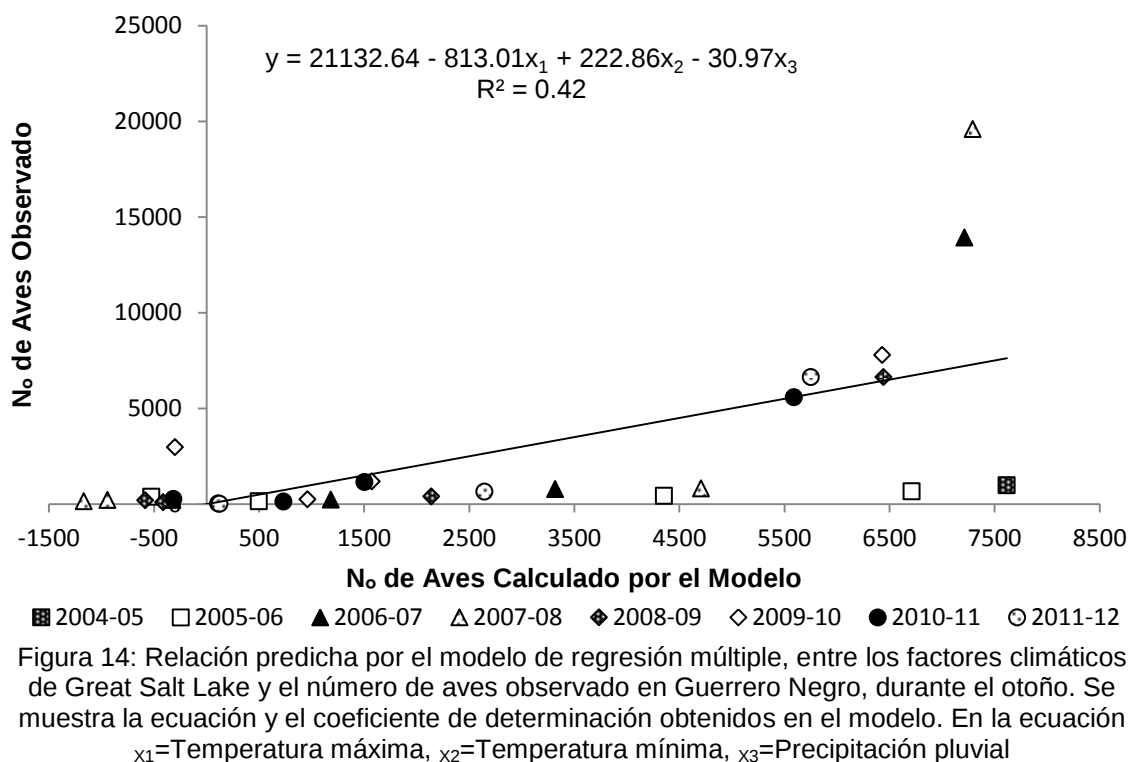


Figura 13: Relación predicha por el modelo de regresión múltiple, entre los factores climáticos de Mono Lake y el número de aves observado en Guerrero Negro, durante el otoño. Se muestra la ecuación y el coeficiente de determinación obtenidos en el modelo. En la ecuación x_1 =Temperatura máxima, x_2 =Temperatura mínima, x_3 =Precipitación pluvial

Por último, en Great Salt Lake, el intervalo de temperatura fue de 4 a 36°C durante el otoño, la temporada otoñal más cálida fue la 2007-08 con 21.5°C, y la más fría fue 2006-07 con 20°C. La mayor precipitación nuevamente ocurrió de agosto a octubre. La temporada con mayor lluvia mensual fue 2004-05, con 88 mm totales, mientras que la temporada más lluviosa fue 2007-08 con 27 mm de lluvia promedio y la que presentó menor precipitación fue 2005-06 con 13 mm. De igual forma que en Mono Lake, hubo una relación significativa

entre los factores climáticos de este sitio y las abundancias de *P. nigricollis* en Guerrero Negro en otoño (julio a octubre) ($F_{3,25}=7.48$; $R^2=0.47$; $p<0.001$, Fig. 14).



8.2.3. Índices climáticos

Todos los valores mensuales del ONI cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Anexo 7), por lo que se justificó el uso de una regresión lineal simple, la cual comprobó una relación significativa entre el ONI y las abundancias de *P. nigricollis* en Guerrero Negro ($F_{1,44}=10.50$; $r^2=0.19$; $p=0.002$). El análisis indicó una relación negativa entre los valores del ONI y la abundancia de zambullidores en el sitio de interés, esto es, mientras el ONI sea

mayor (mayor temperatura) menor será la abundancia de zambullidores que llegan a Guerrero Negro (Fig. 15).

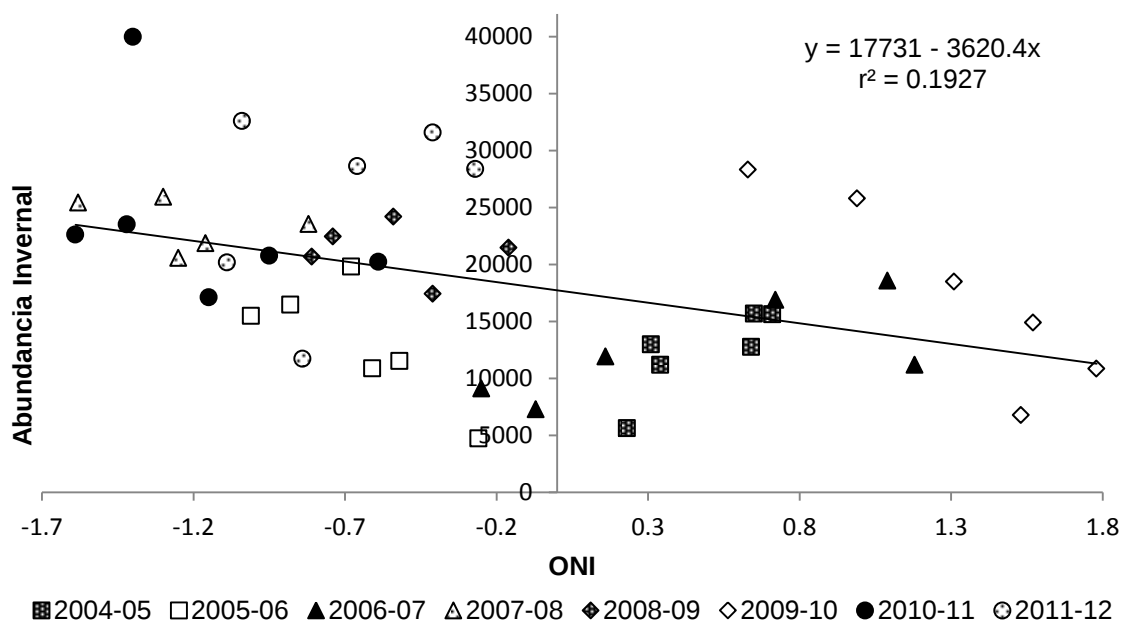


Figura 15: Relación entre las abundancias máximas invernales de *P. nigricollis* y los valores del Índice Oceánico del Niño (ONI) correspondiente a los meses invernales de todas las temporadas. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación.

Los valores mensuales del PDO también cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Anexo 7), justificando el uso de una regresión lineal simple, la cual comprobó una relación significativa entre el PDO y las abundancias de *P. nigricollis* en Guerrero Negro ($F_{1,44}=11.88$; $r^2=0.21$; $p=0.001$). Nuevamente se presenta una relación negativa entre los valores del PDO y la abundancia invernal de zambullidores en el sitio de interés, mientras el PDO sea mayor (mayor temperatura) menor será la abundancia en ESSA (Fig. 16).

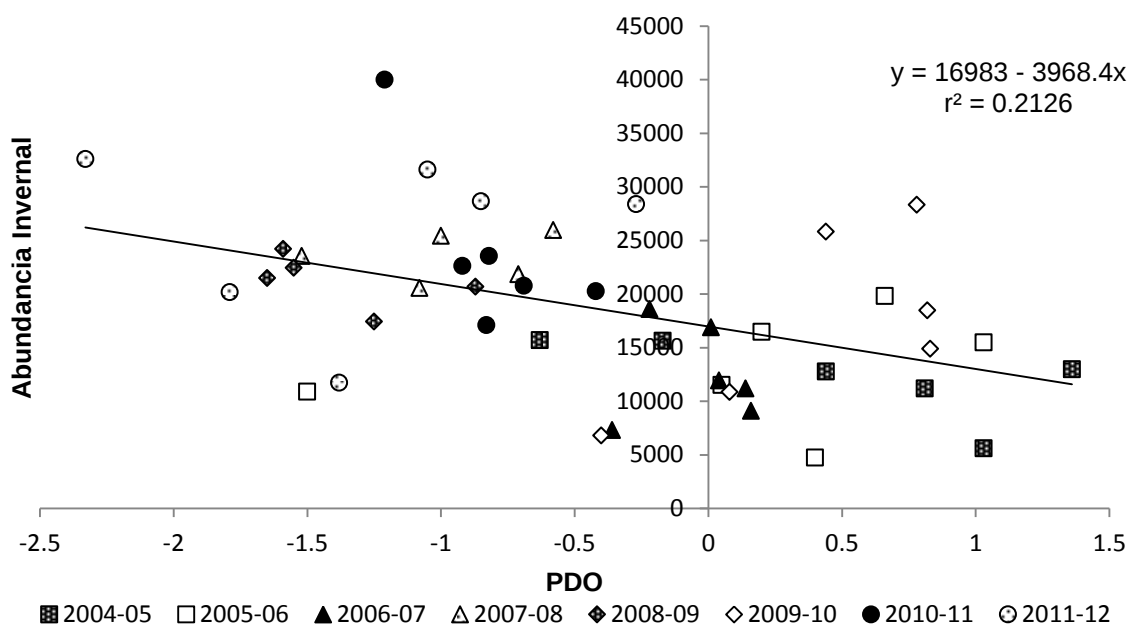


Figura 16: Relación entre la abundancias máximas invernales de *P. nigricollis* y los valores del Índice Decadal del Pacífico (PDO) correspondiente a los meses invernales de todas las temporadas. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación

Al conjuntar ambos índices (ONI y PDO) para explicar los cambios en las abundancias invernales de los zambullidores en ESSA (regresión lineal múltiple) hubo una ligera mejoría ($F_{1,44}=7.62$; $R^2=0.26$; $p=0.001$, Fig. 17) con respecto a las regresiones lineales simples.

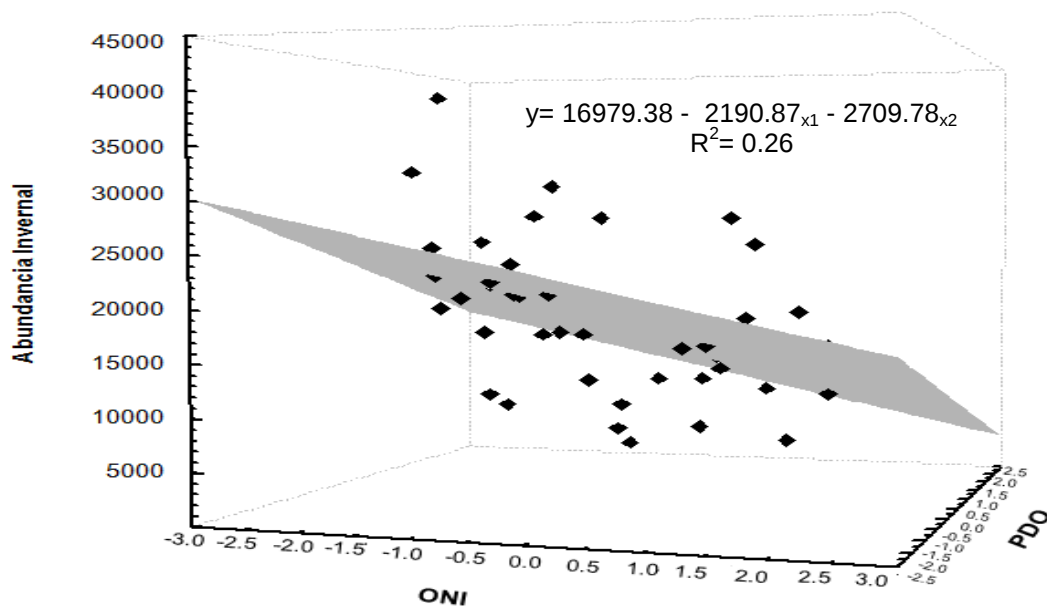


Figura 17: Relación entre las abundancias máximas invernales de *P. nigricollis* en ESSA y los índices climáticos ONI y PDO. Se muestra el plano de regresión, la ecuación obtenida y el coeficiente de determinación. En la ecuación $x_1=ONI$ y $x_2=PDO$.

Las abundancias promedio invernales de zambullidores que llegan a Guerrero Negro, presentaron un incremento significativo a lo largo del período que abarcó este trabajo ($F_{1,6}=14.29$; $r^2=0.70$; $p=0.009$), en promedio cada temporada llegaron poco más de 1, 900 aves, respecto a la temporada inmediata anterior. Las fluctuaciones de la abundancia invernal promedio presentadas entre cada temporada han coincidido con las fluctuaciones en los valores de los índices ONI (Fig. 18) y del PDO (Fig. 19) en forma inversa, es decir, las disminuciones de los valores en ambos índices coincide con los incrementos en las abundancias invernales promedio de zambullidores en ESSA.

De acuerdo a la NOAA en el período cubierto por el trabajo presente se incluyen tres fases ENSO positivas mejor conocido como El Niño (2004-05, 2006-07 y 2009-10; Tabla V) una fase neutral (2008-09; Tabla V) y cuatro fases negativas conocido como La Niña (2005-06, 2007-08, 2010-11 y 2011-12; Tabla V).

Tabla V: Fases e intensidades del fenómeno ENSO en todas las temporadas. La clasificación del fenómeno ENSO, se obtuvo de la página web: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Temporadas	Fase ENSO	Intensidad ENSO
2004-05	El Niño	Débil
2005-06	La Niña	Débil
2006-07	El Niño	Débil
2007-08	La Niña	Moderado
2008-09	Neutral	
2009-10	El Niño	Moderado
2010-11	La Niña	Fuerte
2011-12	La Niña	Moderado

Al relacionar los aumentos de la abundancia promedio invernol de zambullidores con las fases del fenómeno ENSO, se observó que cuando ocurrió una fase El Niño o Neutral se presentó un decremento de la abundancia promedio invernol, inclusive la abundancia promedio menor (12, 300 aves, Fig.18) se localizó en la temporada 2004-05, misma que está catalogada como una temporada El Niño (Tabla V).

En contraparte con la fase La Niña típicamente aumentó la abundancia, incluso en la temporada 2010-11 que fue la única donde se produjo un evento de intensidad “fuerte” (Tabla V), se presentaron las mayores abundancias de este estudio (40, 000 aves; Fig. 2), para la temporada de 2011-12, La Niña continuó y fue en esta última temporada donde se registraron las mayores abundancias promedio invernales en ESSA (25, 500 aves; Fig. 18).

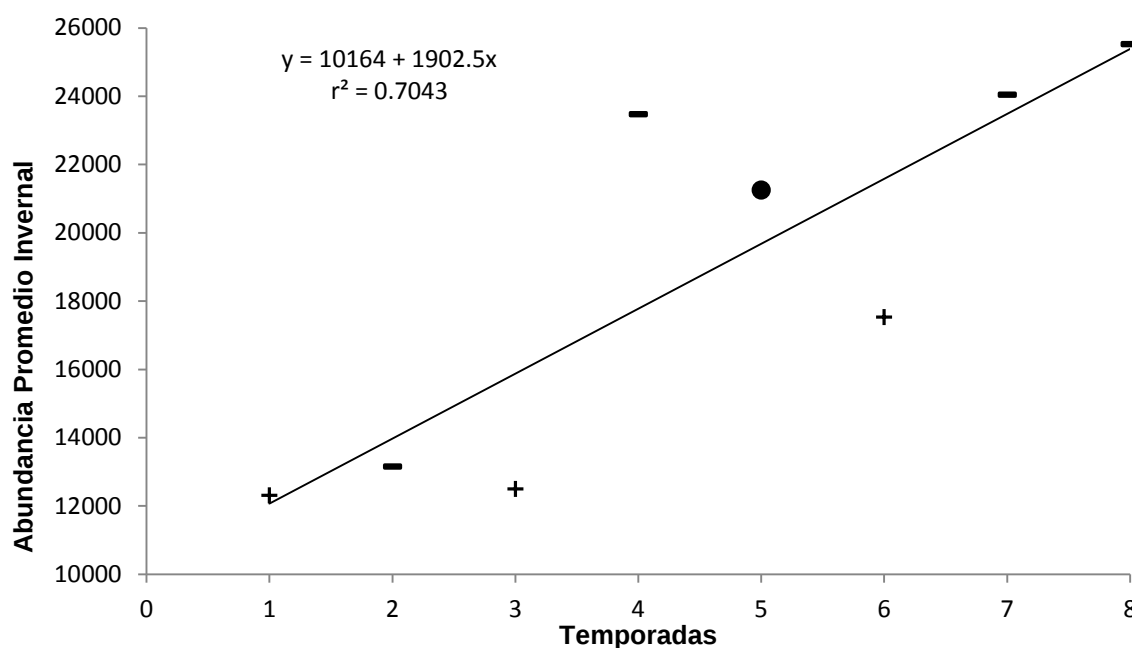


Figura 18: Tendencia en la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis*, a lo largo de todas las temporadas. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El signo “+” representa la Fase El Niño, “•” Fase Neutral y “-” la Fase La Niña. En número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente.

Respecto al PDO, la relación fue similar a la presentada con el fenómeno ENSO, los valores positivos del PDO coincidieron con descensos de las abundancias de zambullidores invernantes en ESSA y los valores negativos con aumentos. Lo anterior es particularmente resaltable para el

periodo 2007-08 a 2011-12, época en la que presumiblemente ocurrió un cambio de fase (de positiva a negativa), pues a la par se presentaron notables aumentos de la abundancia invernal promedio de zambullidores. Incluso pese a que se observaron disminuciones en las abundancias para las temporadas 2008-09 y 2009-10, sus valores fueron claramente superiores a los que se presentaron en las primeras temporadas (2004-05 a 2006-07), estas últimas coincidieron con la fase cálida (Fig. 19).

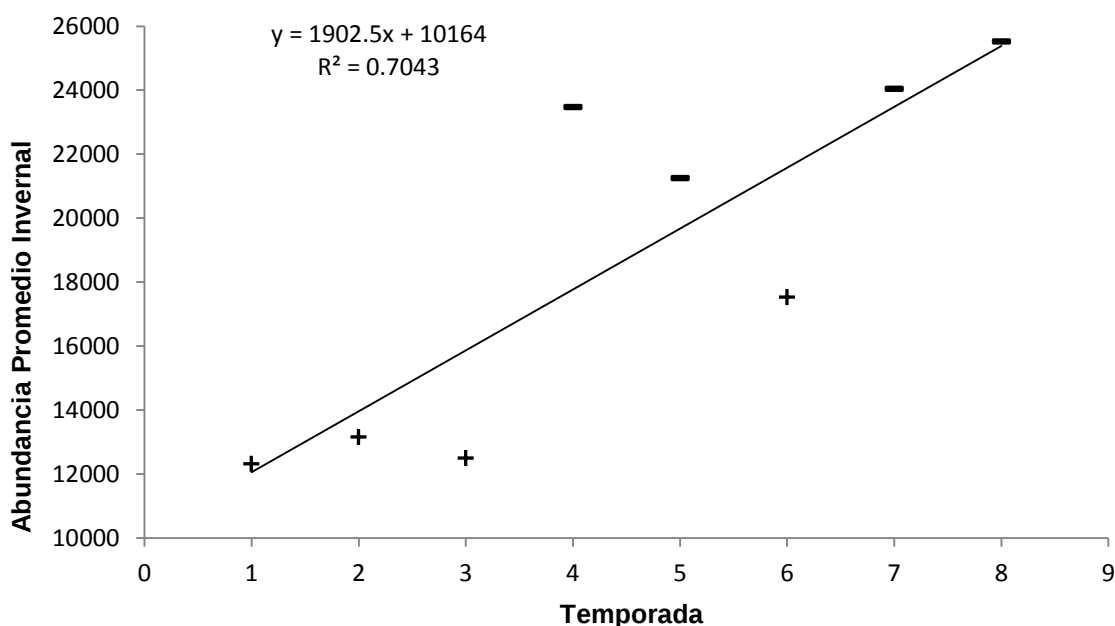


Figura 19: Tendencia en la abundancia promedio invernal de *P. nigricollis*, a lo largo de todas las temporadas. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. El signo “+” representa la Fase El Niño, “•” Fase Neutral y “-” la Fase La Niña. En número 1 representa la temporada 2004-05, el 2 a 2005-06 y así subsecuentemente.

Durante el período de tiempo incluido en este estudio (2004-2012), para el PDO, Easterbrook (2008), Méndez-González *et al.* (2010) y Peterson *et al.* (2012) mencionan una sola fase declarada como positiva y una en vías

de declararse como negativa. La primera fase cálida inició en 1977 y finalizó en 2007, ésta fase se vio interrumpida por un régimen de valores anómalamente fríos, que duró cuatro años (1998-2002, Fig. 20). La segunda fase (fría), inició en septiembre de 2007 y continuó con valores marcadamente negativos hasta septiembre de 2013, sin embargo, se vio interrumpida durante 10 meses por una serie de valores anómalos positivos desde agosto de 2009 a mayo de 2010 (Fig. 20), Easterbrook (2008) menciona este período de enfriamiento como una fase negativa, la cual, según sus predicciones finalizará hasta mediados de la década de 2030.

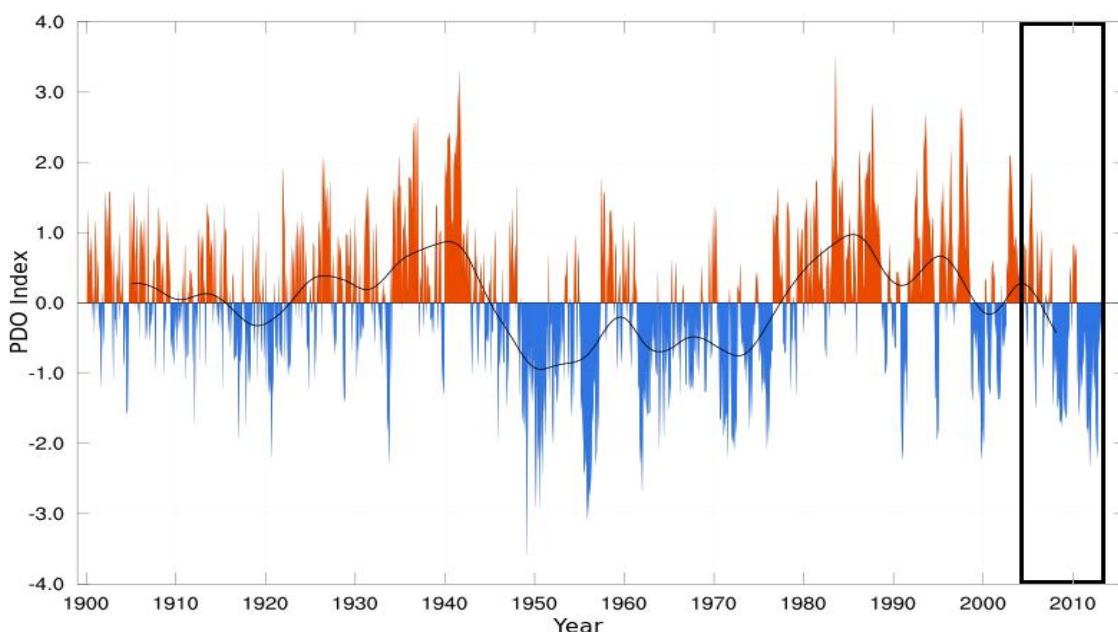


Figura 20: Serie de cambios temporales de los valores del Índice Decadal del Pacífico (PDO), desde enero de 1900 a febrero de 2013. El área marcada con la línea negra corresponde al intervalo de tiempo de este trabajo. Imagen tomada de <http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>

9. DISCUSIÓN

9.1. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL

El número de zambullidores que invernan en ESSA se ha incrementado en los últimos 20 años, pasando de 14, 000 en 1995 (Carmona y Danemann 1998) a un máximo de 40, 000 aves en este trabajo. Este aumento podría deberse a que uno de los sitios históricos más importantes para la invernación de los zambullidores, el Mar de Salton, está siendo utilizado por una menor cantidad de aves debido a la escases de alimento (Anderson *et al.* 2007), esta escases ha provocado altas mortalidades (entre 1, 000 y 150, 000 individuos por temporada) que eventualmente han ocurrido desde inicios de la década de 1990 (Jehl 1996, Audet *et al.* 1999, Anderson *et al.* 2007). Lo anterior, presumiblemente ha ocasionado que cada vez más aves continúen su migración al sur (ESSA incluida) para encontrar sitios más adecuados para pasar el invierno, es decir, está incidiendo en un cambio de patrón migratorio.

Las fechas de llegada a ESSA en todas las temporadas consideradas en el trabajo presente, fueron similares a las previamente indicadas (Carmona y Danemann 1998, Cuellar 2007) y coinciden con las fechas de partida registradas en los sitios de estancia otoñal o de muda, mismos que son abandonados por las aves típicamente entre inicios de octubre y finales de enero, para trasladarse a las áreas de invernación (Jehl y McKernan 2002, Jehl *et al.* 2003).

En las dos primeras temporadas (2004-05 y 2005-06) la llegada de los zambullidores a ESSA aparentemente se demoró, dado los bajos números registrados en octubre. Se ha indicado que la fecha de partida de los sitios de estancia otoñal depende de la abundancia de alimento, por lo que, sí en Lago Mono y/o en el Gran Lago Salado la cantidad de alimento es abundante los zambullidores pueden retrasar su llegada a los sitios de invernación (Jehl 1998), así presumiblemente en las dos temporadas señaladas hubo un abasto adecuado de alimento en el Lago Mono y/o en el Gran Lago Salado.

En general no se observaron números importantes de aves fuera de los meses invernales (noviembre a abril), únicamente en julio de 2009-10 se registraron c.a. 3, 000 zambullidores. Presumiblemente se trató de aves que invernaron en ESSA u otros sitios sureños y que no lograron almacenar la suficiente grasa corporal para realizar el viaje completo hasta los sitios de reproducción (Anderson *et al.* 2007). Por lo que es probable que utilizaran ESSA como sitio de paso, lo anterior apoyado en que en los meses posteriores las abundancias disminuyeron y se mantuvieron bajas hasta el octubre inmediato posterior.

Los meses de permanencia invernal de los zambullidores en ESSA, fueron similares a los ya registrados (Cuellar 2007), de noviembre a marzo, con un arribo entre octubre y noviembre y una partida primaveral entre marzo y abril. Así en general el patrón temporal se ha mantenido.

Las fluctuaciones numéricas observadas en los primeros tres meses de todas las temporadas, pueden estar relacionadas a que una parte de los zambullidores que arriban a ESSA a inicios de su periodo de estancia, continúen su migración a sitios más sureños, es decir, que utilicen a ESSA sólo como sitio de paso. Se ha indicado que el periodo otoñal oscila entre octubre y diciembre (Jehl 1988, Cullen *et al.* 1999, Jehl *et al.* 2003), pero puede extenderse hasta inicios de enero (Jehl y Johansson 2002), así existe la posibilidad de que una parte de las aves que arriban a ESSA continúen sus movimientos al sur.

Existen otros sitios al sur de Guerrero Negro, donde hay reportes de zambullidores en invierno o a inicios de la primavera, esto incluye zonas sureñas de la península, como el Estero de San José del Cabo (Guzmán *et al.* 1994), Bahía Almejas (Amador *et al.* 2006), Bahía Magdalena (Zárate-Ovando *et al.* 2006, Zárate-Ovando *et al.* 2008) y humedales dulceacuícolas artificiales aledaños a la Ciudad de La Paz (Castillo-Guerrero y Carmona 2001, Zamora-Orozco *et al.* 2007); y áreas continentales, como Laguna Zapotlán (Williams 1982), Laguna de Agua Dulce y el Estero El Ermitaño (Hernández-Vázquez 2005) en Jalisco, el río San Juan (Pineda-López y Arellano-Sanaphre 2010) y la Presa los Ángeles (Pineda-López *et al.* 2010) en Querétaro, el valle de México (Townsend y Navarro-Sigüenza 2006) y la Laguna Acuitlapilco en Tlaxcala (Fonseca *et al.* 2006).

Aunque normalmente los números registrados son bajos (menos de 1, 000 individuos por sitio), Guevara-Medina *et al.* (2008) reportan avistamiento de 5, 000 zambullidores en las inmediaciones de la Isla Farallón de San Ignacio (Sinaloa), mientras que Correa-Sandoval (2000) registra más de 5, 000 en la presa Miguel Alemán (Oaxaca).

En suma las aves que pasan el invierno en sitios sureños a ESSA podrían utilizar la salina como área de paso, lo que apunta a la necesidad de implementar programas de monitoreo conjuntos para poder esclarecer la conectividad migratoria de los distintos grupos.

Únicamente en dos temporadas la migración primaveral parece haberse demorado (2007-08 y 2011-12), sin embargo, se encuentran dentro de las fechas indicadas para que los zambullidores abandonen los sitios de invernación (Carmona y Danemann 1998, Cuellar 2007), los altos números (más de 10, 000) presentados en mayo en 2007-08 y 2011-12, se relacionarían a las condiciones climáticas presentadas por los fenómenos ENSO y PDO (ver más adelante) que podrían haber retrasado el inicio de la reproducción.

El patrón visto en la temporada 2009-10, aumento gradual en la abundancia hasta abril, es difícil de interpretar, pues rompe con el período de la migración invernal propuesta (Jehl y McKernan 2002, Jehl *et al.* 2003). Incluso al considerar que las aves pierden la capacidad de vuelo en invierno (Gaunt *et al.* 1990, Jehl y McKernan 2002), es imposible suponer que más zambullidores

llegaron a ESSA después de enero, los resultados del trabajo presente no permiten generar hipótesis a este respecto. En contraste las fechas de partida fueron las normales y consistentes con las antes mencionadas (Carmona y Danemann 1998, Cuellar 2007), por lo cual, la máxima abundancia presentada en abril pudo deberse a que las aves que invernaron en sitios sureños a ESSA, utilizaron ésta última por un tiempo corto durante su migración hacia el norte.

La máxima abundancia registrada en el trabajo presente (40, 000 aves en diciembre de 2010) representa sólo una pequeña fracción de la población total de *Podiceps nigricollis* en Norte América. Cuellar (2007) indicó que en ESSA pasa el invierno el 0.47% de la población, sin embargo, Roberts *et al.* (2013) reporta números poblacionales que pueden variar notoriamente de un año a otro. Así el porcentaje indicado por Cuellar (2007) es inferior al reportado en este trabajo, lo que obedece a dos causas: (1) el aumento de zambullidores en ESSA y (2) los cambios poblacionales anuales (Roberts *et al.* 2013). De los años implicados en este trabajo para los que es posible esta comparación, el porcentaje de zambullidores en ESSA fluctuó entre 0.8 y 2.7% (promedio 1.56%), notoriamente superior al indicado anteriormente.

Respecto a la distribución espacial dentro de ESSA, los resultados aquí obtenidos coinciden en su mayoría con los explicitados por Cuellar (2007). Así en ambos estudios las áreas de mayor importancia fueron **A5** y **A6**. Para **A6** Cuellar (2007) reporta una relación exponencial negativa entre la abundancia de zambullidores y la densidad del principal alimento de éstos en ESSA (*Artemia*

spp.), es decir, la biomasa de artemias durante el inicio de la temporada invernal (octubre a febrero) fue baja y estable, mientras que la abundancia de zambullidores era mayor; en cambio al final de la temporada (marzo a mayo) cuando las aves iniciaron su migración primaveral, la abundancia de artemia incrementó notablemente.

Lo más probable es que en ESSA la especie de artemia sea, como en gran parte de América del Norte, *Artemia franciscana* (Vanhaecke *et al.* 1984, Majardo *et al.* 2006, Castro *et al.* 2013). Esta especie se encuentra en intervalos de salinidad de 20 a 200‰ (Castro-Mejía *et al.* 2009, Soniraj 2004), pero las condiciones de salinidad idóneas para su reproducción son 100 a 120‰, intervalo en el que producen mayoritariamente larvas de libre natación, siempre y cuando la temperatura fluctúe entre 21 y 28°C (Browne y Wanigasekera 2000, Medina *et al.* 2007, Castro-Mejía *et al.* 2009, 2011).

Así, el intervalo óptimo de salinidad para *Artemia franciscana* en ESSA se encuentra precisamente entre **A5** y **A6** (105 y 125‰ en promedio, respectivamente). Este razonamiento permite explicar el predominio numérico de **A5**, pues su salinidad se localiza dentro del intervalo óptimo, mientras que **A6** está ligeramente por arriba del mismo, lo que sugiere una menor densidad de artemias en esta última.

También se pueden encontrar poblaciones de *A. franciscana* en salinidades menores de 80 y mayores a 120‰ (Castro-Mejía *et al.* 2009, Soniraj

2004), pero sus densidades serán menores, pues en estas salinidades la especie produce una mayor cantidad de quistes o huevos latentes que eclosionarán cuando las condiciones mejoren (Soniraj 2004). Dado que las condiciones en las diferentes áreas de concentración de ESSA permanecen constantes, lo que sugiere que en la salina se seleccionarán las artemias de **A5** y **A6**, de hecho las artemias de ESSA producen muy pocos quistes (Castillo com. pers.).

El planteamiento anterior refuerza la explicación referente a la presencia de artemia en otras áreas pero en menores densidades, y permite explicar el uso intermedio de **A1**, **A4** y **A8**, con salinidades promedio de 45, 88 y 140‰, respectivamente y del Sistema Salitrales (**S1-A**, **S1-B** y **S-2**) con salinidades promedio de 45, 86 y 150‰, respectivamente (Cuellar 2007, Centro Meteorológico de Exportadora de Sal).

Las densidades menores de artemias en los sitios intermedios obligaría a los zambullidores a incrementar el esfuerzo de búsqueda de alimento (Cooper *et al.* 1984, Caudell y Conover 2006), a optar por otras fuentes, como moscas halófilas (*Ephydra* spp.; Cuellar 2007) o a desplazarse nadando a áreas más adecuadas dentro de ESSA, como está registrado en sitios de estancia otoñal; para los cuales se mencionan que las moscas halófilas y los quistes de artemia pueden formar parte importante en la dieta de los zambullidores, junto a otros tipos de invertebrados (corixidos y hemípteros), cuando los bancos de artemias adultas no son lo suficientemente abundantes (Roberts 2013).

Así la presencia de zambullidores en ESSA se relaciona con la similitud entre este ambiente artificial y los sitios naturales preferidos por la especie en otoño. Las salinidades en las áreas utilizadas de ESSA son similares a las presentadas en los sitios de estancia otoñal (20-150‰ en Great Salt Lake, y 40-90‰ en Mono Lake; Mahoney y Jehl 1985, Jehl 1988, 1993, Cullen *et al.* 1999, Boyd *et al.* 2000), incluso el tipo de alimento es el mismo (*Artemia spp.*), presumiblemente *A. franciscana* (Caudell y Conover 2006, Cuellar 2007, Conover y Caudell 2009, Roberts 2013).

Otros sitios de invernación externos a ESSA presentan fuentes de alimento diferentes, en Salton Sea el principal alimento de los zambullidores es el poliqueto *Neanthes succinea* (Jehl y McKernan 2002, Anderson *et al.* 2007), y en el Golfo de California se dispone en mayor cantidad de eufáusidos (Tershy *et al.* 1993, Cullen *et al.* 1999).

Se sabe que los zambullidores son fieles a los sitios de anidación (Jehl y Yochen 1986), de serlo también para las áreas de invernación y considerando que viajan en grupos (Jehl 1993, 1998, Cullen 1998, Jehl y Henry 2010), las disminuciones numéricas en Salton Sea, acompañadas de enfermedades y altas concentraciones de selenio en este último sitio (Jehl y Bond 1983, Jehl 1994, Audet *et al.* 1999, Cole y Franson 2006, Anderson *et al.* 2007), permiten plantear la posibilidad de que los zambullidores invernantes en ESSA tengan mayor éxito reproductivo, reflejándose esto en el aumento de las abundancias invernales en ESSA.

Cuellar (2007) no incluyó en sus censos al sistema Salitrales, debido a sus bajas abundancias. Inclusive, en los meses invernales de 2004-05, la primera temporada del trabajo presente, no se registraron zambullidores en todo el sistema. Sin embargo, en las temporadas posteriores, el número de aves que lo utilizaron ha ido en aumento, aunque con notorias fluctuaciones (entre 4,000 y 20,000 zambullidores). Lo que refleja el incremento numérico de zambullidores que invernaba en ESSA, por lo que las aves explotan ahora otras zonas que de acuerdo a su salinidad (Cuellar 2007, Centro Meteorológico de Exportadora de Sal) pueden, al menos marginalmente presentar poblaciones de artemia.

Por último las zonas de menor importancia fueron las mismas indicadas por Cuellar (2007), es decir **A2**, **A3**, **A7** y **A9**, con salinidades promedio de 60, 73, 133 y 183‰ respectivamente (Centro Meteorológico de Exportadora de Sal). Dadas sus salinidades podrían tener alimento disponible. Para explicar las menores abundancias se deben considerar tres factores: (1) son las que presentan menor espejo de agua (sobre todo **A7**), en conjunto estas áreas ocupan el 32% del complejo principal, (2) son demasiado saladas, aún para las artemias (**A7** y **A9**) y (3) las salinidades intermedias (**A2** y **A3**) son demasiado altas para que se establezcan comunidades planctónicas similares a las zonas iniciales (como sucede en **S1-A** y **A1**) y demasiado bajas para permitir el asentamiento de poblaciones importantes de artemia, por lo que únicamente son ocupadas por el 3% de los zambullidores que invernaban en ESSA.

9.2. RELACIÓN CON LOS FACTORES CLIMÁTICOS

Existen estudios que relacionan periodos de altas mortalidades con eventos climáticos como el Niño (Jehl y Bond 1983, Nishikawa *et al.* 1984, Jehl 1988, Audet *et al.* 1999, Jehl *et al.* 2002), sin embargo, pocos trabajos abordan los impactos de los factores climáticos en la abundancia del zambullidor orejón. Éstos además de escasos, son poco concluyentes; el estudio más completo a este respecto es el realizado por Jehl y Johansson (2002) quienes encontraron una correlación positiva entre la abundancia de los zambullidores y presión barométrica, sin embargo, no concluyen que las condiciones ambientales impacten demasiado en partida de los sitios otoñales a los sitios de invernación, únicamente comentan la posibilidad de que durante los períodos de baja presión atmosférica (más calor), las aves realicen vuelos más largos en búsqueda de alimento, es decir, según esta hipótesis las aves evitarían los sitios intermedios, para dirigirse a los lugares de mayor abundancia en recursos. Lo que implícitamente implica que los cambios en los factores climáticos afectan en mayor medida a las fuentes de alimento, que a los propios zambullidores, obligándolos a abandonar los sitios con premura debido a la escases de alimento (Jehl 1988, Cullen *et al.* 1999, Jehl y Johanson 2002).

9.2.1. Sitios de importancia

La falta de relación entre las abundancias invernales de los zambullidores en ESSA, con los factores climáticos en los sitios de invernación (Salton Sea y la misma ESSA), refuerza el planteamiento de que las aves

abandonan los sitios de estancia otoñal por la escases de alimento disponible (Jehl 1988, Cullen *et al.* 1999) y no porque las condiciones climáticas les sean desfavorables (Jehl y Johanson 2002), de hecho está indicado que la especie tiene un amplio intervalo de tolerancia térmica (Ellis y Jehl 2003).

El intervalo óptimo de temperatura propuesto para los zambullidores va de 15 a 38°C (Ellis y Jehl 2003). Sin embargo, todos los sitios utilizados en el trabajo presente, tanto de estancia otoñal como de invernación, presentaron temperaturas mínimas inferiores a 15°C, lo que indica que el límite de temperatura mínima debería reconsiderarse. De hecho se ha indicado que el uso de diferentes técnicas de termo-regulación permite a los zambullidores vivir en ambientes con intervalos extremos de temperatura de entre -12.5 a 40°C (Ellis y Jehl 2003); entre las técnicas y adaptaciones a bajas temperaturas se encuentran: 1) exposición al sol, 2) aislamiento por la grasa corporal y 3) elevar su tasa metabólica (Storer y Jehl 1985, Jehl 1988, Ellis y Jehl 2003). Respecto al límite superior (40°C) sólo en dos ocasiones (abril de 2007-08 y noviembre de 2010-11) para Guerrero Negro se presentaron temperaturas superiores a 40°C, pero pese a que la temperatura del aire alcance el límite térmico, el agua siempre estará por debajo de éste, el gradiente térmico existente entre agua y aire puede ser usado por los zambullidores para perder calor (Storer y Jehl 1985, Jehl 1988, Ellis y Jehl 2003)

Las condiciones climáticas durante el otoño en Great Salt Lake y Mono Lake (sitios de estancia otoñal) son similares a las presentadas en invierno en

Guerrero Negro y en el Salton Sea. Lo que hace suponer que la relación existente entre los factores climáticos otoñales de estos dos lagos y las abundancias en ESSA en esa misma época, se relaciona con la abundancia (alta) de artemias y otras fuentes de alimento.

La partida anticipada de los sitios de estancia otoñal, puede deberse a anomalías climáticas, las cuales, junto a la alta depredación por parte de los zambullidores, causan la disminución en la abundancia de alimento, por ejemplo se ha demostrado que el aumento de temperatura y la escases de lluvia provocan una mayor evaporación, elevando la salinidad tanto en el Great Salt Lake (Stephens y Gillespie 1976, Stephens 1990) como en el Mono Lake (National Research Council 1987, Herbst 1992), lo que provoca disminuciones en las abundancias de organismos que los habitan en ambos lagos (Jellison y Melack 1988, MacIntyre *et al.* 1999, Marcarelli *et al.* 2006, Larson y Belovsky 2013).

9.2.2. Índices Climáticos

Debido a que el ENSO y el PDO tienen efectos similares (el ENSO para latitudes tropicales y el PDO para latitudes extratropicales), en este trabajo se discutieron los efectos combinados de ambos índices, pues cuando los valores, tanto positivos como negativos en ambos coinciden, los efectos climáticos son más evidentes, en comparación a épocas en las que producen valores opuestos (Barton y Ramírez 2004, Schoennagel *et al.* 2005, Kurtzman y Scalon 2007, Schoennagel *et al.* 2007), haciendo particularidades cuando se requirió.

En todos los sitios, tanto de estancia otoñal (Great Salt Lake y Mono Lake) como de invernación (Salton Sea y ESSA), las temporadas que presentaron valores positivos en los índices (2004-05, 2006-07, 2009-10) coincidieron con temperaturas promedio locales bajas, esta aparente contradicción (pues los valores altos de los índices coinciden con temperaturas menores en invierno) se explica por la intensificación de la circulación Hadley-Walker, que a su vez incrementa la cantidad e intensidad de vientos mejor conocidos como “Nortes” durante inviernos con fases positivas en el Pacífico Oriental, dicha intensificación es provocada por la diferencia en las presiones atmosféricas entre el Ecuador (donde la presión es menor por las temperaturas más cálidas) y las altas latitudes (donde es mayor por las temperaturas más frías; Gu y Philander 1997, Miller y Schneider 2000, Méndez-González *et al.* 2010, Hazen *et al.* 2012). Precisamente en estas temporadas, cálidas en general y frías en invierno en los sitios de estancia otoñal e invernación, el promedio de aves que llegaron a ESSA disminuyó, a la par que los números poblacionales estimados disminuyeron notablemente en el otoño siguiente (Roberts *et al.* 2013).

Las causas de los descensos poblacionales, primero detectado en ESSA en invierno y posteriormente en los sitios de estancia otoñal en el otoño inmediato siguiente (Roberts *et al.* 2013), incluyen: 1) la intensificación de los vientos durante la migración en temporadas con índices climáticos positivos, pues estos vientos ocasionan la colisión y muerte de muchos zambullidores

(Jehl 1998), sobre todo al considerar que al permanecer las aves un largo tiempo sin volar (otoño), les es difícil maniobrar durante el vuelo migratorio hacia sus sitios de invernada (Gaunt *et al.* 1990, Jehl 1988, 1997, 1998); y 2) las altas mortalidades registradas en temporadas con eventos Niño, las cuales, al menos en parte, se le atribuyen a enfermedades (como el cólera aviar y la “enfermedad no identificada de los zambullidores orejones”), altas concentraciones de selenio y otros tóxicos e inanición; varios autores reportan que dichos eventos ocurrieron esporádicamente en Salton Sea (Jehl 1993, 1996, Audet *et al.* 1999, Jehl y McKernan 2002, Meteyer *et al.* 2004, Anderson *et al.* 2007), el Golfo de California (Jehl y Bond 1983, Nishikawa *et al.* 1984, Jehl *et al.* 2002) y con menor frecuencia e intensidad en los sitios de estancia otoñal (Jensen 1979, Jehl 1988), en todos los casos, dichos eventos ocurrieron durante temporadas con índices climáticos altos y positivos.

Por ejemplo, en Salton Sea durante las temporadas con índices climáticos altos y positivos, se presentan ciclos de anoxia con altas concentraciones de sulfuro, el cual se encuentra comúnmente en el fondo, pero es impulsado a las aguas superficiales por los fuertes vientos de invierno, estas surgencias ocasionan mortalidades masivas de una amplia variedad de organismos, incluidos los zambullidores (Watts *et al.* 2001, Anderson *et al.* 2007).

A su vez en estas temporadas en el Océano Pacífico y en el Golfo de California el aumento de la temperatura superficial del mar, ocasiona la

disminución de las surgencias (Schwing *et al.* 2002, Brodeur *et al.* 2008), así como un debilitamiento de la influencia de la corriente fría de California, particularmente en los años que abarcó este trabajo (Goericke *et al.* 2005, Goericke *et al.* 2007, Di Lorenzo *et al.* 2008, Bjorkstedt *et al.* 2010), lo que provocó una reducción de las concentraciones de nutrientes, dado el hundimiento de masas de agua fría y ricas en nutrientes, lo que resulta en una menor producción primaria, que afecta tanto a la comunidad fitoplanctónica como a las macro algas, lo que repercute a lo largo de toda la cadena trófica, incluidos los zambullidores invernantes (Pacheco-Ruiz *et al.* 2003, Edwards 2004, García-Domínguez *et al.* 2011, Kahru *et al.* 2012).

En contraste, en las temporadas que presentaron índices climáticos con valores bajos y negativos (temperaturas generales frías) ocurrió lo opuesto, es decir las abundancias en ESSA aumentaron, al igual que el tamaño poblacional en el otoño siguiente (Roberts *et al.* 2013), lo que se relaciona con dos aspectos poblacionales: 1) un mayor éxito reproductivo de las aves, y 2) bajas mortalidades durante el ciclo migratorio, en particular durante el invierno; debido al aumento de las surgencias (Brodeur *et al.* 2008, Daly *et al.* 2013) así como el fortalecimiento de la Corriente de California, al menos en el periodo de tiempo que ocupó este estudio (Peterson *et al.* 2006, MacClatchie *et al.* 2008, Bjorkstedt *et al.* 2011, Bjorkstedt *et al.* 2012), generan alimento abundante para los zambullidores.

La temporada 2009-10, fue la única que presentó valores positivos elevados en ambos índices, además de ser catalogada con un evento de El Niño de intensidad fuerte. Esta temporada ocupó el segundo lugar de las temporadas más cálidas en Guerrero Negro, mientras que en Salton Sea y los sitios de estancia otoñal, se mantuvo dentro de las más cálidas y secas.

La temporada 2009-10 fue particularmente complicada para la porción poblacional de zambullidores que invernó en el Golfo de California, ya que esta temporada se caracterizó por un anómalo y fuerte hundimiento de aguas superficiales frías en el norte de la Corriente de California, incluso se le compara con la ocurrida en 1997-98, periodo en el que se presentó el evento El Niño más fuerte de la historia (Lynn *et al.* 1998, Schwing *et al.* 2002, Bjorkstedt *et al.* 2010), lo que provocó un calentamiento en toda la zona éste del Pacífico, con una notoria disminución de la producción primaria (Lavaniegos *et al.* 2003, Bjorkstedt *et al.* 2010, García-Domínguez *et al.* 2011); ocasionando que al menos parte de los zambullidores invernantes en el Golfo de California modificaran sus patrones migratorios habituales, provocando que los zambullidores invernaran en sitios sureños a ESSA y utilizaran ésta como sitio de paso durante la migración primaveral, lo que ocasionó las máximas abundancias presentadas en ESSA en mayo.

10. SUMARIO

- El número de zambullidores que invernán en ESSA ha aumentado en el periodo de 2004 a 2012, pasando de un número máximo de 15, 700 (2004) a 40, 000 en 2010.
- El porcentaje de la población total de zambullidores en América del Norte que invernán en ESSA aumentó de 0.47% (2004) a un intervalo de 0.80 (2005-06) a 2.7% (2010-11).
- Es probable que estos incrementos se relacionen con un mayor éxito reproductivo de las aves invernantes en ESSA.
- Los meses de mayor importancia numérica para *Podiceps nigricollis* en ESSA fueron de noviembre a abril, lo que confirma su utilización como área de invernación.
- Las áreas más importantes dentro de ESSA (**A5** y **A6**), se han mantenido constantes a través del tiempo, pues éstas presentan las condiciones de salinidad óptimas para el desarrollo poblacional de *A. franciscana*, el principal alimento para *P. nigricollis* en esta área de estudio.
- Dentro de las áreas de mayor utilización en ESSA sólo **A5** ha presentado un aumento significativo en los números de aves, se trata de la zona donde la salinidad es la óptima para *A. franciscana*.

- En las últimas temporadas los zambullidores han utilizado el sistema de Salitrales como sitios de importancia intermedia, lo que obedece aparentemente al mayor número de aves que invernán en ESSA.
- Los factores climáticos de los sitios de invernación no presentaron una relación significativa con las abundancias promedio invernales, lo que refleja sus amplios intervalos de tolerancia.
- Las fases positivas del ENSO y el PDO mostraron un efecto negativo en el número de aves que pasan el invierno en ESSA, así como en su tamaño poblacional en América del Norte. En las fases negativas sucedió lo contrario.
- Los aparentes retrasos en la migración primaveral coinciden con ENSO y PDO con fases negativas.
- La única temporada que presentó una llegada anómala de zambullidores a ESSA fue 2009-10, posiblemente se deba a los fuertes anomalías climáticas provocadas por las temperaturas elevadas, que pudieron ocasionar un cambio en el patrón migratorio de las aves.
- El aumento en la cantidad de zambullidores que invernán en ESSA observado a partir de la temporada 2007-08, presumiblemente se deba al cambio de régimen del PDO.

11. RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con los monitoreos, para detectar posibles cambios en los patrones de uso espacio-temporal en ESSA, pues estos pueden utilizarse como un indicativo de las condiciones poblacionales.
- Monitorear el zooplancton presente en ESSA y relacionar sus abundancias con datos de temperatura, salinidad del agua y fenómenos climáticos.
- Realizar estudios de la dieta de *P. nigricollis* en ESSA, a lo largo de la temporada invernal, para evaluar posibles cambios temporales en su dieta, tanto intra como intertemporadas.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Amador E., R. Mendoza-Salgado y J.A de Anda-Montañez. 2006. Estructura de la avifauna durante el periodo invierno-primavera en el Estero Rancho Bueno, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de la Biodiversidad* 77: 251-259.
- Anderson T.W., M.A. Tiffany y S.H. Hurlbert. 2007. Stratification, sulfide, worms, and decline of the Eared Grebe (*Podiceps nigricollis*) at the Salton Sea, California. *Lake Reserv. Manage* 23: 500–517.
- Arce N. 2011. Migración e invernación del playero rojizo del Pacífico (*Calidris canutus roselaari*) en Guerrero Negro, Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). La Paz, B.C.S., México. 80pp.

- Atkinson B.W., J.G. Li y R.S. Plant. 2001. Numerical modeling of the propagation environment in the atmospheric boundary layer over the Persian Gulf. *J. Appl. Meteor.* 40: 568-603.
- Audet D.J., W. Radke, L.H. Creekmore, G. Braden y C.A. Roberts. 1999. Eared grebe mortality in Imperial County, California, 1991-93. Prepared for U.S. Fish and Wildlife Service, Carlsbad, California, USA.
- Austin G.E. y M.M. Rehfisch. 2005. Shifting nonbreeding distributions of migratory fauna in relation to climate change. *Global Change Biology* 11: 31-38.
- Ayala-Pérez V.O. 2010. Patrones de uso durante la época no reproductiva de *Limosa fedoa* (Aves: Scolopacidae), en Guerrero Negro, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). La Paz, B.C.S., México. 77pp.
- Bart J. 2006. The Program for Regional and International Shorebird Monitoring (PRISM) *En: North America. Waterbirds around the world.* Eds. G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud. The Stationery Office, Edinburgh, UK. pp. 701-704.
- Barton S.B. y J.A. Ramírez. 2004. Effects of El Niño Southern Oscillation and Pacific Interdecadal Oscillation on water supply in the Columbia River basin. *Journal of Water Resources Planning and Management* 30(4): 281-289. doi 10.1061/(ASCE)0733-9496(2004)130:4(281).
- Bjorkstedt E.P., R. Goericke, S. MacClatchie, E. Weber, W. Watson, N. Lo, B. Peterson, B. Emmett, R. Brodeur, J. Peterson, M. Litz, J. Gómez-Valdéz, G. Gaxiola-Castro, B. Lavaniegas, F. Chavez, C.A. Collins, J. Field, K. Sakuma, S.J. Bograd, F.B. Schwing, P. Warzybok, R. Bradley, J. Hahncke, G.S. Campbell, J.A. Hildebrand, W.J. Sydeman, S.A.

Thompson, J.L. Largier, C. Halle, S.Y. Kim y J. Abell. 2011. State of the California Current 2010-2011: Regionally variable responses to a strong (but fleeting?) La Niña. *CalCOFI Rep.* 52: 36-68.

Bjorkstedt E.P., R. Goericke, S. MacClatchie, E. Weber, W. Watson, N. Lo, W.T. Peterson, R. D. Brodeur, T. Auth, J. Fisher, C. Morgan, J. Peterson, J. Largier. S.J. Bograd, R. Durazo, G. Gaxiola-Castro, B. Lavaniegos, F.P. Chavez, C.A. Collins, B. Hannah, J. Field, K. Sakuma, W. Satterthwaite, M. O'Farrel, S. Hayes, J. Harding, W.J. Sydeman, S.A. Thompson, P. Warzybok, R. Bradley, J. Jahncke, R.T. Golightly, S.R. Schneider, R.M. Suryan, A.J. Gladics, C.A. Horton, S.Y. Kim, S.R. Melin, R.L. DeLong y J. Abell. 2012. State of the California Current 2011-2012: Ecosystems respond to local forcing as La Niña wavers and wanes. *CalCOFI Rep.* 53: 41-76.

Bjorkstedt E.P., R. Goericke, S. MacClatchie, E. Weber, W. Watson, N. Lo, B. Peterson, B. Emmett, J. Peterson, R. Durazo, G. Gaxiola-Castro, F. Chavez, J.T. Pennington, C.A. Collins J. Field, S. Ralston, K. Sakuma, S.J. Bograd, F.B. Schwing, Y. Xue, W.J. Sydeman, S.A. Thompson, J.A. Santora, J. Largier, C. Halle, S. Morgan, S.Y. Kim, K.P.B. Merkens, J.A. Hildebrand y L.M. Munger. 2010. State of the California Current 2009-2010: Regional variations persists through transition from La Niña to El Niño (and back?). *CalCOFI Rep.* 51: 39-69.

Boe J.S. 1992. Wetland selection by eared grebes, *Podiceps nigricollis*, Minnesota. *Can. Field-Nat.* 106: 480-488.

Boe J.S. 1993. Colony site selection by eared grebes in Minnesota. *Colonial Waterbirds* 16: 28-38.

Boe J.S. 1994. Nest site selection by eared grebes in Minnesota. *The Condor* 96(1): 19-35.

- Boyd W.S. y J.R. Jehl, Jr. 1998. Estimating the abundance of eared grebes on Mono Lake, California by Aerial Photography. *Colonial Waterbirds* 21(2): 236-241.
- Boyd W.S., S.D. Schneider y S.A. Cullen. 2000. Using radio telemetry to describe the fall migration of eared grebe. *J. Field Ornithol* 71(4): 702-707.
- Breault A.M. 1990. Breeding distribution, habitat selection and factors affecting coloniality in eared grebes in British Columbia. Thesis of Master of Science. The University Of British Columbia. Vancouver, Canada. 125pp.
- Brodeur R.D., Peterson W.T., Auth T.D., Soulen H.L., Parnel M.M., Emerson A.A. 2008. Abundance and diversity of coastal fish larvae as indicators of recent changes in ocean and climate conditions in the Oregon upwelling zone. *Mar Ecol Prog Ser* 366:187-202.
- Browne R.A. y G. Wanigasekera. 2000. Combined effects of salinity and temperature on survival and reproduction of five species of *Artemia*. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* 244: 29-44.
- Brua R.B. 1996. Impact of embryonic vocalizations on the incubation behaviour of eared grebes. *Behaviour* 133(3): 145-160.
- Brua R.B., G.L. Nuechterlein y D. Buitron. 1996. Vocal response of eared grebe embryos to egg cooling and turning. *The Auk* 113(3): 525-533.
- Buitron D. y G.L. Nuechterlein. 1993. Parent-young vocal communication in eared grebes. *Behaviour* 127(1/2): 1-20.
- Burger J. y M. Gochfeld. 1995. Nest site selection by eared grebes in a Franklin's gull colony: structural stability parasites. *The Condor* 97(2): 577-580.

- Carmona R. y G. Danemann. 1997. Avifauna del hábitat generado por el desarrollo salinero de las adyacencias de la laguna Ojo de Liebre, B.C.S. Inédito, Informe Final, Exportadora de Sal, S.A. de C.V.
- Carmona R. y G. Danemann. 1998. Distribución espacio temporal de aves en la salina de Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 24(4): 389-408.
- Carmona R. y G. Danemann. 2000. Distribución espacio-temporal de aves Pelecaniformes en la salina de Guerrero Negro, B.C.S., México. *Hidrobiológica* 10(2): 85-90.
- Castellanos A., F. Salinas y A. Ortega-Rubio. 2001. Inventario y conservación de la avifauna acuática reproductora de las Lagunas Ojo de Liebre y Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 27(3): 351-373.
- Castillo-Guerrero, J. A. and R. Carmona. 2001. Distribución de aves acuáticas y rapaces en un embalse dulceacuícola artificial de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical* 49: 1131-1142.
- Castro M.J., G.M. Castro, T.B. Castro, De Lara A.R. y M.C.D. Monroy. 2013. Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Mexico. *International Journal of Artemia Biology* 3(1): 57-63.
- Castro-Mejía J., T. Castro-Barrera, J.L. Arredondo-Figueroa, L.H. Hernández-Hernández, G. Castro-Mejía, R. De Lara-Andrade, M.C. Dosta-Monroy. 2009. La salinidad y su efecto en la reproducción del crustáceo *Artemia* sp. *ContactoS* 73: 5–15.
- Castro-Mejía J., T. Castro-Barrera, L.H. Hernández-Hernández, J.L. Arredondo-Figueroa, G. Castro-Mejía y R. De Lara-Andrade. 2011. Effects of salinity

- on growth and survival in five *Artemia franciscana* (Anostraca: Artemiidae) populations from Mexico Pacific Coast. *Revista de Biología Tropical* 59(1): 199-206.
- Caudell J.N. y M.R. Conover. 2006. Behavioral and physiological responses of eared grebes (*Podiceps nigricollis*) to variations in brine shrimp (*Artemia franciscana*) densities. *Western North American Naturalist* 66(1): 12-22.
- Cole R.A. y J.C. Franson. 2006. Recurring waterbird mortalities of unusual etiologies. *Waterbirds around the world*. En: G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud. The Stationery Office, Edinburgh, UK. pp. 439-440.
- Conover M.R. y J.N. Caudell. 2009. Energy budgets for eared grebes on the Great Salt Lake and implications for harvest of brine shrimp. *The Journal of Wildlife Management* 73(7): 1134-1139.
- Cooper, S. D., D. W. Winkler & P. H. Lenz. 1984. The effect of grebe predation on a brine shrimp population. *J. Animal Ecol.* 53: 51-64.
- Correa-Sandoval J. 2000. Presa Temascal "AICA 201" En: Arizmendi, M. C. y L. Márquez-Valdelamar. 2000. Áreas de importancia para la conservación de las aves en México. CIPAMEX, México, D. F. 440 p.
- Cuellar A. 2007. Migración e invernación del zambullidor orejón (*Podiceps nigricollis*), en la salina de Guerrero Negro, B. C. S. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). La Paz, B.C.S., México. 56pp.
- Cullen S.A. 1998. Population biology of eared grebes in naturally fragmented habitat. Thesis of Master of Sciences Simon Fraser University. Burnaby, British Columbia, Canada. 89pp.

- Cullen, S. A., J. R. Jehl, Jr. & G. L. Nuechterlein. 1999. Eared Grebe (*Podiceps nigricollis*). En: A. Poole & F. Gill (eds.) *The Birds of North America*, No. 433. The Birds of North America, Inc., Philadelphia, PA. 28 p.
- Daly E.A., T.D. Auth, R.D. Brodeur y W.T. Peterson. 2013. Winter ichthyoplankton biomass as a predictor of early summer prey fields and survival of juvenile salmon in the northern California Current. *Marine Ecology Progress Series* 484: 203-217. doi: 10.3354/meps10320.
- Danemann G. y R. Carmona. 2000. Breeding birds of the Guerrero Negro saltworks, Baja California Sur, México. *Western Birds* 31:195-199.
- Danemann G., R. Carmona, y G. Fernández. 2002. Migratory shorebirds in the Guerrero Negro saltworks, Baja California Sur, Mexico. *Water Study Group Bull.* 97: 36-41.
- Daniel W.W. 2008. Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud. Cuarta Edición. Editorial Limusa Wiley. México D.F. 755pp.
- Di Lorenzo E., N. Schneider, K.M. Cobb, P.J.S. Franks, K. Chhak, A.J. Miller, J.C. McWilliams, S.J. Bograd, H. Arango, E. Curchitser, T.M. Powell y P. Riviere. 2008. North Pacific Gyre Oscillation links ocean climate and ecosystem change. *Geophysical Research Letters* 35, L08607. doi: 10.1029/2007GL032838.
- Donaldson G.M., C. Hyslop, R.I.G. Morrison, H.L. Dickson y I. Davidson, I. 2001. Canadian Shorebird Conservation Plan. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Easterbrook D.J. 2008 The global cooling is Here, Evidence for a predicting global cooling for the next three decades. *Global Research* Editors note. <http://www.klimarealistene.com/Global%20Cooling%20is%20Here.pdf>.

- Edwards M.S. 2004. Estimating scale-dependency in disturbance impacts: El Niños and giant kelp forest in the northeast Pacific. *Oecologia* 138: 438-447. doi 10.1007/s00442-003-1452-8.
- Ellis H.I. y J.R. Jehl Jr. 2003. Temperature regulation and the constraints of climate in the eared grebe. *Waterbirds* 26(3): 275-279.
- Exportadora de Sal (ESSA). 2004. *50 aniversario de Exportadora de Sal*. Exportadora de Sal, S.A. de C.V. México.
- Exportadora de Sal (ESSA). 2012. Informe de rendición de cuentas de la APF 2006-2012. Exportadora de Sal, S.A. de C.V. México.
- Fonseca J., M.J. Pérez-Crespo, M. Cruz, B. Porras, E. Hernández-Rodríguez, J.L. Martínez y Pérez y C. Lara. 2006. Aves acuáticas de la laguna de Acuitlapilco, Tlaxcala, México. *Huitzil* 13(2): 104-109.
- García E. y P. Mosiño. 1968. Los climas de Baja California. Decenio Hidrológico Internacional. Memoria 1966-1967. *Instituto de Geofísica UNAM* 29-55p.
- García-Domínguez F., Arellano-Martínez M., J.A. García-Cuellar, J. López-Rocha, G. Duprat-Bertazzi, M. Villalejo-Fuerte y A. Tripp-Quezada. 2011. Reproductive cycle of the rock oyster, *Hytissa hyotis* (Linné 1758) (Mollusca, Bivalva, Gryphaeidae) during El Niño 1997-98 and La Niña 1998-99 events at La Ballena Island, Gulf of California, Mexico. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 6(3):222-231.
- Gaunt A.S., R.S. Hikida, J.R. Jehl Jr. y L. Fenbert. 1990. Rapid atrophy and hypertrophy of an avian flight muscle. *The Auk* 107: 649-659.
- Goericke R., E. Venrick, A. Mantyla, S. Hooff, C. Collins, G. Gaxiola-Castro, S.J. Bograd, F.B. Schwing, W.T. Peterson, B. Marinovic, R. Durazo, A. Huyer, R.L. Smith, P.A. Wheeler, F. Chavez, N. Lo, K.D. Hyrenbach y W.J.

- Sydeman. 2005. The state of the California Current, 2004-2005: Still cool?. *CalCOFI Rep.* 46: 32-71.
- Goericke R., E. Venrick, T. Koslow, W.J. Sydeman, F.B. Schwing, S.J. Bograd, W.T. Peterson, R. Emmett, J.R. Lara-Lara, G. Gaxiola-Castro, J. Gómez-Vadéz, K.D. Hyrenbach, R.W. Bradley, M.J. Weise, J.T. Harvey, C. Collins y N. Lo. 2007. The state of the California Current, 2006-2007: Regional and local processes dominate. *CalCOFI Rep.* 48: 33-66.
- Gu D. y S.G.H. Philander. 1997. Interdecadal climate fluctuations that depend on exchanges between the tropics and extratropics. *Science* 275: 805-807. doi: 10.1126/science.275.5301.805.
- Guevara-Medina M.A., J.A. Castillo-Guerrero y M.A. González-Bernal. 2008. Presencia y abundancia de aves de la isla Farallón de San Ignacio, Sinaloa. *Huitzil* 9(2): 20-28.
- Guzmán J., R. Carmona, E. Palacios y M. Bojórquez. 1994. Distribución temporal de aves acuáticas en el estero San José del Cabo, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 20(1): 93-103.
- Hanus S., H. Wollis y L. Wilkinson. 2002. Western (*Aechmophorus occidentalis*) and eared (*Podiceps nigricollis*) grebes of central Alberta: Inventory, survey techniques and management concerns. Alberta Sustainable Resource Development, Fish and Wildlife Division, Species at Risk Report No 41. Edmonton A.B.
- Hayes F.E. y J.A. Fox. 1991. Seasonality, habitat use, and flock sizes of shoerbirds at the Bahía de Asunción, Paraguay. *Wilson Bull.* 103: 637-649.
- Hazen E.L., I.D. Schroeder, J. Peterson, W.T. Peterson, W.J. Sydeman, S.A. Thompson, B.K. Wells, S.J. Bograd. 2012. Oceanographic and climatic

- drivers and pressures. CCIEA Phase II Report 2012: Drivers and Presures-Ocean and Climate. NOAA Fisheries. Farallon Institute Peraluma. USA. 56pp.
- Herbst D.B. 1992. Changing lake level and salinity at Mono Lake: habitat conservation problems for the benthic alkali fly. *En: The History of Water. White Mountain Research Station symposium vol. 4. pp. 198-210. University of California, Los Angeles.*
- Hernández-Vázquez S. 2005. Aves acuáticas de la Laguna de Agua Dulce y el Estero El Ermitaño, Jalisco, México. *Revista de Biología Tropical* 53 (1-2): 229-238.
- Hill W.L., K.J Jones, C.L. Hardenberg y M. Browne. 1997. Nest distance mediates the cost of coloniality in eared grebes. *Colonial Waterbirds* 20(3): 470-477.
- Hill W.L., M. Browne y C. Hardenbergh. 1995. Composition of eared grebe and western grebe eggs. *The Condor* 97: 1062-1064.
- Howes J. 1989. Shorebirds studies manual. AWB Publication No 55. Kuala Lumpur.
- Hubbard D. y J.E. Dugan. 2003. Shorebird use of an exposed sandy beach in southern California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58S: 41-54.
- Janet S. 1994. Nest site selection by eared grebes in Minnesota. *The Condor* 96(1):19-35.
- Jehl J.R. Jr. 1988. Biology of the eared grebe and wilson's phalarope in the non-breeding season: A study of adaptations to saline lakes. *Studies in Avian Biology* No. 12.

- Jehl J.R. Jr. 1993. Observations on the fall migration of eared grebes, based on evidence from a mass downing in Utah. *The Condor* 95: 470-473.
- Jehl J.R. Jr. 1994. Field estimates of energetics in migrating and downed blacknecked grebes. *Journal of Avian Biology* 25(1): 63-68.
- Jehl J.R. Jr. 1996. Mass mortality events of eared grebes in North America. *J. Field Ornithol.* 67(3): 471-476.
- Jehl J.R. Jr. 1997. Cyclical changes in body composition in the annual cycle and migration of the eared grebe *Podiceps nigricollis*. *Journal of Avian Biology* 28(2): 132-142.
- Jehl J.R. Jr. 1998. Conspecific collisions can precipitate mortality in migrating eared grebes. *The Wilson Bulletin* 110(3): 409-411.
- Jehl J.R. Jr. 2001. The abundance of the eared (black-necked) grebe as a recent phenomenon. *Waterbirds* 24(2): 245-249.
- Jehl J.R. Jr. y A.E. Henry. 2010. The postbreeding migration of eared grebes. *The Wilson Journal of Ornithology* 122(2): 217-227.
- Jehl J.R. Jr. y C. Johanson. 2002. Autumnal migration of Eared Grebes (*Podiceps nigricollis*) Through southwestern Wyoming: A key to assessing the size of the North American population. *Western North American Naturalist* 62(3): 335-340.
- Jehl J.R. Jr. y P.K. Yochem. 1986. Movements of eared grebes indicated by banding recoveries. *J. Field Ornithol.* 57(3): 208-212.
- Jehl J.R. Jr. y R.L. McKernan. 2002. Biology and migration of Eared Grebes at the Salton Sea. *Hydrobiologia* 473: 245–253.

- Jehl J.R. Jr. y S.I. Bond. 1983. Mortality of eared grebes in winter of 1982-83. *American Birds* 37(5): 832-835.
- Jehl J.R. Jr., A.E. Henry y S.I. Bond. 1999. Flying the gangtlet: population characteristics, sampling bias, and migration routes of eared grebes downed in the Utah Desert. *The Auk* 116(1): 178-183.
- Jehl J.R. Jr., W.S. Boyd, D.S. Paul y D.W. Anderson. 2002. Massive collapse and rapid rebound: population dynamics of eared grebes (*Podiceps nigricollis*) During an ENSO Event. *The Auk* 119(4): 1162-1166.
- Jehl J.R., Jr., A. E. Henry & H.I. Ellis. 2003. Optimizing migration in a reluctant and inefficient flier: The Eared Grebe. *En*: P. Berthold, E. Gwinner, E. Sonnenschein (eds) *Avian Migration*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Jellison R. y J.M. Melack. 1988. Photosynthetic activity of phytoplankton and its relation to environmental factors in hypersaline Mono Lake, Pages 69-88. *En*: J.M. Melack, (ed.), *Saline Lakes. Developments in Hydrobiology*. Dr. W. Junk Publ., The Hague. (also appeared in *Hydrobiologia* 158: 69-88).
- Jensen W.I. 1979. An Outbreak of Streptococcosis in Eared Grebes (*Podiceps nigricollis*). *Avian Diseases* 23(2): 543-546.
- Kahru M., R.M. Kudela, M. Manzano-Sarabia y B.G. Mitchell. 2012. Trends in the surface chlorophyll of the California Current: Merging data from multiple ocean color satellites. *Deep-Sea Res.* II, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2012.04.007>
- Kurtzman D. y B.R. Scalon 2007. El Niño-Souther Oscillation and Pacific Decadal Oscillation impacts on precipitation in the southern and central United States: Evaluation of spatial distribution and predictions. *Water Resources Research* 43. W10427, doi:10.1029/2007WR005863.

- Larson C.A. y G.E. Belovsky. 2013. Salinity and nutrients influence species richness and evenness of phytoplankton communities in microcosm experiments from Great Salt Lake, Utah, USA. *Journal of Plankton Research* 35(5): 1154-1166.
- Lavaniegos B.E., G. Gaxiola-Castro, L.C. Jiménez-Pérez, M.R. González-Esparza, T. Baumgartner y J. García-Córdova. 2003. 1997-98 El Niño effects on the pelagic ecosystem of the California current off Baja California, Mexico. *Geofísica Internacional* 42(3): 483-494.
- Lluch-Cota D.B., A. Castellanos-Vera, J. Llinas-Gutiérrez y A. Ortega-Rubio. 1993. La Reserva de la Biosfera del Vizcaíno. *En*: S. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.), Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO-CIQRO, México, D.F., pp. 358-388.
- Lynn R.D., C.A. Collins, A.W. Mantyla, F.B. Schwing, T. Baumgartner, T.L. Hayward, T. Murphree, K.M. Sakuma, J. García, K.D. Hyrenbach, A. Shankle y M.J. Tegner. 1998. The state of the California Current, 1997-1998: Transition to El Niño conditions. *CalCOFI* 39: 25-49.
- MacClatchie S., R. Goericke, J.A. Koslow, F.B. Schwing, S.J. Bograd, R. Charter, W. Watson, N. Lo, K. Hill, J. Gottschalck, M. L'Hereux, Y. Xue, W.T. Peterson, R. Emmett, C.A. Collins, G. Gaxiola-Castro, R. Durazo, M. Kahru, G. Mitchell, K.D. Hyrenbach, W.J. Sydeman, R.W. Bradley, P. Warzybok y E. Bjorkstedt. 2008. The state of the California Current, 2007-2008: La Niña conditions and their effects on the ecosystem. *CalCOFI Rep.* 49: 39-76.
- MacIntyre S., K.M. Flynn, R. Jellison y J.R. Romero. 1999. Boundary mixing and nutrient fluxes in Mono Lake, California. *Limnol. Oceanogr.* 44(3): 512-529.

- Mahoney S.A. y J.R. Jehl Jr. 1985. Avoidance of salt-loading by a diving bird at a hypersaline and alkaline lake: eared grebe. *The Condor* 87: 389-397.
- Majardo G.M., P. Sorgeloos y J.A. Beardmore. 2006. Inland hypersaline lakes and the brine shrimp *Artemia* as simple models for biodiversity analysis at the population level. *Saline Systems*: 2:14
- Mantua N.J. y S.R. Hare. 2002. The pacific decadal oscillation. *Journal of Oceanography* 58: 35-44.
- Mantua N.J., S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace y R.C. Francis. 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78: 1069-1079.
- Marcarelli A.M., W.A. Wurtsbaugh y O. Griset. 2006. Salinity controls phytoplankton response to nutrient enrichment in the Great Salt Lake, Utah, USA. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 63: 2236–2248. doi:10.1139/F06-113.
- Martínez I. 2010. Distribución y abundancia del Ganso de collar (*Branta bernicla nigricans*) en el complejo lagunar Guerrero Negro-Ojo de Liebre-ESSA, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). La Paz B.C.S., México. 86pp.
- Medina G. R., J. Goenaga, F. Hontoria, G. Cohen y F. Amat. 2007. Effects of temperature and salinity on prereproductive life span and reproductive traits of two species of *Artemia* (Branchiopoda, Anostraca) from Argentina: *Artemia franciscana* and *A. persimilis*. *Hydrobiologia* 579: 41-53.
- Méndez-González J., A. Ramírez-Leyva, E. Cornejo-Oviedo, A. Zárate-Lupercio y T. Cavazos-Pérez. 2010. Teleconexiones de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) a la precipitación y temperatura de México.

Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM
73: 57-70. ISSN 0188-4611.

Meteyer C.U., D.J. Audet, T.E. Rocke, W. Radke, L.H. Creekmore y R. Duncan.
2004. Investigation of a large-scale Eared Grebe (*Podiceps nigricollis*)
die-off at the Salton Sea, California, in 1992. *Studies in Avian Biology*
27:141-151.

Miller A.J. y N. Schneider. 2000. Interdecadal climate regime dynamics in the
North Pacific Ocean: Theories, observations and ecosystem impacts.
Progress in Oceanography 47: 255-379.

Mlikovsky J. 2010. A preliminary review of the grebes, family Podicipedidae. *Brit.
Orn. Club Occas. Publs* 5: 125–131.

National Research Council. 1987. The Mono Basin Ecosystem: Effects of
Changing Lake Level. Washington, DC: The National Academies Press.

Nishikawa K., E. Millán, R. Mendoza, A. Jorajuria y E. Amador. 1984. Mortality
of the eared grebe (*Podiceps nigricollis*) in Baja California during the first
trimester of 1983. *Ciencias Marinas* 10(1): 77-87.

NOAA. 2013. What is El Niño and La Niña?. Fact sheet. National Weather
Service. 2pp.

Nuechterlein G.L. y D. Buitron. 1992. Vocal advertising and sex recognition in
eared grebes. *The Condor* 94: 937-943.

O'Donnel C. y J. Fjeldsa. 1997. Grebes- Status survey and conservation action
plan. IUCN/SSC Grebe Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and
Cambridge, Uk. 59pp.

O'Hara P.D., B.J.M. Haase, R.W. Elner, B.D. Smith BD y J.K. Kenyon. 2007.
Are population dynamics of shorebirds affected by El Niño/Southern

Oscillation (ENSO) while on their nonbreeding grounds in Ecuador?.
Estuar Coast Shelf Sci 74: 96–108

Pacheco-Ruíz I., F. Becerril-Bobadilla, J.A. Zertuche-González, A. Chee-Barragán, A. Gálvez-Telles, R. Blanco-Betancourt. 2003. Effects of El Niño on beds of *Ulva lactuca* along the northwest coast on the Gulf of California, Mexico. *Geofísica Internacional* 42(3): 447-453.

Page G. W., L. E. Stenzel y C. M. Wolfe. 1979. Aspects of the occurrence of shorebirds on a central California estuary. *Study Biology in Avian* pp. 15-32.

Peterson B., R. Emmett, R. Goericke, E. Venrick, A. Mantyla, S.J. Bograd, F.B. Schwing, R. Hewitt, N. Lo, W. Watson, J. Barlow, M. Lowry, S. Ralston, K.A. Forley, B.E. Lavaniegos, W.J. Sydeman, D. Hyrenbach, R.W. Bradley, P. Warzybok, F. Chavez, K. Hunter, S. Benson, M. Weise, J. Harvey, G. Gaxiola-Castro y R. Durazo. 2006. The state of the California Current, 2005-2006: Warm in the north, cool in the south. *CalCOFI Rep.* 47: 30-74.

Peterson W.T., C.A. Morgan, J.O. Peterson, J.L. Fisher, B.J. Burke y K. Fresh. 2012. Ocean ecosystem indicators of salmon marine survival in the Northern California Current. NOAA.
www.nwfsc.noaa.gov/research/divisions/fed/oeip/documents/peterson_etal_2011.pdf.

Pineda-López R. y A. Arellano-Sanaphre. 2010. Nothework records of aquatic birds in the state of Queretaro, Mexico. *Huitzil* 11(2): 49-59.

Pineda-López R., N. Febvre y M. Martínez. 2010. Importancia de proteger pequeñas áreas periurbanas por su riqueza avifaunística: el caso de Mompaní, Querétaro, México. *Huitzil* 11(2): 69-80.

- Roberts A.J. 2013. Avian diets in a saline ecosystem: Great Salt Lake, Utah, USA. *Human–Wildlife Interactions* 7(1):158–168.
- Roberts A.J., M.R. Conover, J. Luft y J. Neill. 2013. Population fluctuations and distribution of staging eared grebes (*Podiceps nigricollis*) in North America. *Canadian Journal of Zoology* 91(12): 906-913 (doi: 10.1139/cjz-2013-0181).
- Rzedowky J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México, D.F. 432pp.
- Sandercock B.K. 2003. Estimation of survival rates for wader populations: a review of mark-recapture methods. *Wader Study Group Bulletin* 100:163–174.
- Schoennagel T., T.T. Veblen, D. Kulakowski y A. Holz. 2007. Miltidecadal climate variability and climate interactions affect subalpine fire occurrence western Colorado (USA). *Ecology* 88(11): 2891-2902.
- Schoennagel T., T.T. Veblen, W.H. Romme, J.S. Sibold y E.R. Cook. 2005. ENSO and PDO variability affect drought-induced fire occurrence in rocky mountain subalpine forests. *Ecological Applications* 15(6): 2000-2014
- Schwing F.B., T. Murphree y P.M. Green. 2002. The Northern Oscillation Index (NOI): a new climate index for the northeast Pacific. *Progress in Oceanography* 53: 115–139.
- SEMARNAP. 2000. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. SEMARNAP. México. 243pp.
- Siegel S. y N.J. Castellan. 2005. Estadística no paramétrica: Aplicada a las ciencias de la conducta. Cuarta Reimpresión. Editorial Trillas. México. 429p.

- Soniraj N. 2004. Effect of salinity on the life span and reproductive characteristics of brine shrimps in the salt pans at Tuticorin. *J. mar. biol. Ass. India* 46 (2): 133 - 140.
- StatSoft. 2007. Statistica for Windows versión 8.0. StatSoft Inc. Tulsa, Oklahoma.
- Stephens D.W. 1990. Changes in lake levels, salinity and the biological community of Great Salt Lake (Utah, USA), 1847-1987. *Hydrobiologia* 197: 139-146.
- Stephens D.W. y D.M. Gillespie. 1976. Phytoplankton production in the Great Salt Lake, Utah, and a laboratory study of algal response to enrichment. *Limnology and Oceanography* 21(1): 74-87.
- Storer R.W. y J.R. Jehl Jr. 1985. Moults patterns and moults migration in the Black-necked grebe *Podiceps nigricollis*. *Ornis Scandinavica* 16(4): 253-260.
- Tershy B.R., D. Breese y E. Van Gelder. 1993. Relative abundance and seasonal distribution of seabirds in the Canal Ballenas, Gulf California. *The Condor* 95: 458-464.
- Townsend P.A. y A. Navarro-Sigüenza. 2006. Hundred-year changes in the avifauna of the Valley of Mexico, Distrito Federal, Mexico. *Hiutzil* 7: 4-14.
- Vanhaecke P., S.E. Siddall y P. Sorgeloos. 1984. International study on Artemia XXXII combined effects of temperature and salinity on the survival of Artemia of various geographical origins. *J. Exp. mar. Biol. Ecol.* 80: 259-275.
- Villaseñor, G. J. F. y Santana E. 2003. El monitoreo de poblaciones: herramienta necesaria para la conservación de aves en México. *En:*

- Conservación de las aves. Experiencias en México. Héctor Gómez de Silva y Adán Oliveras de Ita Editores. CONABIO, México. 408p.
- Watts J.M., B.K. Swan, M.A. Tiffany y S.H. Hurlbert. 2001. Thermal and mixing regimes and oxygen dynamics of the Salton Sea, California, 1997-1999. *Hydrobiologia* 466:159-176.
- Williams S.O. III. 1982. Notes on the breeding and occurrence of western grebes on the Mexican plateau. *The Condor* 84: 127-130.
- Wyllie J.G. 1961. The water masses of Sebastian Vizcaíno Bay. *CalCOFI Rep.*, VIII: 83-93.
- Zamora-Orozco E.M., R. Carmona y G. Brabata. 2007. Distribución de aves acuáticas en las lagunas de oxidación de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.* 55 (2): 617-626.
- Zar J.H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. E.U.A. 663pp.
- Zárate-Ovando B., E. Palacios y H. Reyes-Bonilla. 2008. Estructura de la comunidad y asociación de las aves acuáticas con la heterogeneidad espacial del complejo lagunar Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.* 56 (1): 371-389.
- Zárate-Ovando B., E. Palacios, H. Reyes-Bonilla, E. Amador y G. Saad. 2006. Waterbirds of the Lagoon Complex Magdalena Bay-Almejas, Baja California Sur, México. *Waterbirds* 29: 350-364.

13. ANEXOS

ANEXO 1

El Oceanic Niño Index (ONI), también conocido como el ENSO 3.4 Index, es el principal instrumento de la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), para determinar las fases del fenómeno ENSO (siglas en ingles de El Niño-La Niña-Oscilación del Sur).

Las mediciones del ONI se basan en las anomalías de la temperatura superficial promedio del mar en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 170°W-120°W; Fig. 1). Para determinar esto, se toman mediciones por “temporada”, una temporada equivale a el promedio de tres meses seguidos (por ejemplo, diciembre-enero-febrero, enero febrero marzo) y este promedio es comparado con el promedio de esa misma de un periodo de 30 años atrás, la diferencia entre estos promedios es el valor del ONI.

La definición que utiliza la NOAA es básica, si las temperaturas promedio en la región 3.4 (Fig. 1) son 0.5°C más cálidas durante cinco “temporadas” seguidas entonces se considera una evento Niño, si son 0.5°C más frías durante el mismo periodo entonces se considera un evento Niña. Estos fenómenos son las fases extremas del fenómeno ENSO, y su intensidad (débil, moderado o fuerte) es determinada por la magnitud de la anomalía de temperatura, así como la cantidad de temporadas que ocurra dicha anomalía; la tercera fase de fenómeno ENSO, se considera ENSO-Neutral.

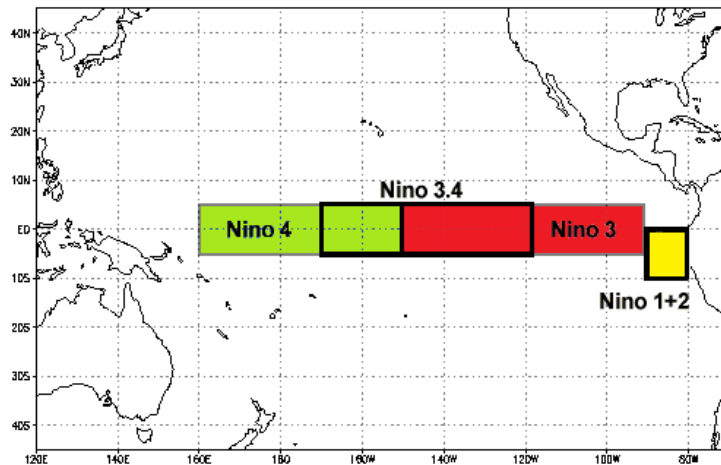


Figura 1: Ubicación de las regiones Niño en el ecuador (Imagen tomada de:

<http://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>).

Estos fenómenos tienen efecto mundial debido a las llamadas teleconexiones o circulaciones atmosféricas, el modo que está conectado el fenómeno ENSO, en particular con Norte América es por medio de la circulación o célula de Hadley-Walker (Fig. 2). En el ecuador el aire y la superficie del mar se calientan debido a la alta radiación solar, los vientos alisios convergentes en esta zona impulsan ese aire cálido hacia el oeste del Pacífico (Asia-Australia) donde se acumula (agua de mar y aire cálidos), éste aire cálido al tener una menor densidad sube hacia la troposfera, provocando la disminución de la presión atmosférica a nivel del mar en esta zona, después se mueve hacia latitudes altas por medio de canales de baja presión, durante este desplazamiento de energía, la corriente de aire es afectada por el efecto Coriolis, llegando solo a latitudes medias de ambos hemisferios (30° N y 30° S); en el Hemisferio Norte, durante éste movimiento el aire de la tropósfera se enfría, aumentando su densidad y desciende en la costa oeste de Estados Unidos de América, provocando altas presiones atmosféricas, de donde nuevamente se desplaza hacia el ecuador por efecto de los canales de baja presión, comenzando la circulación nuevamente.

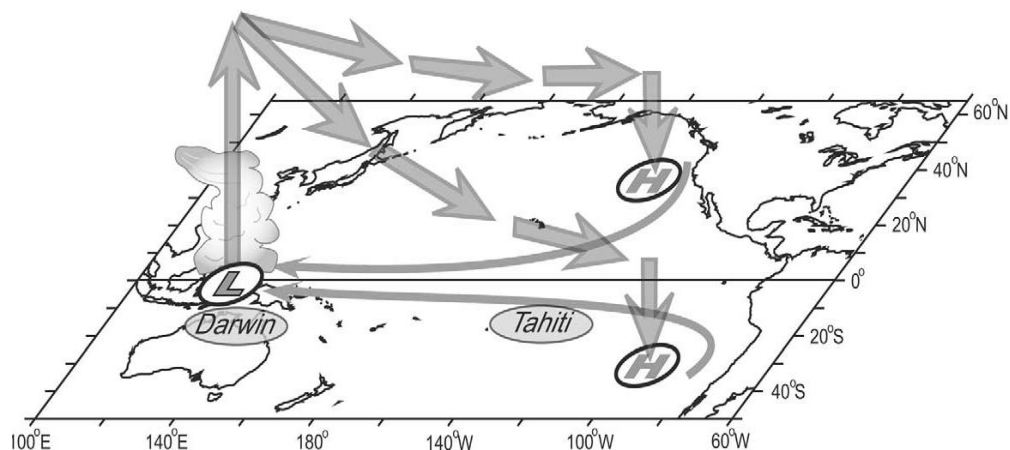


Figura 1.- Circulación Hadley-Walker (Imagen tomada de: Schwing *et al.* 2002)

Si ocurriera un fenómeno Niño, por la disminución en intensidad o cambio de dirección de los vientos alisios, la corriente de aire que lleva la circulación Hadley-Walker reduce su efecto sobre la latitud media de ambos hemisferios, provocando anomalías y aumento de las temperaturas de la superficie del océano y ambiental en el continente americano. En el fenómeno de La Niña ocurre lo contrario.

ANEXO 2

La Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés) ha sido descrita como una fluctuación o variabilidad climática de largo período en el Océano Pacífico, el cual afecta principalmente la cuenca del Pacífico y el clima de América del Norte. Se basa en la Función Empírica Ortogonal (EOF, por sus siglas en inglés) de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) mensual, al norte de 20 ° N.

El patrón del PDO es similar a la variabilidad de la TSM asociada a los eventos ENSO, sin embargo, la diferencia es la escala espacial, el ENSO influye sustancialmente en el clima tropical, mientras el PDO afecta al Pacífico norte y al continente norteamericano. Inclusive, el PDO ha sido descrito por algunos como el fenómeno El Niño prolongado o de larga duración.

Las fases empleadas en el PDO se denominan las fases cálidas (valores positivos, Fig. 1) o fases frías (valores negativos, Fig. 1), aunque normalmente permanece en una fase durante un periodo de tiempo significativo (entre 10 y 40 años), no es inusual que estos periodos largos se rompan con intervalos en los que cambia de fases durante periodos entre 1 y 5 años.

Las fases cálidas (o frías) del PDO están regidas por la prevalencia de valores positivos (negativos) y son más nombres que descripciones físicas. En la Figura 1, la fase "fría" presenta una franja de agua más fría de lo normal en la parte este del Pacífico Norte (la costa de Estados Unidos) y una masa de agua más caliente de lo normal en forma de herradura que conecta el Pacífico norte con el Pacífico oeste y el Pacífico sur. En la fase "caliente" de la PDO, el Pacífico oeste se vuelve más frío y la franja del Pacífico este se calienta.

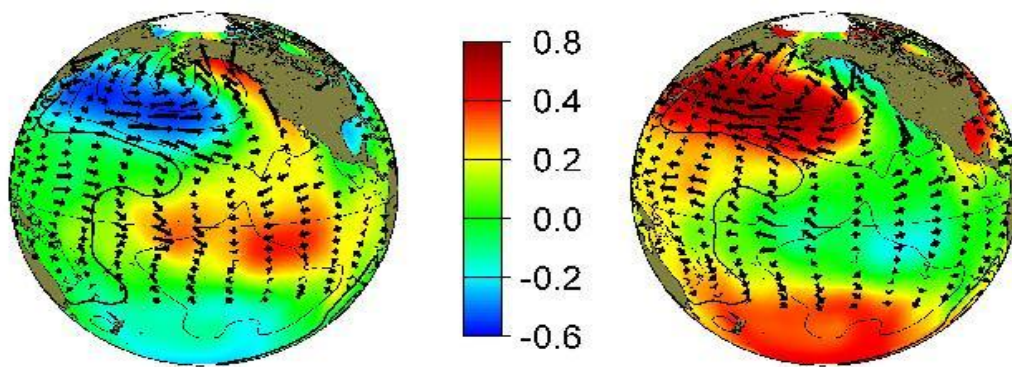


Figura 1: Ilustración de las fases cálida (izquierda) y la fase fría (derecha) del PDO. Imagen tomada de: <http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>.

El PDO surgió como un método para explicar las conexiones entre los ciclos de producción de salmón de Alaska y el clima del Pacífico, y ha demostrado ser de suma utilidad para explicar eventos y ciclos de productividad biológica en el Noroeste del Océano Pacífico y de igual manera ha mostrado estar correlacionado con eventos que afectan el continente.

ANEXO 3

Oficio de acuse a la petición de la base de datos de factores ambientales de la Comisión Nacional del Agua.



ORGANISMO DE CUENCA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA
DIRECCIÓN LOCAL BAJA CALIFORNIA SUR
SUBDIRECCIÓN DE ASISTENCIA TÉCNICA OPERATIVA

OFICIO No. B00.00.E02.05.- 2546
REFERENCIA: 300812OF-165



SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES

SEMARNAT

La Paz, Baja California Sur, a 07 de septiembre de 2012.

C. IVÁN FERNANDO POZAS OCAMPO

La Paz, Baja California Sur
fernandopozas@hotmail.com

En atención a su escrito de fecha 28 de agosto del año en curso, con el que solicita información respecto a los datos de temperatura ambientales (máximas y mínimas mensuales), la temperatura superficial del agua (máximas y mínimas mensuales) así como la precipitación pluvias mensual, a partir del mes de enero de 2004 a junio de 2012, de la localidad de Guerrero Negro, municipio de Mulegé, Baja California Sur.

Sobre el particular y con las facultades que me confieren los artículos 1,9 fracción III y 11 letra C, 82 fracción XII y 86 fracciones I, II, V, VI y VII del Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 30 de noviembre de 2006; segundo fracción I del Acuerdo por el que se delegan atribuciones a las unidades administrativas que en el mismo se indican publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 03 de octubre de 2007; Primero, Segundo fracción I, arábigo 7, Clave Estatal, Clave Mpio. 03002 y Tercero del Acuerdo por el que se determina la circunscripción territorial de los Organismos de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de abril de 2010, por este conducto informo a Usted, que en las estaciones climatológicas a cargo de esta Dirección Local no se registra la temperatura superficial del agua, asimismo, le informo que los registros existentes en los archivos de la Subdirección de Asistencia Técnica Operativa de esta Dirección Local Baja California Sur, relacionados con la estación climatológica ubicada en la localidad de Guerrero Negro, municipio de Comondú, estado de Baja California Sur, referente a las variables climatológicas de temperatura y precipitación mensual durante los años 2004 a junio de 2012, le serán enviados a la dirección de correo electrónico fernandopozas@hotmail.com.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
EL DIRECTOR LOCAL

ING. ISRAEL CAMACHO GASTELUM

"Juntos cuidamos el agua"

Ccp.- Archivo
ICG/JONL/JCA/2012

ANEXO 4

Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para las abundancias de *Podiceps nigricollis* de acuerdo a los meses, sin hacer separación por temporadas.

Mes	n	d	p
Julio	84	0.43	<0.01
Agosto	84	0.4	<0.01
Septiembre	84	0.34	<0.01
Octubre	96	0.35	<0.01
Noviembre	96	0.37	<0.01
Diciembre	96	0.31	<0.01
Enero	84	0.28	<0.01
Febrero	84	0.32	<0.01
Marzo	96	0.34	<0.01
Abril	96	0.35	<0.01
Mayo	96	0.34	<0.01
Junio	96	0.36	<0.01

Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para las abundancias entre noviembre y abril de *Podiceps nigricollis* según las áreas, sin hacer separación entre temporadas.

Área	n	d	p
S-1A	46	0.29	<0.01
S-1B	46	0.22	<0.05
S-2	46	0.34	<0.01
A1	46	0.18	<0.10
A2	46	0.45	<0.01
A3	46	0.38	<0.01
A4	46	0.29	<0.01
A5	46	0.13	>0.20
A6	46	0.09	>0.20
A7	46	0.34	<0.01
A8	46	0.23	<0.05
A9	46	0.38	<0.01

ANEXO 5

Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para las temporadas tomando en cuenta las abundancias totales de noviembre a abril de *Podiceps nigricollis* en Guerrero Negro.

Temporada	n	d	p
2004-05	6	0.21	>0.20
2005-06	6	0.17	>0.20
2006-07	6	0.21	>0.20
2007-08	5	0.20	>0.20
2008-09	5	0.21	>0.20
2009-10	6	0.17	>0.20
2010-11	6	0.35	>0.20
2011-12	6	0.3	>0.20

Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para las temporadas tomando en cuenta la Temperaturas Máximas, Temperaturas Mínimas y Precipitación de noviembre a abril en la localidad de Guerrero Negro.

Temporada	n	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Precipitación	
		d	p	d	p	d	p
2004-05	6	0.2	>0.20	0.38	>0.20	0.35	>0.20
2005-06	6	0.2	>0.20	0.31	>0.20	0.49	<0.10
2006-07	6	0.16	>0.20	0.15	>0.20	0.49	<0.10
2007-08	5	0.31	>0.20	0.14	>0.20	0.29	>0.20
2008-09	5	0.24	>0.20	0.24	>0.20	0.43	<0.15
2009-10	6	0.24	>0.20	0.27	>0.20	0.25	>0.20
2010-11	6	0.33	>0.20	0.26	>0.20	0.28	>0.20
2011-12	6	0.27	>0.20	0.28	>0.20	0.45	<0.15

ANEXO 6

Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para las temporadas tomando en cuenta la Temperaturas Máximas, Temperatura Mínima y Precipitación de noviembre a abril, del sitio más cercano al Mar de Salton.

Temporada	n	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Precipitación	
		d	p	d	p	d	p
2004-05	6	0.25	>0.20	0.13	>0.20	0.20	>0.20
2005-06	6	0.19	>0.20	0.23	>0.20	0.49	>0.20
2006-07	6	0.25	>0.20	0.26	>0.20	0.49	>0.20
2007-08	5	0.29	>0.20	0.22	>0.20	0.27	>0.20
2008-09	5	0.28	>0.20	0.21	>0.20	0.30	>0.20
2009-10	6	0.19	>0.20	0.23	>0.20	0.35	>0.20
2010-11	6	0.25	>0.20	0.17	>0.20	0.40	>0.20
2011-12	6	0.29	>0.20	0.19	>0.20	0.26	>0.20

Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para las temporadas tomando en cuenta la Temperatura Máximas, Temperatura Mínima y Precipitación de julio a octubre, del sitio cercano al Lago Mono. No se muestra la temporada 2004-05 porque solo contaba con un solo dato.

Temporada	n	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Precipitación	
		d	p	d	p	d	p
2004-05	-	-	-	-	-	-	-
2005-06	4	0.21	>0.20	0.17	>0.20	0.32	>0.20
2006-07	4	0.20	>0.20	0.24	>0.20	0.29	>0.20
2007-08	4	0.25	>0.20	0.15	>0.20	0.36	>0.20
2008-09	4	0.26	>0.20	0.22	>0.20	0.26	>0.20
2009-10	4	0.35	>0.20	0.14	>0.20	0.23	>0.20
2010-11	4	0.32	>0.20	0.33	>0.20	0.23	>0.20
2011-12	4	0.24	>0.20	0.21	>0.20	0.32	>0.20

Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para las temporadas tomando en cuenta la Temperaturas Máximas, Temperatura Mínima y Precipitación de julio a octubre, del sitio cercano al Gran Lago Salado. No se muestra la temporada 2004-05 porque solo contaba con un solo dato.

Temporada	n	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Precipitación	
		d	p	d	p	d	p
2004-05	-	-	-	-	-	-	-
2005-06	4	0.23	>0.20	0.19	>0.20	0.32	>0.20
2006-07	4	0.11	>0.20	0.15	>0.20	0.18	>0.20
2007-08	4	0.25	>0.20	0.30	>0.20	0.33	>0.20
2008-09	4	0.23	>0.20	0.16	>0.20	0.21	>0.20
2009-10	4	0.20	>0.20	0.21	>0.20	0.25	>0.20
2010-11	4	0.16	>0.20	0.15	>0.20	0.22	>0.20
2011-12	4	0.20	>0.20	0.21	>0.20	0.17	>0.20

ANEXO 7

Pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para las temporadas tomando en cuenta los valores mensuales del ONI de noviembre a abril.

Temporada	n	ONI		PDO	
		d	p	d	p
2004-05	6	0.27	>0.20	0.17	>0.20
2005-06	6	0.13	>0.20	0.29	>0.20
2006-07	6	0.19	>0.20	0.25	>0.20
2007-08	5	0.21	>0.20	0.19	>0.20
2008-09	5	0.18	>0.20	0.29	>0.20
2009-10	6	0.2	>0.20	0.26	>0.20
2010-11	6	0.22	>0.20	0.17	>0.20
2011-12	6	0.16	>0.20	0.12	>0.20