

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



MIGRACIÓN E INVERNACIÓN DEL PLAYERO
ROJIZO DEL PACÍFICO (*Calidris canutus*
***roselaari*) EN GUERRERO NEGRO, BAJA**
CALIFORNIA SUR, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

NALLELY ARCE VILLAVICENCIO

LA PAZ, B. C. S., JUNIO DE 2011



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 26 del mes de Abril del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"MIGRACIÓN E INVERNACIÓN DEL PLAYERO ROJIZO DEL PACÍFICO (*Calidris canutus roselaari*)
EN GUERRERO NEGRO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

ARCE Apellido paterno	VILLAVICENCIO materno	NALLELY nombre(s)							
		Con registro: <table border="1"><tr><td>A</td><td>0</td><td>9</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>7</td></tr></table>	A	0	9	0	1	2	7
A	0	9	0	1	2	7			

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis


DR. L. ROBERTO CARMONA PIÑA
Director de Tesis


MC. FELIPE NERI MELO BARRERA
Director de Tesis


MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO


DR. ROBERTO FÉLIX URUGA

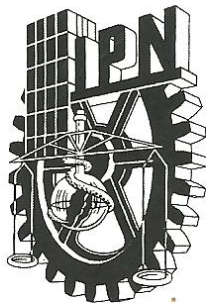

DR. JOSÉ ALFREDO CASTILLO GUERRERO

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 23 del mes Mayo del año 2011, el (la) que suscribe BM. NALLELY ARCE VILLAVICENCIO alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A090127 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. L. ROBERTO CARMONA PIÑA y MC. FELIPE NERI MELO BARRERA y cede los derechos del trabajo titulado:

"MIGRACIÓN E INVERNACIÓN DEL PLAYERO ROJIZO DEL PACÍFICO

(*Calidris canutus roselaari*) EN GUERRERO NEGRO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: nallely_arce@hotmail.com - beauty@uabcs.mx - fmelo@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Nallely Arce V.

BM. NALLELY ARCE VILLAVICENCIO

nombre y firma

DEDICATORIA

A mi pequeño hijo Santiago, porque gracias a ti he vivido los momentos más gratos de mi vida y me has enseñado el amor más grande que puede existir. ¡Gracias porque con tu sola sonrisa haces que mi vida se llene de alegría!.

A Victor por estar conmigo desde el principio en esta aventura, ¡gracias por tu amor, comprensión, apoyo y por cada momento compartido!. Este trabajo también es tuyo. ¡Gracias por todas tus enseñanzas!, tanto académicas como personales.

A mis papás, Humberto Arce Villavicencio y Gabriela Villavicencio Aguilar, ¡gracias por todo su apoyo!, por confiar en mí, y por la educación que me dieron.

A mis hermanas, Belén Cecilia, Gabriela y Nadya, ¡gracias en verdad por todos sus consejos y todas las pláticas de aliento!.

AGRADECIMIENTOS

A Victor, por apoyarme incondicionalmente, por su gran paciencia para explicarme y tratar de resolver siempre mis dudas en los momentos que sentía no poder avanzar. ¡Gracias también por todo tu apoyo en campo y por tu contagioso amor por las aves!

A mi papá académico, Roberto, nunca terminaré de agradecerte por todo lo que he aprendido trabajando contigo. Te admiro y respeto muchísimo, has sido un gran apoyo desde el final de mi carrera, cuando inicié en este campo, hasta este momento de mi vida. ¡Gracias Roberto por los consejos recibidos y por las enseñanzas transmitidas! y por todas las charlas, que siempre son muy placenteras y alentadoras.

A Felipe Neri, por todos sus comentarios a lo largo de este trabajo, por su excelente labor de revisión, por su amabilidad y disponibilidad, y por haber sido tan comprometido desde el inicio.

Al Dr. Roberto Félix, por ser tan paciente para explicarme y por todo su apoyo desde que entré a estudiar a CICIMAR.

A José Alfredo, por ayudarme con las dudas estadísticas y por proporcionarme bibliografía.

Al comité revizador, Dr. Roberto Carmona, MC. Felipe Neri Melo Barrera, Dr. Roberto Félix Uruga, MC. Gustavo de la Cruz Agüero, Dr. José Alfredo Castillo Guerrero y Dr. Pablo del Monte Luna, gracias a todos por sus comentarios y sugerencias, todos enriquecieron mucho este trabajo. Gracias por sus excelentes revisiones.

Al personal del laboratorio de aves de la UABCS: Roberto, Gina, Victor, Rosalba, Israel, Denisse, Luis, Gerardo, Fabiola, Rafael, Adriana, Gaby, Hugo, Joel y Paty, porque cada uno de ustedes colaboró con este proyecto. ¡Gracias a todos por ser grandes compañeros y por todos los momentos compartidos en campo!

A Pronatura Noroeste, A.C., en especial a Gustavo D. Danemann, responsable del proyecto: "Conservation of the Brant (*Branta bernicla*) and other migratory waterbirds in the Guerrero Negro-Ojo de Liebre coastal lagoon complex, Baja California Sur, México", proyecto del cual surge esta investigación. También a María de Jesús de la Cerda y Socorro Muñoz, quienes colaboran dentro de este proyecto.

A la División de Conservación de Hábitat de Aves del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos de América, que a través del Acta para la Conservación de los Humedales de Norteamérica (NAWCA), financió parcialmente este proyecto, y en especial a Ellen C. Murphy, Coordinadora del Programa México por todas las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

Al Sonoran Joint Venture, por su apoyo para continuar con las investigaciones ornitológicas en Guerrero Negro, en especial a Carol Beardmore.

A la Compañía Exportadora de Sal S.A. de C.V., en particular al Ing. Edmundo Elorduy Dahlhaus por todo su apoyo y por solventar las necesidades a lo largo de este trabajo, así mismo al Ocean. Martín Domínguez por facilitar la disposición del personal del Departamento de Ecología, Calidad y Seguridad Industrial y todo el material requerido.

Al equipo de trabajo del Departamento de Ecología de ESSA: Fabián Castillo, Ramiro Zaragoza y Joaquín Rivera, por todo su apoyo brindado en campo.

A la Reserva de la Biósfera del Vizcaíno, por el apoyo brindado tanto en campo como en diferentes aspectos administrativos.

A Toño Gutiérrez, por compartir sus experiencias como observador de aves, por su amabilidad y hospitalidad en Guerrero Negro.

Al postgrado de CICIMAR y a los profesores que tuve la oportunidad de conocer académicamente, por permitirme continuar con mi formación.

Al CONACYT y a PIFI, por las becas otorgadas, las cuales me permitieron la realización de este estudio de postgrado.

ÍNDICE	Página
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABLAS	v
GLOSARIO	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN	8
4. OBJETIVO	9
4.1. Metas	9
5. ÁREA DE ESTUDIO	9
6. MÉTODOS	11
6.1. Monitoreo de la Abundancia	11
6.1.1. Censos en carro	12
6.1.2. Censos en cuatrimoto	12
6.1.3. Censos en lancha	13
6.2. Capturas	14
6.3. Avistamientos	16
6.4. Análisis de Datos	16
6.4.1. Abundancia temporal	17
6.4.2. Estructura poblacional por grupo de edad	17
6.4.3. Morfometría	18
6.4.4. Cambios temporales en la masa corporal por grupo de edad	18
6.4.5. Cronología de muda	19
6.4.6. Tasa de retorno	19
7. RESULTADOS	20
7.1. Abundancia Temporal	20
7.2. Estructura Poblacional por Grupo de Edad	23
7.3. Morfometría	26
7.4. Cambios Temporales en la Masa por Grupo de Edad	27

7.5. Cronología de Muda	30
7.6. Avistamientos	31
7.7. Tasa de Retorno	32
8. DISCUSIÓN	35
8.1. Abundancia Temporal	35
8.2. Estructura Poblacional por Grupo de Edad	43
8.3. Morfometría	47
8.4. Cambios Temporales en la Masa Corporal por Grupo de Edad	48
8.5. Cronología de Muda	51
8.6. Avistamientos	52
8.7. Tasa de Retorno	53
9. DISCUSIÓN GENERAL	57
10. CONCLUSIONES	58
11. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS	59
12. BIBLIOGRAFÍA CITADA	60
13. ANEXOS	75

LISTA DE FIGURAS	Página
Figura 1. Plumaje reproductivo (rojizo) y plumaje de invierno (gris) de <i>Calidris canutus</i> .	4
Figura 2. Distribución de las seis subespecies de <i>Calidris canutus</i> en el mundo (Niles <i>et al.</i> , 2008).	5
Figura 3. Área de Estudio. En gris se muestra el complejo de humedales Ojo de Liebre-Guerrero Negro-Exportadora de Sal.	11
Figura 4. Área de estudio en donde se resalta en gris las áreas seleccionadas por el plan de monitoreo realizado por Carmona <i>et al.</i> (2008), en las cuales se llevaron a cabo los conteos.	13
Figura 5. Estructuras de culmen expuesto (A), cabeza total (B), tarso (C), y cuerda alar (D) de <i>C. canutus roselaari</i> medidas en Guerrero Negro.	15
Figura 6. Marcado de individuos de <i>C. canutus roselaari</i> en Guerrero Negro.	16
Figura 7. Abundancia mensual estimada de <i>C. canutus roselaari</i> en Guerrero Negro durante las dos temporadas de estudio.	21
Figura 8. Abundancia de <i>C. canutus roselaari</i> por temporada (A) y por estación (B). Se muestra la mediana (▪), el 50% de las observaciones (□) y los valores mínimo y máximo registrados (en ambos análisis las diferencias fueron significativas). OT= Otoño, IN= Invierno, PR= Primavera, VR= Verano.	22
Figura 9. Proporción de adultos de <i>C. canutus roselaari</i> en octubre de 2006, y otoño de 2007-08 y 2008-09. Se muestran los intervalos de confianza al 95% (las diferencias fueron significativas).	24
Figura 10. Proporción de adultos de <i>C. canutus roselaari</i> en GN por temporada (A), estación (B), y por la interacción temporada-estación (C). Se muestran los intervalos de confianza al 95% (sólo la interacción de las variables fue significativa).	25
Figura 11. Masa corporal (g) de <i>C. canutus roselaari</i> por grupo de edad. Se muestra la mediana (▪), el 50% de las observaciones (□) y los	27

valores mínimo y máximo registrados (las diferencias fueron significativas).	
Figura 12. Masa corporal (g) de los adultos de <i>C. canutus roselaari</i> para octubre de 2006 y otoño de 2007-08 y 2008-09. Se muestra la mediana (▪), el 50% de las observaciones (□) y los valores mínimo y máximo registrados (las diferencias fueron significativas).	28
Figura 13. Masa corporal (g) de los adultos de <i>C. canutus roselaari</i> por temporada (A) y por estación (B). Se muestra la mediana (▪), el 50% de las observaciones (□) y los valores mínimo y máximo registrados (sólo por temporada se encontró diferencia significativa).	29
Figura 14. Masa corporal (g) de los juveniles de <i>C. canutus roselaari</i> por temporada (A) y por estación (B). Se muestra la mediana (▪), el 50% de las observaciones (□) y los valores mínimo y máximo registrados (sólo por estación se encontró diferencia significativa).	30
Figura 15. Cronología de muda de <i>C. canutus roselaari</i> en Guerrero Negro.	31
Figura 16. Tasa de retorno por grupo de edad de <i>C. canutus roselaari</i> en Guerrero Negro. Se muestra el promedio (▪), $\pm$ el error estándar (□) y los intervalos de confianza al 95% (las diferencias fueron significativas).	33
Figura 17. Tasa de retorno de <i>C. canutus roselaari</i> por edad a la temporada de trabajo 2008-09 en Guerrero Negro. Se muestra el promedio (▪), $\pm$ el error estándar (□) y los intervalos de confianza al 95% (no se detectaron diferencias significativas).	34
Figura 18. Tasa de retorno por tipo de ambiente de los adultos (A) y los juveniles (B) de <i>C. canutus roselaari</i> en Guerrero Negro. Se muestra el promedio (▪), $\pm$ el error estándar (□) y los intervalos de confianza al 95% (en ambos casos las diferencias fueron significativas).	35

LISTA DE TABLAS	Página
Tabla 1. Formación de grupos homogéneos, según la prueba de Nemenyi, de las abundancias de <i>C. canutus roselaari</i> para las cuatro estaciones del año.	22
Tabla 2. Captura total de <i>C. canutus roselaari</i> en Guerrero Negro en octubre de 2006 y en las dos temporadas de estudio. El número entre paréntesis es el porcentaje con respecto al total.	23
Tabla 3. Formación de grupos homogéneos según Tukey, para la proporción de adultos de <i>C. canutus roselaari</i> en octubre de 2006, y otoño de 2007-08 y 2008-09.	24
Tabla 4. Formación de grupos homogéneos según Tukey, para la proporción de adultos de <i>C. canutus roselaari</i> por la interacción temporada-estación, en Guerrero Negro.	26
Tabla 5. Media y desviación estándar de las medidas morfométricas por grupo de edad. Se muestran también los valores del estadístico <i>t</i> y el valor de <i>p</i> .	26
Tabla 6. Resultados de los ANDEVA de dos vías modelo de efectos aleatorios, de las estructuras morfométricas consideradas. Se muestra el valor del estadístico de prueba, los grados de libertad y el nivel de significancia (<i>p</i>).	27
Tabla 7. Formación de grupos homogéneos, según Nemenyi, de las masas de los adultos de <i>C. canutus roselaari</i> para octubre de 2006 y otoño de 2007-08 y 2008-09.	28
Tabla 8. Observaciones de ejemplares de <i>C. canutus roselaari</i> marcados en GN.	31
Tabla 9. Total de las observaciones realizadas en Guerrero Negro.	32
Tabla 10. Observaciones en Guerrero Negro de aves marcadas en otros sitios de la ruta migratoria del Pacífico, de <i>C. canutus roselaari</i> .	32

GLOSARIO

Ámbito hogareño: es el área que un ave ocupa en sus actividades de alimentación, descanso, reproducción y cuidado de sus crías. Su tamaño se relaciona con los requerimientos propios de cada especie, con las relaciones intra e interespecíficas, así como la disponibilidad y el uso de los recursos.

Aves playeras: es un grupo heterogéneo de aves que pertenece al orden Charadriiformes; estas aves comparten características morfológicas y de comportamiento, particularmente en alimentación. Normalmente se encuentran en playas y planicies lodosas costeras o de aguas interiores.

Avistamiento (reobservación): se refiere a la captura visual de un individuo marcado.

Censo: consiste en una lista de presencias y ausencias en áreas de muestreo definidas, la cual surge de un conteo de individuos de la (s) especie (s) de interés. Puede incluirse el recuento de los individuos y podrían ser reconocidos por clases de edad, sexo, tamaño y dominancia.

Corredor migratorio: ruta que utilizan las aves para viajar entre sus sitios de reproducción y los de invernación.

Edad: cada ave se clasificó como juvenil o adulto, por lo que en este trabajo se utilizó como variable binomial.

Época no reproductiva: término que hace referencia al período que incluye los siguientes eventos: migración de otoño, invernación y migración de primavera. Para la mayoría de las aves representa poco más del 80% de un ciclo anual.

Fidelidad: lealtad mostrada por las aves u otros organismos al sitio que ocuparon previamente; el sitio puede ser la localidad de reproducción, la localidad de invernación o un punto de paso entre estos dos. También es usado como sinónimo de tenacidad y se puede estimar a través de tasas de retorno.

Humedales: extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad no exceda de seis metros.

Migración: movimientos estacionales de los individuos entre las áreas de reproducción e invernación.

Migradores de larga distancia: especies que, durante su migración, recorren distancias mayores a 2,000 km en cada etapa de vuelo.

Monitoreo: seguimiento periódico llevado a cabo para determinar el grado de cambio de algún o algunos de los parámetros poblacionales de acuerdo con un nivel estándar predeterminado.

Muda: representa el cambio de plumas desgastadas y viejas por plumas nuevas y es uno de los eventos energéticamente más demandantes dentro de un ciclo anual para las aves. Este evento es muy variable en tiempo y su ocurrencia puede modificarse entre especies y entre individuos de la misma especie.

Patrones de uso: se refiere a la forma en que un ave utiliza un hábitat. Toma en cuenta la actividad que realizan (alimentación o descanso), el área en la cual se está llevando a cabo esa actividad, la estructura poblacional, el número de individuos, entre otros, y está influenciado por períodos estacionales que implican la adopción de diversas estrategias en el uso de ese hábitat.

Red cañón: arte de captura que se instala cerca de los sitios de descanso de las aves, es impulsada en el aire después de la detonación de dos cañones con pólvora, que se realiza a través de un cable detonador, de esta forma la red se extiende en el aire y cae sobre las aves, atrapándolas. Es un método efectivo para aves de talla mediana a grande.

Red de niebla: red de hilo de nylon, muy delgada que se instala entre dos postes. Es utilizada ampliamente en la captura de playeros de talla pequeña como *C. mauri* y mediana como *C. canutus*.

Región neártica: es una de las ocho regiones biogeográficas. Abarca la porción norte del Continente Americano.

Sitio de invernación: lugar utilizado por las aves para pasar el invierno. Regularmente para aves migratorias se trata de lugares con climas más benignos que los de sus áreas de reproducción.

Sobrevivencia: probabilidad de que un individuo sobreviva entre dos periodos de muestreo.

Tasa de recaptura: probabilidad de recapturar un individuo previamente marcado en la zona y dependerá del tamaño de la población a la cual se reincorporó ese

individuo. Proviene de múltiples muestreos, en los cuales se registran tanto las aves que están marcadas (las recapturas) como las que no tenían marcas.

Tasa de reobservación: también llamada tasa de detección, es la probabilidad de que un observador detecte un ave, si esta regresa a la misma zona al año siguiente y está disponible para reobservarse o recapturarse.

Tasa de retorno: proporción de individuos marcados que fueron recapturados al año siguiente o en otro. Es un estimado mínimo de la sobrevivencia real.

RESUMEN

El complejo de humedales de Guerrero Negro (GN), es uno de los sitios de mayor importancia para las aves playeras en México y, de acuerdo con este trabajo, el más importante registrado para la invernación del playero rojizo del Pacífico *Calidris canutus roselaari*. Esta subespecie es la menos abundante y de la que se cuenta con el menor número de estudios. Diferentes instancias han sugerido la necesidad de monitorear su estado poblacional y los patrones de uso del hábitat en los sitios de invernación. El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar el uso del complejo de humedales de GN durante la migración e invernación del playero rojizo del Pacífico, *C. canutus roselaari*. Mediante censos mensuales se determinó la abundancia en las temporadas 2007-08 y 2008-09. En 2007-08 se realizaron 38,470 registros y en 2008-09 un total de 14,766 registros, con un máximo de aves en noviembre de 6,736 y 7,956 para cada temporada, respectivamente. El máximo de 2008-09 representó aproximadamente el 39% del estimado poblacional de la subespecie. Hubo diferencias en el clima (temperatura ambiente) y en la abundancia entre temporadas, y posiblemente haya una relación inversa entre ambas variables, ya que el año con mayor temperatura se registraron abundancias menores. Los playeros rojizos exhibieron abundancia alta durante el invierno (4,757 aves), media en otoño y primavera (1,317 y 1,742 aves, respectivamente), y baja en verano (152 aves). Por otro lado, se capturaron y marcaron 547 individuos de *C. canutus roselaari* ($\approx 2.7\%$ del total de individuos estimados), de los cuales 87.6% fueron adultos, sugiriendo que GN es un sitio de buena calidad para la invernación de esta subespecie. Entre otoño e invierno las aves tuvieron pesos bajos y estables y junto con la cronología de muda observada, evidencian que GN es un sitio usado para la invernación. Las observaciones de aves marcadas corroboran el origen y la ruta seguida durante la migración y proveen la primer evidencia de conectividad migratoria entre los playeros rojizos de Isla Wrangel, Alaska, Washington y GN, además de comprobar que *C. canutus roselaari* migra por las costas del Pacífico. La tasa de retorno al área de estudio (20%) indicó que los playeros rojizos presentan fidelidad al sitio de invernación de GN.

ABSTRACT

The Guerrero Negro wetland complex (GN) is one of the most important places for shorebirds in Mexico and the most important wintering place registered for the Pacific population of the Red Knot (*Calidris canutus roselaari*). This subspecies have the smaller population and also is the less studied, and because of the importance of the GN complex it seems important to monitor the population and the utilization pattern in this site. This study has the objective determining the use patterns of the Red Knot in the GN complex during the migration and wintering period. Using monthly surveys the abundance was determined during two years (2007-08 y 2008-09). In 2007-08 a total of 38,470 registers were realized and in 2008-09 a total of 14,766 registers with a maximum of 6,736 and 7,956 in November in the two years respectively. The maximum number observed represented 39% of the total population of this subspecies. The observed differences between the two years, probably may have been related with the variation in temperature between these years, because in the year with the greater temperature the smaller abundances were registered. The Red Knot abundance was highest during the winter (4,757 birds), moderate in autumn and spring (1,317 and 1,742 birds, respective) and lowest in summer (152 birds). In total, 547 individuals of Red Knot (*C. canutus roselaari*) were captured (2.7% of the total population), of which 87.6% were adults, suggesting that GN it's an optimal wintering site for this subspecies. The lower weights and stables between fall and winter, and the molt chronology of the fraction of adults suggest also that GN is a wintering place for this population. The resightings corroborate the taxonomic identity of the subspecies and provide the first evidence of migratory connectivity between the Red Knots between Wrangel Island, Alaska, Washington and GN, and also probe that the *C. canutus roselaari* subspecies migrate for the Pacific coast. The return rate to the study area (20%) show that the Red Knot present fidelity to the wintering site GN.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las aves acuáticas migratorias, las aves playeras son uno de los grupos más abundantes (Paulson, 1993). Estas aves se ubican dentro del orden Charadriiformes y comparten entre sí características morfológicas y de comportamiento (Burger, 1984; Myers *et al.*, 1987). Existen 53 especies migratorias que se reproducen en Norteamérica (A.O.U., 1983), mismas que pertenecen a cuatro familias: Charadriidae (chorlos), Haematopodidae (ostreros), Recurvirostridae (avocetas y candeleros) y Scolopacidae (falaropos y playeritos; A.O.U., 1998). A ésta última pertenece el playero rojizo *Calidris canutus* (Harrington, 2001).

La mayoría de las especies de aves playeras de la región neártica, migran largas distancias desde sus zonas de reproducción en el Ártico y Subártico hasta sus zonas de invernación en México, Centro y Sudamérica (Skagen y Knopf, 1993). En el Continente Americano existen tres grandes corredores migratorios, mismos que unen los sitios de reproducción y los de invernación: el del Pacífico, el del Atlántico y el continental (Myers *et al.*, 1987; Skagen y Knopf, 1993). De estos corredores el más importante por el número de aves y de especies que lo utilizan es el del Pacífico (Myers *et al.*, 1987).

Para poder cumplir con la alta demanda de energía requerida durante sus vuelos migratorios, estas aves hacen uso de sitios de escala a lo largo del recorrido, donde descansan y se alimentan. En dichos sitios el alimento suele ser abundante, predecible y accesible (Skagen y Knopf, 1993). Los humedales utilizados son variados, pues incluyen playas, pastizales, marismas costeras y aguas someras interiores, entre otros (Schneider y Mallory, 1982; Skagen y Knopf, 1993; Iverson *et al.*, 1996). Sin embargo, muchos de los sitios que históricamente fueron utilizados por las aves playeras son ahora empleados por el hombre para diferentes actividades (Erwin *et al.*, 1986; Myers *et al.*, 1987), lo que ha ocasionado una importante reducción en disponibilidad de dichas áreas.

Las modificaciones antrópicas han provocado que en los últimos años las poblaciones de algunas aves playeras se hayan reducido, una de las especies más afectadas es el playero rojizo (*Calidris canutus*; USFWS, 2005). Debido a que esta reducción poblacional ha ocurrido de manera global (IWSGB, 2003), existe una

preocupación internacional que ha enfocado su principal atención en las áreas de escala crítica durante su migración, así como en sus sitios de invernación (Tsipoura y Burger, 1999).

En contraste, algunas modificaciones de paisaje hechas por el hombre han resultado benéficas para las comunidades aviares. Diferentes estudios han comprobado que ambientes modificados, como la salina de Guerrero Negro (Carmona y Danemann, 1998; Danemann *et al.*, 2002), son utilizados como sitios de alimentación alterna o para descanso, entre otras funciones, durante períodos de alta demanda energética o de baja disponibilidad de alimento en otros sitios (Burger, 1984; Davidson y Evans, 1986) o cuando no hay suficiente espacio por efecto del nivel de marea (Ayala-Pérez, 2008), contribuyendo así a mitigar, al menos en parte, la reducción poblacional asociada a la pérdida de ambientes naturales (Weber y Haig, 1996).

La Península de Baja California se encuentra inmersa dentro del corredor migratorio del Pacífico y su importancia para las aves playeras ha sido documentada por diferentes autores (*e.g.* Page *et al.*, 1997; Danemann *et al.*, 2002). Así mismo, la porción media de la Península de Baja California, donde se localiza el complejo de humedales Guerrero Negro-Ojo de Liebre-Exportadora de Sal, ha sido señalada por su importancia para diferentes especies de aves acuáticas, incluidas las aves playeras (Danemann *et al.*, 2002). Ambos ambientes, natural y artificial, forman parte de una de las áreas consideradas como prioritarias por la comisión Ramsar (Carrera González y de la Fuente León, 2003), instancia internacional cuya misión es coadyuvar a la conservación de zonas de importancia para las aves acuáticas (playeros incluidos).

Recientemente, el complejo de humedales de Guerrero Negro fue decretado de Importancia Hemisférica (el segundo en el país) por la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (RHRAP), ya que este sitio es utilizado en algún momento del año por más del 30% de la población de alguna especie, subespecie o población. En esta zona es posible encontrar el 32% del playero rojizo del Pacífico, *Calidris canutus roselaari*, el 50% del pico pando canelo, *Limosa fedoa*, y el 58% del

costurero de pico corto, *Limnodromus griseus* (Page *et al.*, 1997; Carmona *et al.*, 2011, en prensa).

Existen 28 especies reportadas de aves playeras para la salina de Guerrero Negro (Danemann *et al.*, 2002). Además, el complejo de humedales de Guerrero Negro es el sitio de mayor importancia para la invernación de estas aves en la Península de Baja California (Page *et al.*, 1997). Pese a esto existen pocas investigaciones sobre aves playeras en la región.

Como fue comentado una de las especies que más sobresale por su importancia relativa en la región es el playero rojizo (*C. canutus roselaari*), con cerca de 6,400 aves invernantes (Carmona *et al.*, 2008), que representan, al menos, el 32% del total estimado para esta subespecie (Morrison *et al.*, 2006). Debido a lo anterior el área es el sitio de mayor importancia para la invernación de esta subespecie. A pesar de la importancia de la zona para el playero rojizo, no existen investigaciones que permitan conocer aspectos básicos de su migración y estancia invernal en la zona y el uso que la subespecie hace de ella, así como su distribución espacio-temporal y la estructura de su población, entre otros.

2. ANTECEDENTES

El playero rojizo (*C. canutus*) se caracteriza por presentar un culmen (pico) negro y tarsos (patas) que van de gris oscuro a negro en los adultos y amarillo-verdosos en los juveniles, su peso promedio es de 135 g y mide entre 23-25 cm de longitud (Harrington, 1996; 2001). Su plumaje básico (invierno) es gris pálido y en la época de reproducción (plumaje alternativo) es de color rojizo (Harrington, 2001; Fig. 1), de ahí su nombre común.



Figura 1. Plumaje reproductivo (rojizo) y plumaje de invierno (gris) de *Calidris canutus*.

Una de las aves playeras menos estudiadas en México es el playero rojizo. Se trata de un ave migratoria de largas distancias, que durante sus movimientos estacionales hace uso de diferentes humedales intermareales como sitios de paso y de invernación (Harrington, 1996; 2001). Debido a la reducción y alteración de los humedales, la abundancia poblacional del playero rojizo ha declinado en los últimos años (USFWS, 2005).

En el Continente Americano, *C. canutus* se reproduce en el Subártico e inverna a lo largo de las costas del Pacífico (desde California hasta Sudamérica) y del Atlántico (desde Florida hasta la Patagonia; Harrington, 1983; 2001; Howell y Webb, 1995). Durante la estación no-reproductiva (migración y época de invernación), los playeros rojizos se encuentran típicamente en ambientes marinos intermareales, especialmente en zonas costeras, estuarios y bahías, mientras que en la época de reproducción usa diferentes ambientes de la tundra para anidar y alimentarse, especialmente en penínsulas e islas (Harrington, 2001).

Dos subespecies de playero rojizo migran a través del Continente Americano (Fig. 2), *C. canutus rufa* y *C. canutus roselaari* (Harrington, 2001), las cuales ocupan áreas de reproducción y sitios de invernación separados (Buehler *et al.*, 2006). La primera subespecie utiliza las costas del Atlántico y es la mejor estudiada, de hecho actualmente se tiene anillado al 10% de esta población gracias a un marcaje exhaustivo en diferentes sitios como Argentina, Brasil, Florida, Bahía de Delaware y

en sus lugares de reproducción (B. Harrington, Centro Manomet, Massachusetts, com. pers.). Para la subespecie *C. canutus rufa* existen dos grupos bien diferenciados de acuerdo a sus áreas de invernación, uno migra hasta la Patagonia y otro viaja sólo a Florida (Morrison y Harrington, 1992). Lo anterior ha ocasionado notorias diferencias en sus estrategias migratorias, entre las que sobresalen los tiempos de partida otoñal (agosto y octubre, respectivamente), la ganancia otoñal de masa (mayor en el grupo de Patagonia) y las épocas de muda de las plumas de vuelo (invierno y otoño, respectivamente; Harrington *et al.*, 2007).

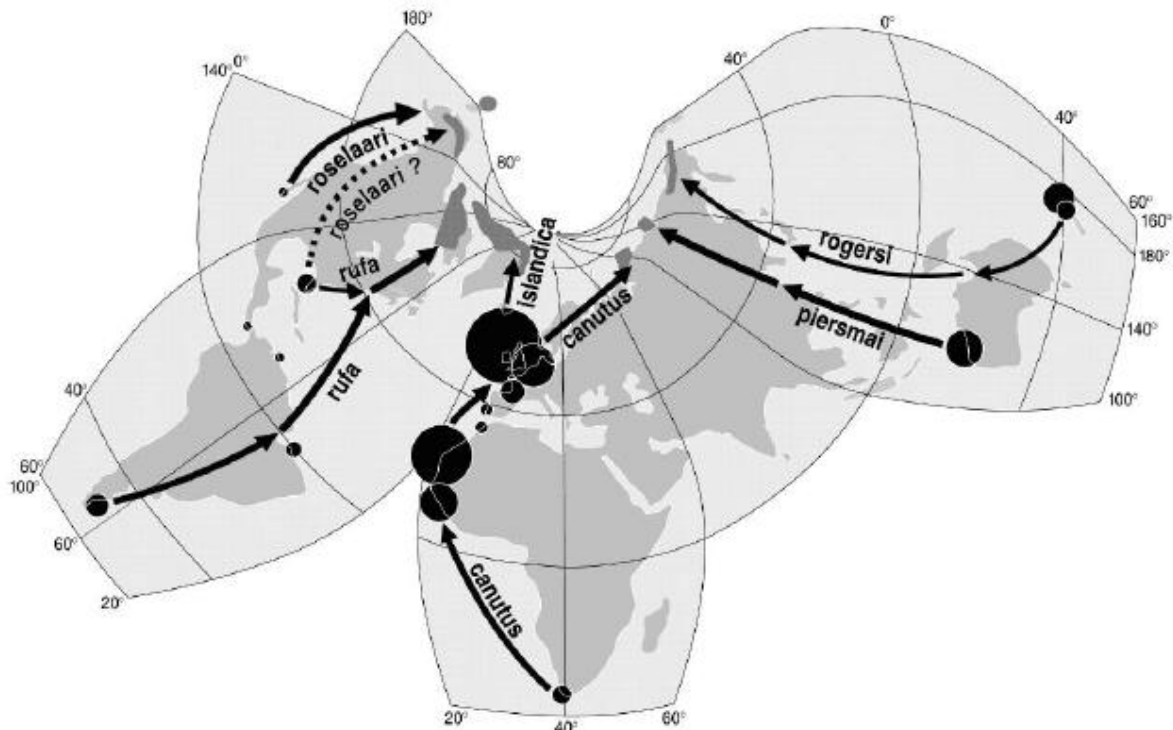


Figura 2. Distribución de las seis subespecies de *Calidris canutus* en el mundo (Niles *et al.*, 2008).

Por otro lado, para la subespecie *C. canutus roselaari* se cuenta con muy poca información (Harrington, 2001). En Norteamérica probablemente se reproduce en la Península Seward, al Norte de Alaska (R. Gill, USFWS, Alaska, com. pers.) y esta zona se extiende hacia el oeste de la Península Chukchi y la Isla Wrangel, Rusia. A mediados de la década pasada se conocía muy poco acerca de la zona de invernación de esta subespecie, sólo se reportaban pequeños grupos en las costas

del Pacífico de Estados Unidos y México (Tomkovich, 1990). Se ha propuesto como zona de invernación la comprendida desde el sur de California hasta Sudamérica (Harrington, 2001). Su población se estima en aproximadamente 20,000 aves, aunque es probable que este número incluya una mezcla de distintas subespecies (Morrison *et al.*, 2006). Aparentemente *C. canutus roselaari* realiza su migración por las costas del Pacífico. Esta idea es apoyada por la falta de observaciones de aves marcadas de la subespecie *C. canutus rufa* a lo largo de la zona del Pacífico (Buchanan, 2006; Carmona *et al.*, 2006), así como la falta de observaciones en el Atlántico de aves marcadas de la subespecie *C. canutus roselaari* (B. Harrington, Centro Manomet, Massachusetts, com. pers.).

Desde hace una década se indicó que al menos algunos cientos de playeros rojizos invernaban en el noroeste de México y que sus patrones de utilización de esta región eran poco conocidos (Harrington, 2001). Por lo anterior, la especie ha sido catalogada como un transeúnte raro en Baja California Sur en primavera y otoño (Grinnell, 1928) o como un migrante e invernante poco común (Howell y Webb, 1995). Aunque los estudios sobre esta especie son escasos, existe una serie de registros puntuales para el noroeste del país (Erickson y Howell, 2001).

Se ha indicado su presencia en otoño en Punta Banda, Baja California (150 aves en octubre de 1989; Page *et al.*, 1997). En invierno se tiene un registro para la Laguna de Ojo de Liebre de 1,000 aves en enero de 1994 (Page *et al.*, 1997). Harrington (1993) estimó 1,000 playeros rojizos en las costas de Guaymas, Sonora, en enero de 1992. En Bahía Santa María, Sinaloa, se estimó un grupo de 4,000 playeros rojizos en enero de 2001 (J.A. Castillo-Guerrero, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Mazatlán, com. pers.) Al norte de Nayarit (D. Molina, Pronatura Noroeste, Nayarit, com. pers.) se registraron números importantes de playeros rojizos en invierno, que fluctuaron entre los 400 y los 1,200 individuos (diciembre de 2009), y en primavera con 1,300 aves (marzo de 2010). En San Felipe, Baja California se registró un grupo de 1,500 playeros rojizos en marzo de 1985 (Erickson y Howell, 2001). En contraste, en California, E.U.A., los playeros rojizos se observan preferentemente en primavera en números bajos, con máximos que apenas rebasan las 60 aves (Shuford *et al.*, 1989). El único sitio de veraneo

reportado para las costas del Pacífico Este es el Golfo de Santa Clara en la parte alta del Golfo de California, México, Soto-Montoya *et al.* (2009) evidenciaron que la zona fue utilizada como área de paso (otoño y primavera) y como sitio de veraneo presumiblemente por aves juveniles (junio y julio). El máximo observado fue de 1,900 aves en junio de 2007.

Recientemente, en Guerrero Negro se registró un grupo invernal de 2,900 organismos de *C. canutus roselaari* en ESSA (Carmona *et al.*, 2006), que representa el 15% del total de la subespecie (Morrison *et al.*, 2006). En septiembre de 2006 Carmona *et al.* (2008) encontraron una abundancia máxima de 6,400 aves en el complejo de humedales Guerrero Negro-Ojo de Liebre, lo que lo convierte en el sitio más importante registrado para la internación de esta subespecie. Así, según el estimado poblacional que se considere, en Guerrero Negro inverna entre el 32% y el 64% de la población total de estas aves (Morrison *et al.*, 2006; Niles *et al.*, 2008).

Por otra parte, se ha mencionado que la destrucción y modificación del hábitat es el factor más importante para explicar la disminución poblacional del playero rojizo (Baker *et al.*, 2004, Morrison *et al.*, 2004), por lo que el uso de ambientes artificiales es de particular interés. Al respecto, Carmona *et al.* (2006) observaron números importantes de playeros rojizos utilizando una de las entradas de agua de ESSA (Salitrales 1-A), observaron la llegada de la primera oleada migratoria en agosto (600 aves), con una notoria disminución en septiembre (70 aves), para alcanzar la máxima abundancia en octubre (3,000 aves), posteriormente los números fueron en constante descenso. Lo anterior indica que la salina es utilizada fundamentalmente como área de paso otoñal, con unos pocos individuos internando en ella. Sin embargo, el patrón de utilización en las lagunas de Guerrero Negro y Ojo de Liebre era poco conocido.

Tomkovich y Dondua (2008), marcaron 45 ejemplares de *C. canutus roselaari* en una zona de reproducción de Isla Wrangel, Rusia, de los cuales 31 fueron pollos. Posteriormente en octubre de 2007 un adulto fue visto en Guerrero Negro, México, y otro más en las costas del estado de Washington, E.U.A., en mayo de 2008. Así mismo, Buchanan (2008), mediante observaciones de *C. canutus* en la Bahía Willapa y Grays Harbor, Washington, E.U.A., en la primavera de 2008 reportó la presencia de

33 individuos que fueron marcados en Guerrero Negro, México. McCaffery *et al.* (2008) reportaron en Old Chevak, Alaska, durante la primavera de 2008, la observación de tres individuos marcados en Guerrero Negro. Lo anterior corrobora el origen y la ruta seguida durante la migración y provee la primer evidencia incuestionable de conectividad migratoria entre las aves de Isla Wrangel, Alaska, Washington y Guerrero Negro, además de comprobar que la subespecie *C. canutus roselaari* efectivamente migra por las costas del Pacífico Americano, tal como lo mencionan Tomkovich y Dondua (2008)

3. JUSTIFICACIÓN

Al considerar la falta de información (Harrington, 2001) aunada a su tamaño poblacional reducido (Morrison *et al.*, 2006; Niles *et al.*, 2008), *Calidris canutus roselaari* está catalogada como una especie prioritaria por el Plan de Conservación para Aves Playeras de Estados Unidos y Canadá (Brown *et al.*, 2001) y por la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (Donaldson *et al.*, 2000), así como una especie de alta vulnerabilidad por el Gobierno Mexicano (SEMARNAT, 2008). Recientemente fue incluida como “en peligro de extinción” por el Gobierno Mexicano (SEMARNAT, 2011, en prensa). De la misma manera, el gobierno norteamericano la tiene catalogada como una población de alta prioridad y vulnerabilidad (USFWS, 2005). Por otro lado, la zona de Guerrero Negro es el área conocida más importante para su invernación, lo anterior acentúa la necesidad de estudiar los patrones de utilización de *C. canutus roselaari* en esta zona. Además se requiere generar información científica que proporcione las bases suficientes para implementar acciones de conservación, manejo y monitoreo, que aseguren la continuidad de la especie y el incremento en la abundancia poblacional.

4. OBJETIVO

Caracterizar el uso del complejo de humedales de Guerrero Negro durante la migración e invernación del playero rojizo del Pacífico, *Calidris canutus roselaari*.

4.1. Metas

- Estimar los cambios temporales en la abundancia del playero rojizo en Guerrero Negro.
- Estimar la proporción por grupo de edad en la zona de estudio.
- Analizar los cambios temporales en la morfometría (culmen expuesto, cabeza total, tarso y cuerda alar) de *C. canutus roselaari*.
- Analizar los cambios temporales en la masa corporal.
- Determinar la cronología de muda del playero rojizo.
- Estimar las tasas de retorno al área de estudio: de manera general, por grupo de edad, por temporada de trabajo, y por tipo de ambiente.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El complejo de humedales de Guerrero Negro (GN) se localiza en la porción media occidental de la Península de Baja California, México (Fig. 3), en la zona conocida como Bahía de Sebastián Vizcaíno (Wyllie, 1961). En la bahía se encuentran las lagunas Ojo de Liebre con una extensión de 57,100 ha y Guerrero Negro con 2,100 ha (Lluch-Cota *et al.*, 1993), además de las instalaciones de la Compañía Exportadora de Sal (ESSA) con 33,000 ha. Este complejo de humedales colinda con el desierto El Vizcaíno. Tanto la bahía como el desierto aledaño pertenecen a la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno (Carabias *et al.*, 2000). El clima de la región es árido, con lluvias de invierno que no rebasan los 100 mm anuales (Salinas-Zavala *et al.*, 1991). La vegetación está constituida predominantemente por matorral xerófilo y en general es baja y muy dispersa (Rzedowsky, 1978).

Las lagunas Ojo de Liebre y Guerrero Negro (sitios naturales) presentan, en su mayor parte, sustrato lodoso y regiones de dunas costeras, con algunas porciones cubiertas por vegetación de marisma como *Salicornia* spp. y *Spartina foliosa*, que crecen en la orilla interna de las áreas intermareales, así como especies sumergidas

como *Zostera marina*, *Phyllospadix scouleri* y *Rupia maritima* (León de La Luz *et al.*, 1991).

Adyacente a la laguna Ojo de Liebre se ubica la Compañía Exportadora de Sal, S.A. de C.V. (ESSA) que es la empresa salinera más grande del mundo, misma que basa su producción en la evaporación solar y eólica de agua de mar. El proceso de producción de sal involucra una serie de bombeos de agua marina hacia vasos de concentración que abarcan 33,000 ha. En los primeros vasos de concentración (Salitrales 1-A y A1; Fig 3.) se recibe el agua bombeada directamente de la Laguna Ojo de Liebre, con salinidades parecidas a las del medio marino (35-38 ups), mientras que en la última área (A13) la salinidad alcanza 250 ups. Las áreas se encuentran separadas entre sí por una serie de diques transitables y la salinidad dentro de cada vaso se mantiene constante. La salmuera resultante del proceso de evaporación es bombeada a una serie de vasos de cristalización, donde la sal es precipitada y cosechada.

Observaciones anteriores indican que las aves en general, no utilizan los vasos de cristalización ni las áreas de concentración con mayores salinidades (A10 a A13; Carmona y Danemann, 1998).

Dentro de ESSA, el área de concentración Salitrales 1-A (en adelante S1-A) es la más importante para las aves playeras, incluido *Calidris canutus* (Carmona *et al.*, 2006). Esta área no está sujeta a la fluctuación de la marea, aunque presenta una pequeña variación en sus niveles debida a la actividad del bombeo y a la evaporación. Comprende una planicie lodosa en la que se encuentran pequeños manchones de vegetación, conformada por plantas de marisma (*Salicornia* spp.) y en algunas zonas inundadas se puede observar pasto marino (*Zostera marina*).

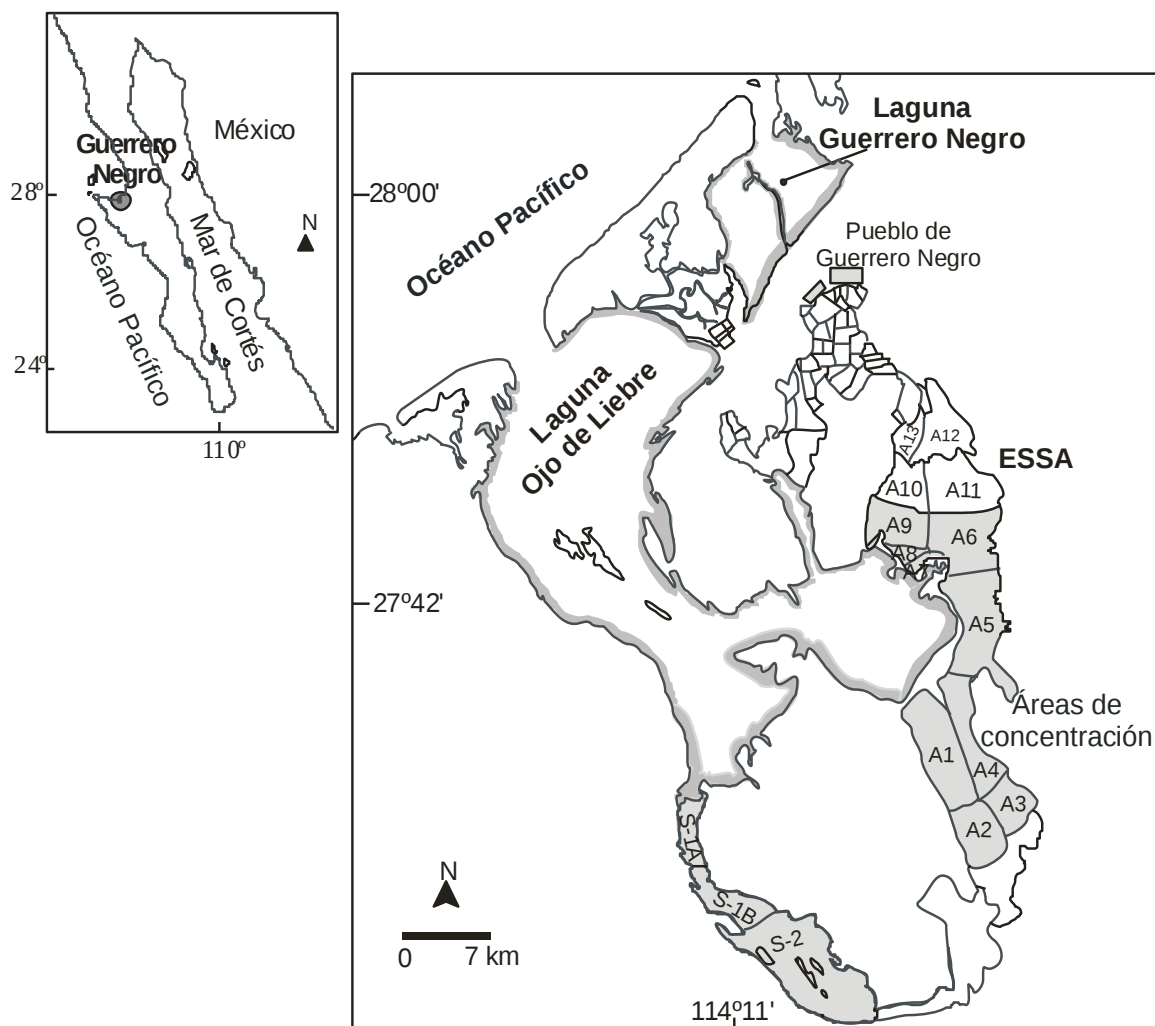


Figura 3. Área de Estudio. En gris se muestra el complejo de humedales Ojo de Liebre-Guerrero Negro-Exportadora de Sal.

6. MÉTODOS

6.1. Monitoreo de la Abundancia

El trabajo en campo incluyó visitas mensuales al área de estudio, donde se realizaron tres actividades básicas: censos (julio 2007-junio 2009), capturas (octubre 2006-abril 2009), y observaciones de aves marcadas (julio 2007-junio 2009). Cada visita tuvo una duración de seis días y en ella participaron seis personas. En el caso de los censos o conteos se formaron dos equipos de trabajo, cada uno conformado por tres personas (un anotador y dos observadores).

Los conteos se hicieron en las zonas propuestas por el plan de monitoreo para la subespecie realizado por Carmona *et al.* (2008; Fig. 4; Anexo 1), en el cual se incluyen las zonas importantes para *Calidris canutus roselaari* dentro de GN. Debido al esfuerzo requerido, sólo se realizó un censo al mes durante las dos temporadas de estudio, es decir, un total de 24 censos. Estos conteos se llevaron a cabo con la ayuda de binoculares (8x y 10x) y telescopios (15-60x). Para las identificaciones se utilizaron diferentes guías de campo (Sibley, 2000; Kaufman, 2005; Dunn y Alderfer, 2006). Dependiendo de la naturaleza del terreno, los censos se realizaron desde carros, cuatrimotos o lanchas.

Para parvadas menores a 300 aves, la abundancia se determinó directamente, mientras que para bandadas mayores, la abundancia fue estimada utilizando el método de bloques sugerido por Howes y Bakewell (1989). Este método implica contar una parte o bloque de aves dentro de la parvada, posteriormente se usará la estimación del bloque como modelo para contar el resto de la parvada. El tamaño del bloque puede variar dependiendo del tamaño total de la parvada; en el caso presente el bloque varió de 10 a 100 individuos (Howes y Bakewell, 1989). Cada parvada fue estimada por dos observadores al mismo tiempo; si las estimaciones diferían sustancialmente, se repetía el ejercicio.

6.1.1. Censos en carro

Los recorridos en ESSA se realizaron a lo largo de los caminos y diques que separan las áreas de concentración; dado el mal estado de algunos diques, no fue posible recorrerlos completamente (aproximadamente el 15% del área total es imposible de recorrer; Carmona y Danemann, 1998). Algunas porciones de las lagunas Guerrero Negro y Ojo de Liebre también fueron recorridas en este tipo de vehículos. Todas las áreas se transitaron lo más cerca posible de la línea de costa. El carro recorrió aproximadamente 98 km en cada censo.

6.1.2. Censos en cuatrimoto

Dadas las extensas zonas de marisma y de planicies húmedas existentes en la porción noreste de Ojo de Liebre y a la distancia considerable entre el camino y la playa, se hizo indispensable el uso de cuatrimotos. El equipo de trabajo en este caso estuvo formado por dos personas un observador (el de mayor experiencia) y un

anotador que también manejó la cuatrimoto. Nuevamente las zonas fueron recorridas lo más cerca posible de la línea de costa. Este vehículo recorrió 38 km aproximadamente en cada censo.

6.1.3. Censos en lancha

Los censos se realizaron en lanchas de 7 m de eslora con motores fuera de borda de 85 hp. En los recorridos se navegó lo más cercano posible a la costa. La tripulación de cada lancha estaba integrada por un timonel, un observador a cada lado de la embarcación y un anotador. Se navegó con el auxilio de un GPS a una velocidad promedio de 10 km/h. La lancha recorrió 77 km en cada censo.

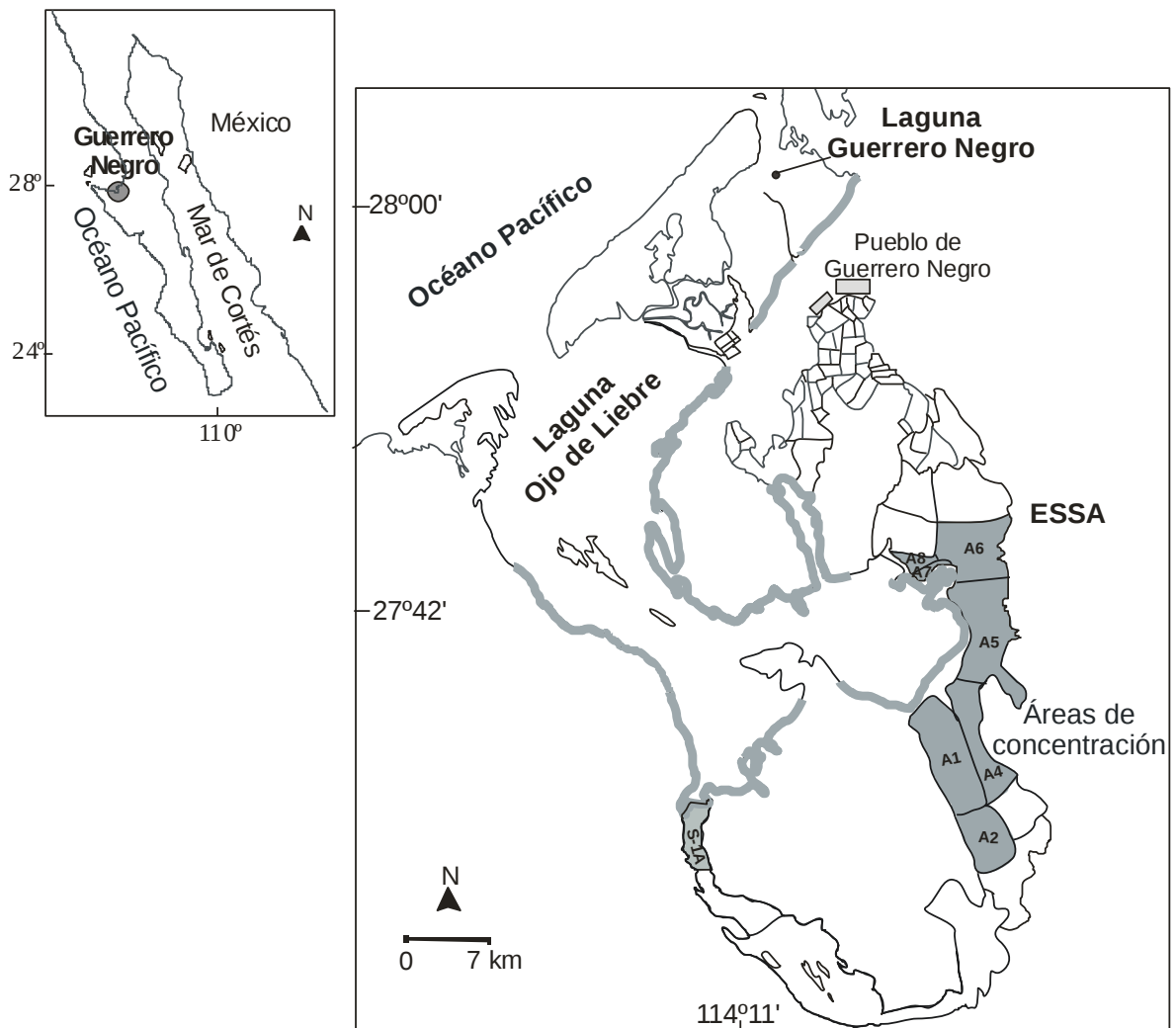


Figura 4. Área de estudio en donde se resalta en gris las áreas seleccionadas por el plan de monitoreo realizado por Carmona *et al.* (2008), en las cuales se llevaron a cabo los conteos.

6.2. Capturas

Para la captura, marcaje y avistamientos del playero rojizo, *C. canutus roselaari*, se contó con los permisos emitidos por la Dirección General de Vida Silvestre (oficios núm. SGPA/DGV/S/06321/06, SGPA/DGV/S/06712/07, y SGPA/DGV/S/03547/08).

Las primeras capturas de playeros rojizos se efectuaron en octubre de 2006 sólo en el área S1-A, utilizando redes de niebla de 12 m de largo por 3 m de caída. Las redes se colocaron en lugares estratégicos, una hora antes del amanecer o atardecer, ya que es cuando se conjuntan dos factores, baja luminosidad y que las aves se encuentren en movimiento (Keyes y Grue, 1982). En este sitio, no influenciado por las mareas, las redes se dispusieron cerca de las áreas donde las aves suelen alimentarse. Para facilitar las capturas se utilizó una grabación de llamado de alarma de la especie.

Entre septiembre de 2007 y abril de 2009, las aves se atraparon con redes cañón de 12.2 m de largo x 7 m de ancho y con una luz de malla de 3.2 cm. Esta técnica ha resultado efectiva para capturar aves playeras de mediano y gran tamaño y es la más conveniente y eficaz para la especie de interés (Kasprzyk y Harrington, 1989; Harrington, 1996).

Las redes cañón se instalaron cerca de los sitios de descanso de las aves, durante las mareas altas. La red es impulsada al aire después de la detonación de dos cañones que operan con 15 gramos de pólvora cada uno (por disparo). Los cañones deben colocarse apuntando hacia arriba en un ángulo de 20 grados. La detonación se realiza a través de un cable detonador, de esta forma la red se extiende en el aire y cae sobre las aves, atrapándolas.

En todos los casos, las aves capturadas se transportaron en bolsas de tela y cajas plásticas a una zona de trabajo alejada de las redes, donde se colocaron en jaulas para aves playeras.

La edad de las aves se determinó según la coloración del plumaje y estado de las plumas primarias (Page *et al.*, 1972; Prater *et al.*, 1977). Los individuos fueron catalogados como adultos por la presencia del plumaje reproductivo, un desgaste considerable de las plumas primarias o la muda de éstas. Los juveniles se

identificaron porque presentan un borde color negro en las plumas cobertoras y no mudan las plumas primarias.

Para obtener la cronología de muda de las plumas primarias de las aves adultas se consideraron las categorías de: sin muda, mudando y con muda completa.

Para analizar los cambios temporales en la morfometría, tanto de adultos como de juveniles, se tomaron las longitudes de culmen expuesto, cabeza total, tarso (utilizando un vernier ± 0.1 mm), y cuerda alar (con una regla ± 1.0 mm; Fig. 5).

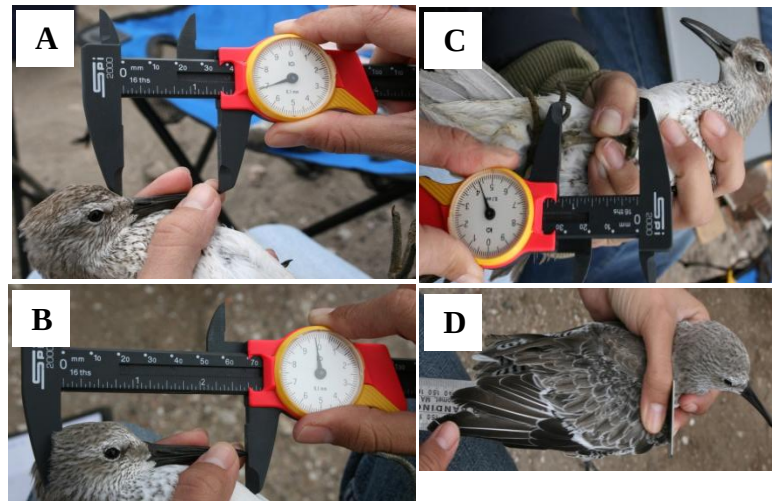


Fig. 5. Estructuras de culmen expuesto (A), cabeza total (B), tarso (C), y cuerda alar (D) de *C. canutus roselaari* medidas en Guerrero Negro.

Para obtener los cambios temporales en la masa corporal se registró el peso mediante un dinamómetro (± 1.0 g).

A cada individuo se le colocó una bandera amarilla en la tibia izquierda con una combinación personalizada de tres números de color negro, con el fin de individualizar a las aves (Clark *et al.*, 2005), y una bandera más pequeña de color rojo en el tarso de la misma pata con una “X” de color blanco (Fig. 6) para diferenciarla de la bandera roja utilizada en Chile (PASP, 2010). La combinación de las banderas amarilla y roja indica que las aves fueron marcadas en México; posteriormente las aves fueron liberadas. El esquema de anillamiento para *C. canutus* fue asignado por el Programa Panamericano de Anillamiento para Aves Playeras (PASP, 2010).



Figura 6. Marcado de individuos de *C. canutus roselaari* en Guerrero Negro.

6.3. Avistamientos

Para determinar la tasa de retorno de la especie en el área de trabajo, se realizaron avistamientos de aves marcadas (reobservaciones). Con ese fin se hicieron recorridos mensuales exhaustivos en las diferentes zonas. Se examinaron las parvadas con ayuda de un telescopio (15-60x) en busca de aves marcadas. Para cada avistamiento se registró el código de la bandera, la fecha y la hora. Sólo se utilizó la información de aquellas aves en las que se realizó una incuestionable lectura de los caracteres numéricos. Se dedicaron dos días al mes exclusivamente para la búsqueda de aves marcadas.

6.4. Análisis de datos

Los datos fueron analizados con el paquete Statistica 8.0 (StatSoft, 2007). En todos los casos se trabajó al 95% de confianza ($\alpha=0.05$). Los datos fueron agrupados por época del año: otoño (julio, agosto, septiembre, octubre), invierno (noviembre, diciembre, enero y febrero), primavera (marzo y abril), y verano (mayo y junio).

Para determinar si los datos eran normales y presentaban homocedasticidad, se realizaron pruebas *a priori* de Kolmogorov-Smirnov y de Cochran, respectivamente (Anexo 2 y 3). De cumplirse estos dos supuestos, se optó por análisis paramétricos y las diferencias se analizaron con pruebas *a posteriori* de

Tukey (Zar, 1999). En los casos en los que no se cumplió con los supuestos de normalidad y/o homocedasticidad se optó por las pruebas no paramétricas de U-Mann-Whitney si la comparación era entre dos muestras, o Kruskal-Wallis al comparar más de dos muestras. Las diferencias fueron analizadas con la prueba de Nemenyi.

Los análisis de varianza de dos vías fueron realizados siguiendo el modelo de efectos aleatorios, o modelo II, dado que no es posible controlar las variables dependientes (Zar, 1999).

6.4.1. Abundancia temporal

Con las abundancias de las secciones recorridas y con el modelo generado por el plan de monitoreo para la especie (Anexo 1), propuesto por Carmona *et al.* (2008), se estimó la abundancia de *C. canutus roselaari* para todo el complejo de humedales de Guerrero Negro (Guerrero Negro, Ojo de Liebre y ESSA).

Se realizó primero una descripción mensual de las abundancias estimadas, de cada una de las temporadas de trabajo (2007-08 y 2008-09). Posteriormente, las abundancias estimadas se agruparon por estación del año y por temporada de trabajo. Así los datos de abundancia estacional se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 1999) considerando a las estaciones del año y una prueba U-Mann-Whitney (Zar, 1999) para analizar las temporadas de trabajo.

Cabe mencionar que el criterio biológico considerado para poder hacer el corte de las estaciones del año se basó en los cambios temporales de la masa corporal de los individuos y de las abundancias observadas en el presente trabajo. Éstos coinciden con los criterios utilizados para otras especies de aves playeras en la zona (e.g. *Calidris mauri*, Arce, 2008; *Limosa fedoa*, Ayala-Pérez, 2010).

6.4.2. Estructura poblacional por grupo de edad

Para la proporción de grupos de edad, se realizó primero un análisis de varianza de una vía comparando los datos de octubre de 2006 y el otoño de las dos temporadas de trabajo, con el fin de incluir los datos de las primeras capturas. Posteriormente se hizo un análisis de varianza de dos vías siguiendo el modelo de efectos aleatorios (Zar, 1999), considerando la estación del año y la temporada de trabajo como tratamientos. A partir de este análisis ya no fue posible incluir los datos

de primavera y verano, dado que no se tuvieron representadas estas estaciones del año.

6.4.3. Morfometría

Se ha indicado que en estas aves (Harrington, 2001) como en otras especies del género *Calidris*, los juveniles presentan medidas similares a los adultos (Summers *et al.*, 1992; Wilson, 1994); sin embargo, se realizaron pruebas *t* para cada una de las medidas (culmen expuesto, cabeza, tarso y cuerda alar) para saber si pueden ser consideradas iguales entre los grupos de edad. En las estructuras de culmen expuesto, cabeza y tarso no se detectó diferencia significativa, por lo que se decidió integrar ambos grupos de edad en los análisis. Sólo para el caso de la cuerda alar se analizaron por separado adultos y juveniles, pues se detectaron diferencias entre edades. Cada estructura medida se comparó mediante un ANDEVA de dos vías modelo de efectos aleatorios, tomando en cuenta la temporada de trabajo y la estación del año como los factores (Zar, 1999).

Cabe mencionar que para analizar la longitud de la cabeza, a la medida de “cabeza total” se le restó el culmen expuesto.

Los adultos que presentaron muda de las plumas primarias se excluyeron de los análisis de la cuerda alar, ya que en los meses en los que las aves están mudando la longitud del ala varió notoriamente dependiendo del desarrollo de las plumas.

6.4.4. Cambios temporales en la masa corporal por grupo de edad

Debido a que el peso de los individuos se ve influenciado por su tamaño, se realizó un análisis de componentes principales para determinar si se podía utilizar el peso bruto (obtenido directamente en campo) o si se requería el peso estandarizado por alguna medida de tamaño, el cual refleja la condición corporal relativa a la cantidad de grasa u otras reservas de energía (Green, 2001). En este sentido, se utilizaron los valores del componente principal 1 (varianza explicada por el CP1) obtenidos a partir de las medidas de culmen expuesto, cabeza, y tarso, para realizar una regresión lineal simple entre los valores del CP1 (X) y el peso bruto de cada individuo (Y). Es decir, una relación entre el “tamaño” y el peso bruto. De dicha relación se obtuvieron los residuales, los cuales son referidos como una medida o

índice de condición corporal (Green, 2001; Schulte-Hostedde *et al.*, 2005). Esta relación, aunque significativa ($p < 0.05$), presentó un malísimo ajuste ($r^2 = 0.17$).

Posteriormente, se analizó la relación entre el peso bruto (Y) y los residuales (X), el coeficiente de correlación (r^2) en este caso resultó alto (0.91) y la relación fue significativa ($p < 0.05$). Lo anterior indica que un ave con peso alto se corresponde con un ave en buen estado o con un índice de condición corporal alto. Por lo que se decidió utilizar el peso bruto para llevar a cabo los análisis, ya que este peso indica por sí solo la condición de un individuo, y el tamaño explica menos del 10% de las variaciones en el peso.

Dado que en la literatura se ha indicado la existencia de diferencias en peso relacionadas con el grupo de edad (Wilson, 1994; Fernández y Lank, 2006), se realizó una prueba U-Mann-Whitney (Zar, 1999) para saber si el peso puede ser considerado igual entre los grupos de edad. Debido a que se encontraron diferencias significativas, el peso se estudió por separado para adultos y juveniles.

Para el caso de los adultos se realizó primero un análisis de Kruskal-Wallis (Zar, 1999) considerando octubre de 2006 y el otoño de las dos temporadas de trabajo, con el propósito de incluir los datos de las primeras capturas. Posteriormente se hicieron dos pruebas U-Mann-Whitney (Zar, 1999) para analizar el efecto de la temporada y de la estación.

En los juveniles no fue posible la comparación de la estación de otoño dado que no se tiene bien representada en todos los casos. De igual forma que con los adultos, se hicieron dos pruebas U-Mann-Whitney (Zar, 1999) para analizar el efecto de la temporada y de la estación.

6.4.5. Cronología de muda

Se realizó primero una descripción mensual, de acuerdo a las categorías establecidas. Posteriormente, se llevó a cabo una prueba de independencia de χ^2 , para saber si la categoría de muda es dependiente del mes de captura (Zar, 1999).

6.4.6. Tasa de retorno

Se obtuvo una tasa de retorno general, la cual se calculó dividiendo el número de aves que regresaron a GN entre la primera y segunda temporada de trabajo entre el total de aves marcadas entre octubre de 2006 y la primera temporada de trabajo.

Las tasas de retorno general por grupo de edad (adulto o juvenil) fue analizada mediante una prueba de hipótesis de diferencia de proporciones (Zar, 1999).

Posteriormente se determinó la tasa de retorno a la temporada 2008-09, dividiendo el número de aves vistas en esta temporada entre el total de aves marcadas en la temporada de trabajo anterior. La tasa de retorno por edad a la temporada 2008-09 se analizó mediante una prueba de hipótesis de diferencia de proporciones (Zar, 1999).

Por último, se analizó la tasa de retorno general de las aves que fueron marcadas en el ambiente natural y, posteriormente, se analizó la tasa de retorno de las aves marcadas en el ambiente natural para cada grupo de edad, es decir, se realizaron tres pruebas de hipótesis de diferencia de proporciones (Zar, 1999).

Los adultos y juveniles marcados en la temporada anterior que regresaron a GN en la temporada siguiente, se consideraron como adultos de más de dos años (AD2 en adelante) y como adultos de más de un año (AD1 en adelante), respectivamente.

7. RESULTADOS

7.1. Abundancia Temporal

De manera general las aves incrementaron su abundancia a partir de septiembre (otoño) para alcanzar su máximo en noviembre (principios de invierno), con una disminución paulatina en la primavera hasta alcanzar su mínimo en el verano (Fig. 7). No obstante se presentaron diferencias entre las dos temporadas de estudio.

Para 2007-08 se estimaron un total de 38,470 registros, con el máximo en noviembre (6,736 organismos). Se observó claramente el arribo de los playeros rojizos en septiembre (otoño). La abundancia se mantuvo alta y estable entre otoño tardío e invierno (octubre a enero), con una disminución en febrero (final de invierno); sin embargo, en el mes siguiente (principio de primavera) se observó un repunte. Finalmente el número de *Calidris canutus roselaari* comenzó a disminuir a mediados de primavera, para alcanzar un mínimo en el verano de 150 aves en junio (Fig. 7).

En 2008-09 se estimaron un total de 14,766 registros de playeros rojizos, alcanzando un máximo de 7,956 individuos en noviembre. La abundancia aumentó constantemente a partir de septiembre, hasta su máximo en noviembre; con una caída en la abundancia en diciembre (1,700 aves); posteriormente los números siguieron disminuyendo con el mínimo en mayo de 149 aves (Fig. 7).

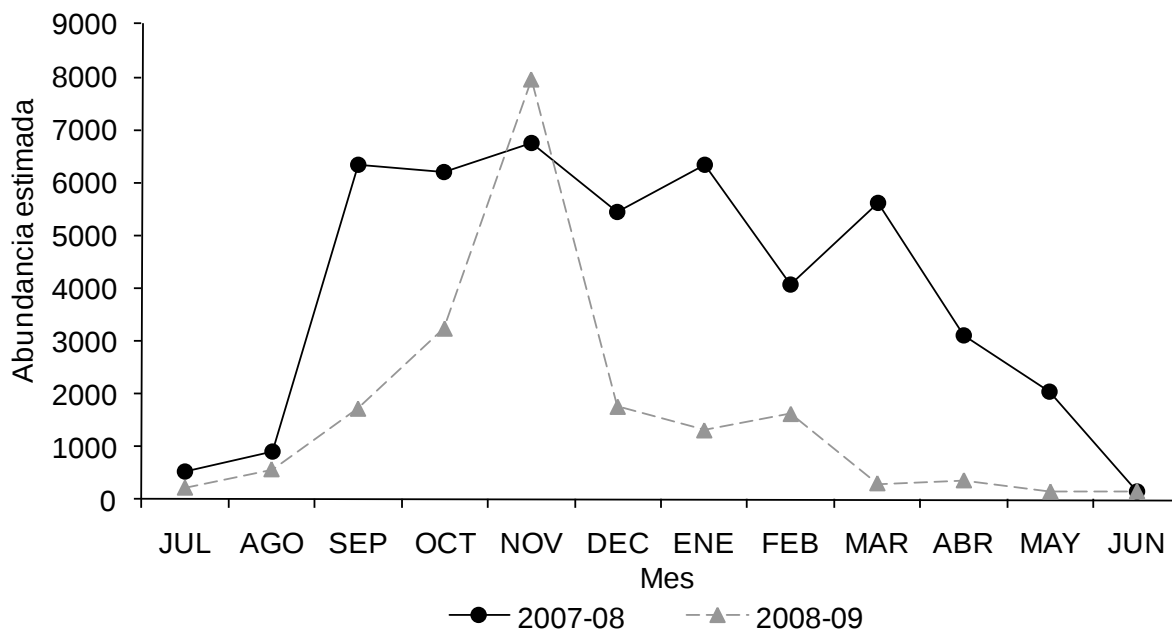


Figura 7. Abundancia mensual estimada de *C. canutus roselaari* en Guerrero Negro durante las dos temporadas de estudio.

En cuanto a las temporadas de estudio, el análisis evidenció diferencias significativas ($U_{12, 12}=35.00$, $p=0.03$; Fig. 8A), las mayores abundancias se presentaron en 2007-08 en comparación con 2008-09, sin embargo, la abundancia mensual máxima se encontró en esta última temporada.

Al agrupar la abundancia por estaciones del año, el análisis de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas ($H_{8, 8, 4, 4}=8.06$, $p=0.04$). En invierno (noviembre-febrero) se presentaron abundancias altas, medias en otoño (julio-octubre) y primavera (marzo-abril), y la menor utilización en verano (mayo-junio; Fig. 8B). De esta manera se formó un grupo homogéneo (otoño-primavera) independientemente de las otras dos estaciones (Tabla 1).

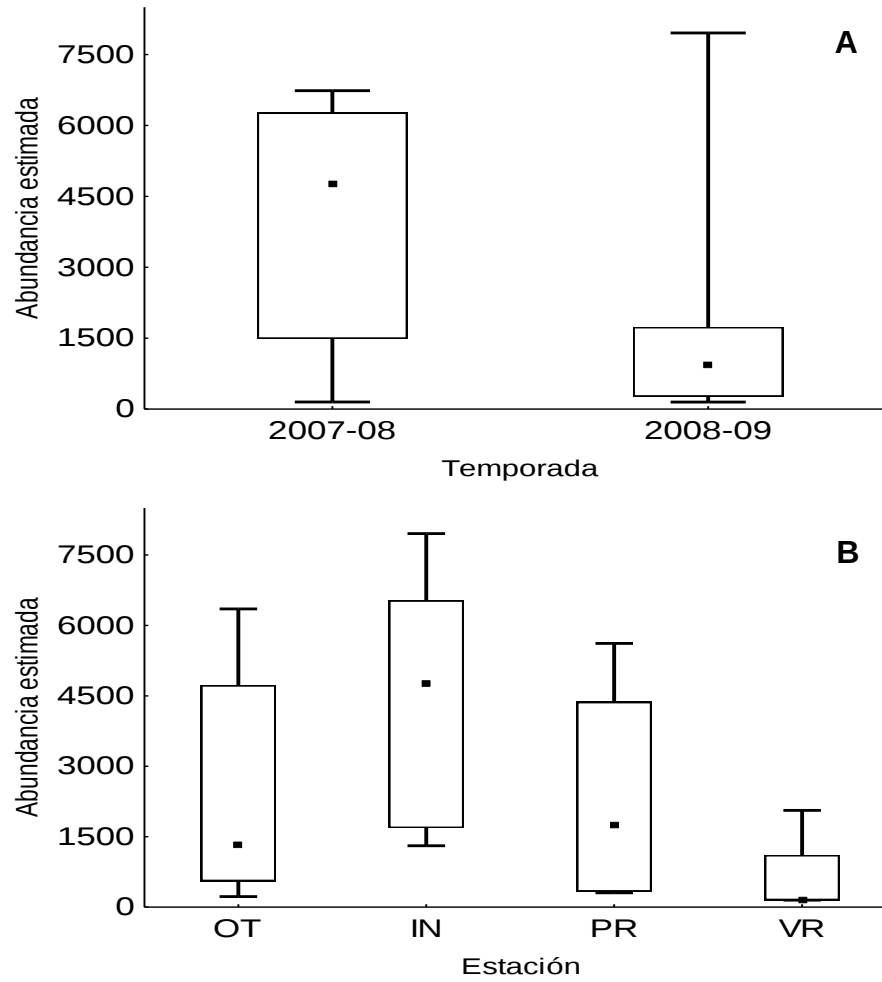


Figura 8. Abundancia de *C. canutus roselaari* por temporada (A) y por estación (B). Se muestra la mediana (•), el 50% de las observaciones (□) y los valores mínimo y máximo registrados (en ambos análisis las diferencias fueron significativas). OT= Otoño, IN= Invierno, PR= Primavera, VR= Verano.

Tabla 1. Formación de grupos homogéneos, según la prueba de Nemenyi, de las abundancias de *C. canutus roselaari* para las cuatro estaciones del año.

Estación	Mediana	Grupos homogéneos
IN	4,757	****
OT	1,317	****
PR	1,742	****
VR	152	****

Cabe mencionar que ESSA fue utilizada por *C. canutus roselaari*. De los 38,470 registros de playeros rojizos realizados en 2007-08, el 3% de ellos (1,088 registros, un máximo de 420 aves en diciembre) se realizaron en ESSA, fundamentalmente en las áreas de concentración S1-A y A-1. Para 2008-09, de los 14,766 registros, el 6% (920 registros, máximo de 755 aves en noviembre) se realizó en las mismas zonas de ESSA.

7.2. Estructura Poblacional por Grupo de Edad

En total se capturaron 549 individuos, de los cuales 481 (87.6%) fueron adultos y 68 juveniles (12.4%; Tabla 2), las diferencias estadísticas entre estas proporciones fueron significativas ($t=36.35$, $g.l.=548$, $p<0.01$). Los adultos estuvieron mejor representados en la temporada 2008-09 (93%) y los juveniles en octubre de 2006 (17.3%). La temporada con mayores capturas fue la de 2007-08 con 239 aves, mientras que en 2008-09 fueron 114 aves (Tabla 2).

Tabla 2. Captura total de *C. canutus roselaari* en Guerrero Negro en octubre de 2006 y en las dos temporadas de estudio. El número entre paréntesis es el porcentaje con respecto al total.

	Oct-2006	2007-08	2008-09	Total
Adultos	162 (82.7)	213 (89.1)	106 (93.0)	481 (87.6)
Juveniles	34 (17.3)	26 (10.9)	8 (7.0)	68 (12.4)
Total	196	239	114	549

El ANDEVA de una vía, respecto a la proporción de adultos, mostró la existencia de diferencias significativas entre octubre de 2006 y el otoño de las dos temporadas de estudio ($F_{2, 332}=6.32$, $p=0.002$; Fig. 9), con la menor proporción en octubre de 2006 (0.83) y la mayor en otoño de 2007-08 (0.96; Tabla 3). Cabe mencionar que la proporción de adultos fue alta tanto en octubre de 2006 como en las dos temporadas de estudio (0.83, 0.96, y 0.88, respectivamente). Por lo tanto, en 2006 la proporción de juveniles estuvo mejor representada (0.17), respecto a las siguientes temporadas (0.04 y 0.12, respectivamente).

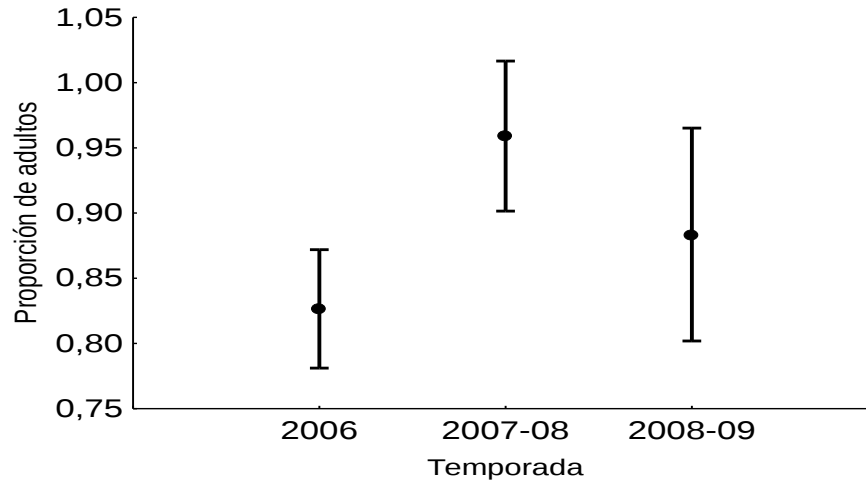


Figura 9. Proporción de adultos de *C. canutus roselaari* en octubre de 2006, y otoño de 2007-08 y 2008-09. Se muestran los intervalos de confianza al 95% (las diferencias fueron significativas).

Tabla 3. Formación de grupos homogéneos según Tukey, para la proporción de adultos de *C. canutus roselaari* en octubre de 2006, y otoño de 2007-08 y 2008-09.

Temporada	Media	Grupos Homogéneos
2006	0.83	****
2008-09	0.88	****
2007-08	0.96	****

Mediante el ANDEVA de dos vías no se detectó diferencias en la proporción de adultos en las dos temporadas de trabajo analizadas ($F_{1, 1}=0.03$, $p=0.89$; Fig. 10A). Tampoco hubo diferencias por estación del año ($F_{1, 1}=0.10$, $p=0.80$; Fig. 10B). Sin embargo, la interacción de las variables temporada-estación sí fue significativa ($F_{1, 343}=5.17$, $p=0.02$; Fig. 10C). En el invierno de la temporada 2007-08 la proporción de adultos fue diferente del resto pero igual a otoño de 2008-09. La menor proporción de adultos se observó en invierno 2007-08 (0.83) y la mayor en otoño 2007-08 (0.96; Tabla 4).

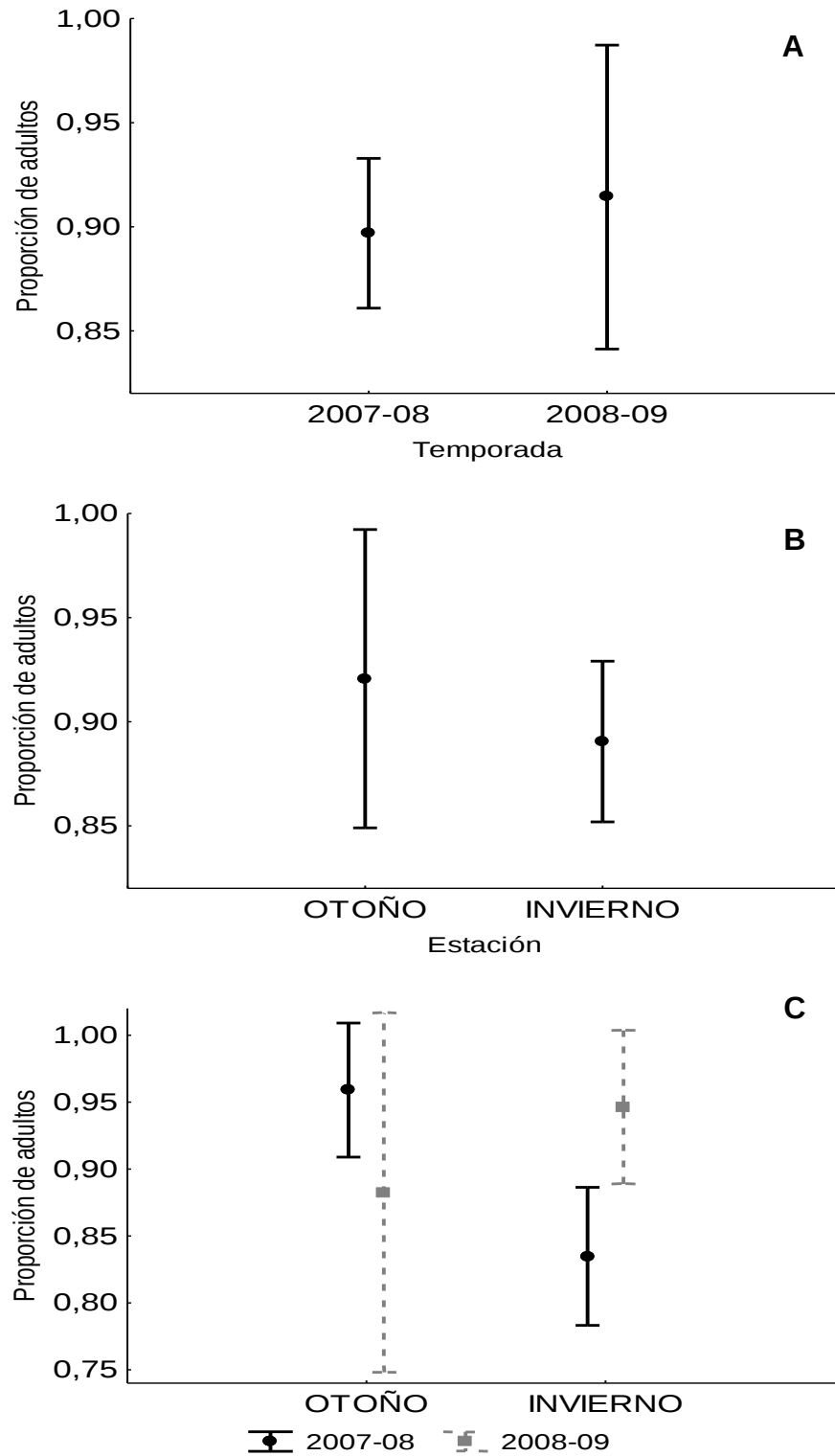


Figura 10. Proporción de adultos de *C. canutus roselaari* en GN por temporada (**A**), estación (**B**), y por la interacción temporada-estación (**C**). Se muestran los intervalos de confianza al 95% (sólo la interacción de las variables fue significativa).

Tabla 4. Formación de grupos homogéneos según Tukey, para la proporción de adultos de *C. canutus roselaari* por la interacción temporada-estación, en Guerrero Negro.

Temporada	Estación	Media	Grupos Homogéneos
2007-08	IN	0.83	****
2008-09	OT	0.88	****
2008-09	IN	0.95	****
2007-08	OT	0.96	****

7.3. Morfometría

Respecto a las estructuras duras (culmen expuesto, cabeza y tarso) no hubo diferencias significativas entre las medidas de adultos y juveniles (Tabla 5), por lo cual se decidió integrar los datos de ambos grupos de edad en los análisis. Para la cuerda alar sí se encontró diferencia significativa entre los grupos de edad, con las mayores longitudes para los adultos (Tabla 5), por esta razón los análisis en este caso se realizaron para cada grupo de edad.

Tabla 5. Media y desviación estándar de las medidas morfométricas por grupo de edad. Se muestran también los valores del estadístico *t* y el valor de *p*.

Estructura (mm)	Media ($\pm$ d.s.)		<i>t</i>	<i>p</i>
	Adultos	Juveniles		
Culmen expuesto	36.67 ($\pm$ 1.88)	36.42 ($\pm$ 1.86)	0.96	0.33
Cabeza	29.46 ($\pm$ 1.08)	29.64 ($\pm$ 1.01)	1.26	0.21
Tarso	34.13 ($\pm$ 1.31)	34.10 ($\pm$ 1.22)	0.15	0.88
Cuerda alar	174.05 ($\pm$ 4.78)	168.66 ($\pm$ 5.20)	8.37	<0.01

Los análisis de varianza de dos vías no detectaron diferencias significativas por temporada de trabajo, estación del año, ni por su interacción en ninguna de las estructuras analizadas (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de los ANDEVA de dos vías modelo de efectos aleatorios, de las estructuras morfométricas consideradas. Se muestra el valor del estadístico de prueba, los grados de libertad y el nivel de significancia (p).

Estructura (mm)	Temporada de trabajo	Estación del año	Interacción
Culmen expuesto	$F_{1,1}=1.49, p=0.44$	$F_{1,1}=0.002, p=0.97$	$F_{1,343}=3.82, p=0.06$
Cabeza	$F_{1,1}=1.15, p=0.48$	$F_{1,1}=1.03, p=0.49$	$F_{1,343}=0.002, p=0.94$
Tarso	$F_{1,1}=1.50, p=0.44$	$F_{1,1}=0.66, p=0.56$	$F_{1,343}=0.43, p=0.51$
Cuerda alar adultos	$F_{1,1}=1.23, p=0.48$	$F_{1,1}=0.002, p=0.97$	$F_{1,219}=2.58, p=0.11$
Cuerda alar juveniles	$F_{1,1}=0.40, p=0.64$	$F_{1,1}=0.27, p=0.69$	$F_{1,27}=3.31, p=0.08$

7.4. Cambios Temporales en la Masa Corporal por Grupo de Edad

Respecto a la masa corporal de *C. canutus roselaari* en GN, se encontró que los adultos fueron más pesados que los juveniles ($U_{447,59}=10,207, p=0.005$; Fig. 11), por lo que las masas se analizaron por separado para cada grupo de edad.

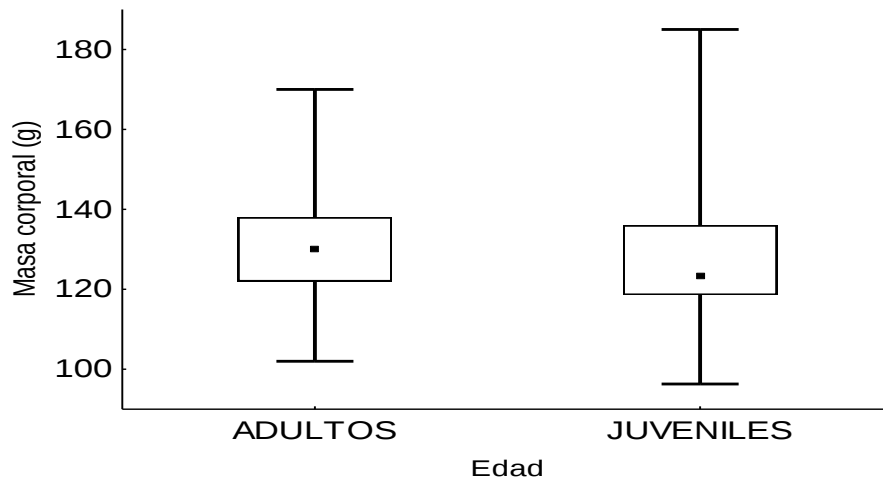


Figura 11. Masa corporal (g) de *C. canutus roselaari* por grupo de edad. Se muestra la mediana (▪), el 50% de las observaciones (□) y los valores mínimo y máximo registrados (las diferencias fueron significativas).

Para los adultos se detectó diferencia significativa en la masa corporal entre octubre de 2006 y el otoño de 2007-08 y 2008-09, con las masas mayores en octubre de 2006 y las menores en otoño de 2007-08 ($H_{131, 117, 15}=7.02$, $p=0.03$; Fig. 12). La prueba *a posteriori* de Nemenyi indicó que las masas fueron similares en los otoños de 2006 y 2008-09 (Tabla 7).

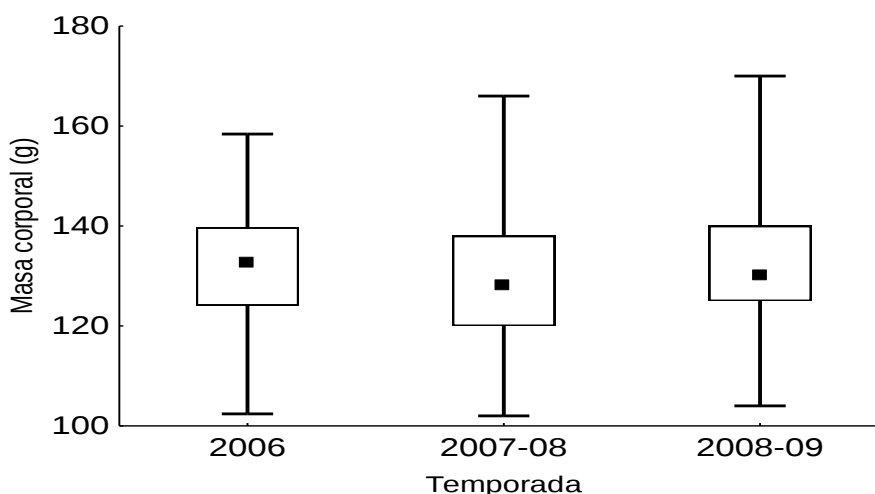


Figura 12. Masa corporal (g) de los adultos de *C. canutus roselaari* para octubre de 2006 y otoño de 2007-08 y 2008-09. Se muestra la mediana (•), el 50% de las observaciones (□) y los valores mínimo y máximo registrados (las diferencias fueron significativas).

Tabla 7. Formación de grupos homogéneos, según Nemenyi, de las masas de los adultos de *C. canutus roselaari* para octubre de 2006 y otoño de 2007-08 y 2008-09.

Estación	Mediana	Grupos Homogéneos
Oct-2006	132.7	****
2008-09	130.0	****
2007-08	128.0	****

Por temporada se detectó diferencia significativa, con las masas mayores en 2007-08 y las menores 2008-09 ($U_{213, 103}=8,704$, $p=0.003$; Fig. 13A). Por estación no se evidenció diferencia significativa ($U_{263, 184}=29,743$, $p=0.74$; Fig. 13B).

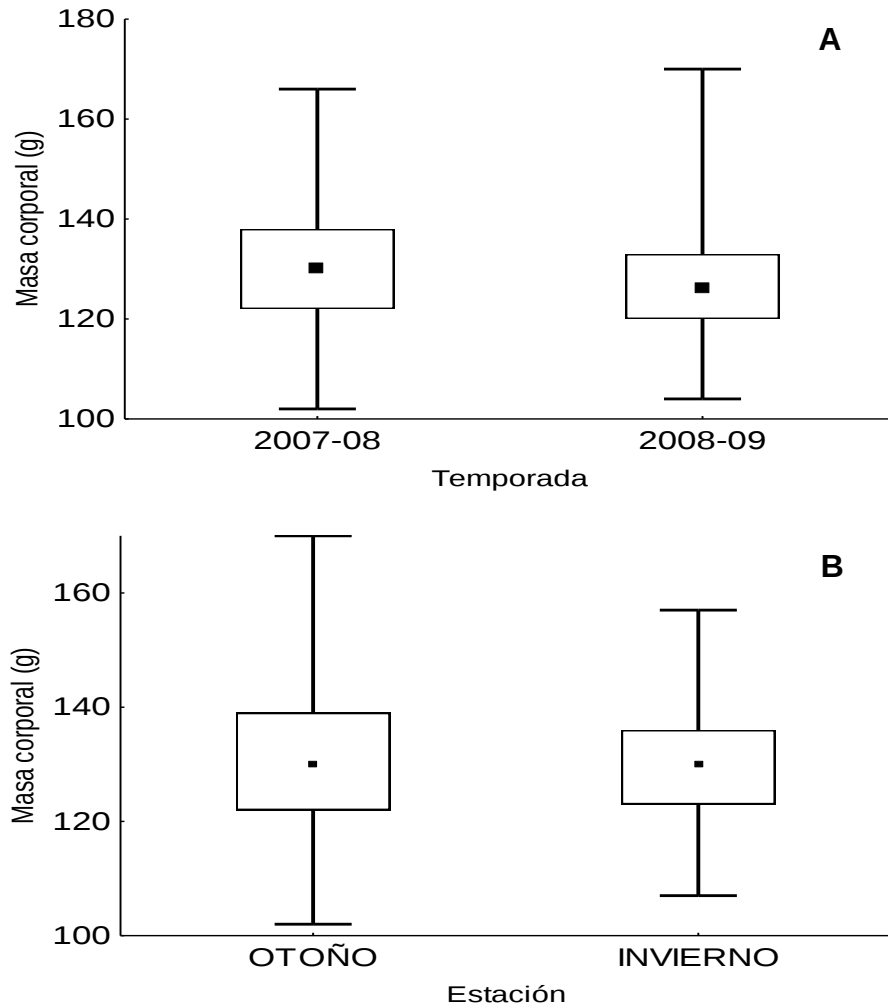


Figura 13. Masa corporal (g) de los adultos de *C. canutus roselaari* por temporada (A) y por estación (B). Se muestra la mediana (▪), el 50% de las observaciones (□) y los valores mínimo y máximo registrados (sólo por temporada se encontró diferencia significativa).

Para los juveniles no se detectaron diferencias significativas por temporada ($U_{24, 7}=58.5$, $p=0.23$; Fig. 14A), aunque la masa sigue siendo mayor en la temporada 2007-08 respecto a la temporada siguiente. Por estación, a diferencia de los adultos, hubo diferencia significativa ($U_{35, 25}=245$, $p=0.004$; Fig. 14B), con las mayores masas en invierno.

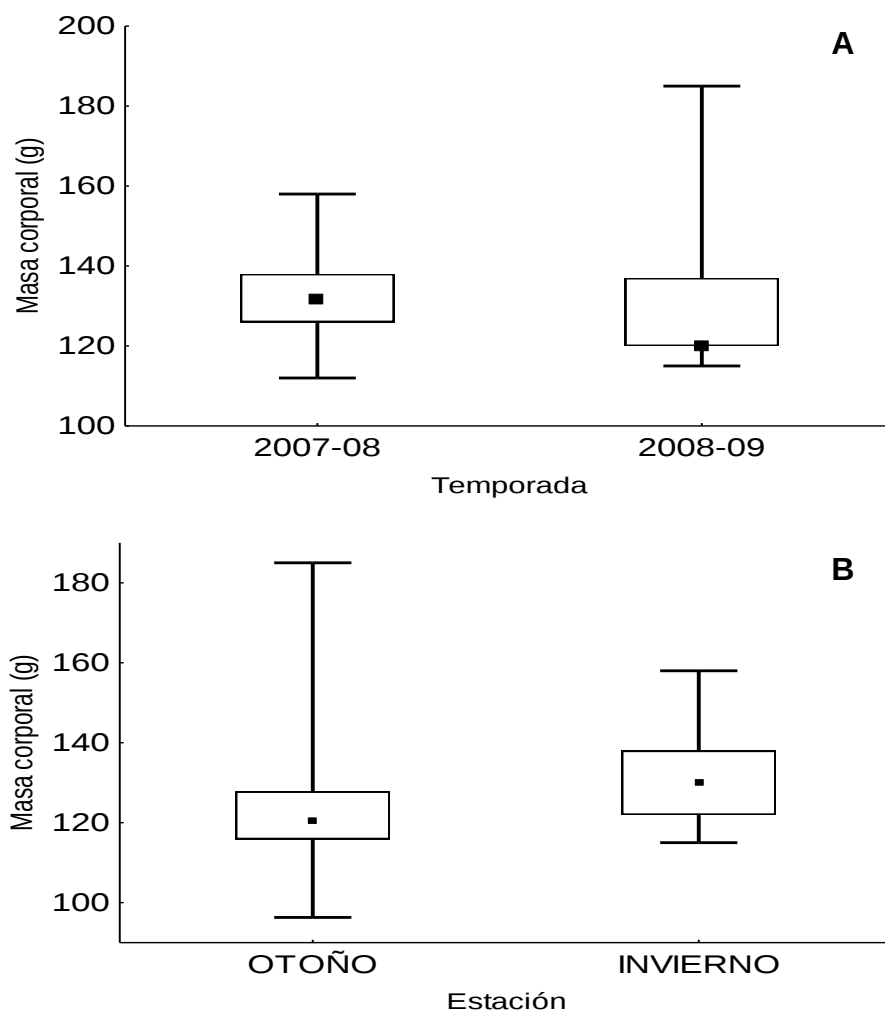


Figura 14. Masa corporal (g) de los juveniles de *C. canutus roselaari* por temporada (**A**) y por estación (**B**). Se muestra la mediana (▪), el 50% de las observaciones (□) y los valores mínimo y máximo registrados (sólo por estación se encontró diferencia significativa).

7.5. Cronología de Muda

El proceso de muda de *C. canutus roselaari* en GN inició en agosto, para septiembre prácticamente todas las aves estaban en plena muda, mientras que en octubre poco más del 66% había terminado la muda. En noviembre todas las aves capturadas habían completado la muda de las plumas primarias (Fig. 15). El análisis indicó que el patrón de muda es dependiente del mes ($\chi^2_6=319.42$, $p<0.01$).

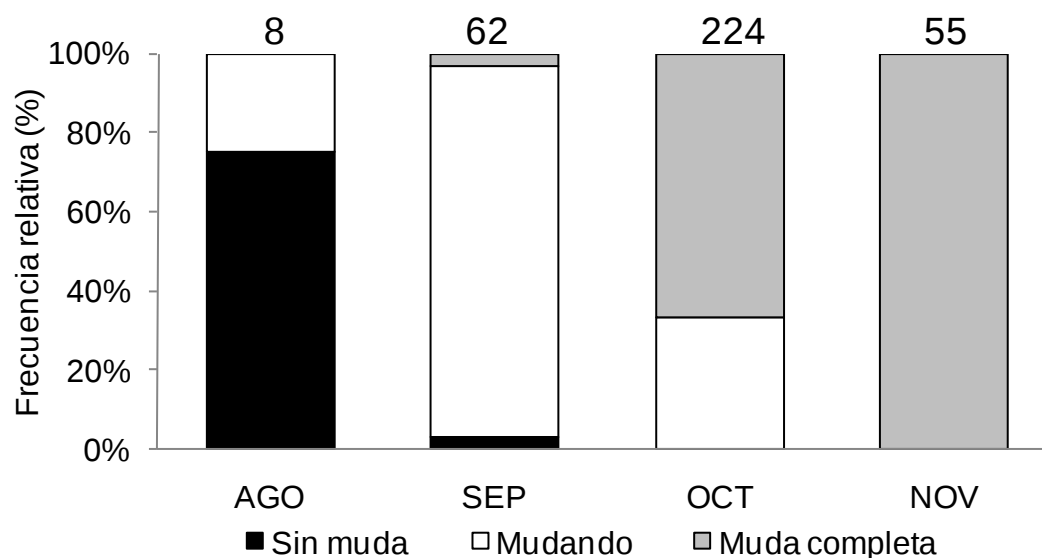


Figura 15. Cronología de muda de *C. canutus roselaari* en Guerrero Negro.

7.6. Avistamientos

En total se han realizado 635 avistamientos de 280 individuos, de estas observaciones 460 se hicieron en el complejo de humedales de GN, que corresponden al 72.4% del total de las observaciones y a 171 individuos. Además, las aves marcadas en GN han sido observadas en otros lugares como California (3 individuos), Washington (103 individuos) y Alaska (3 individuos; Tabla 8).

Por otra parte, en la temporada 2007-08 se obtuvo el mayor número de observaciones (320), pero el menor de individuos (45), respecto a la temporada siguiente (138 aves y 126 individuos; Tabla 9). Así mismo, aves marcadas en Isla Wrangel, Rusia, y en Alaska han sido vistas en GN (Tabla 10).

Tabla 8. Observaciones de ejemplares de *C. canutus roselaari* marcados en GN.

	Observaciones	Individuos	%Observaciones
Guerrero Negro, México	460	171	72.4
California, E.U.A.	4	3	0.6
Washington, E.U.A.	166	103	26.1
Alaska, E.U.A.	5	3	0.8
Total	635	280	100

Tabla 9. Total de las observaciones realizadas en Guerrero Negro.

Temporada	Capturados	Observaciones	Individuos
Oct-2006	195	2	No identificados
2007-08	238	320	45
2008-09	114	138	126
Total	549*	460	171

*A dos individuos no se les colocaron banderas.

Tabla 10. Observaciones en Guerrero Negro de aves marcadas en otros sitios de la ruta migratoria del Pacífico, de *C. canutus roselaari*.

Lugar	2007-08		2008-09	
	Observaciones	Individuos	Observaciones	Individuos
Isla Wrangel, Rusia*	7	No disponible	3	No disponible
Alaska**	7	2	0	0
Total	14	2	3	0

*Marcadas por P. Tomkovich (Tomkovich y Dondua, 2008).

**Marcadas por R. Gill (B. Harrington, Centro Manomet, Massachusetts, com. pers).

7.7. Tasa de Retorno

La tasa de retorno general fue del 20%, esto implica que de los 433 individuos marcados entre octubre 2006 y la temporada 2007-08, 88 individuos se volvieron a observar entre 2007-08 y 2008-09. De manera general se encontró que el grupo de edad no afectó la tasa de retorno; sin embargo, la proporción de AD2 (0.20) resultó un poco mayor que la proporción de AD1 (0.17) que regresaron a GN ($t_{431}=0.67$, $p=0.50$; Fig. 16).

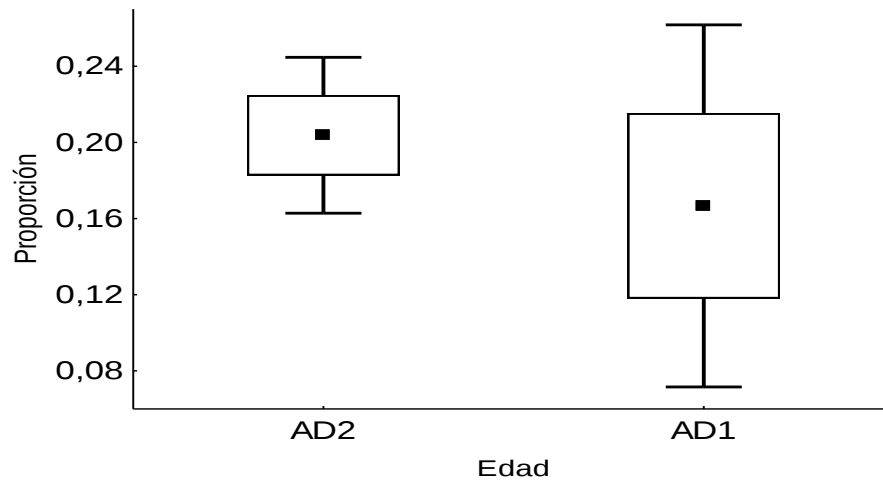


Figura 16. Tasa de retorno por grupo de edad de *C. canutus roselaari* en Guerrero Negro. Se muestra el promedio (▪), $\pm$ el error estándar ($\square$) y los intervalos de confianza al 95% (las diferencias fueron significativas).

La tasa de retorno a la temporada 2008-09 fue de 0.18, es decir, de las 238 aves marcadas en 2007-08, 44 individuos fueron observados en 2008-09. En referencia a la edad no se encontró diferencia en la tasa de retorno a la temporada 2008-09 ($t_{236}=-0.64$, $p=0.52$; Fig. 17), aunque la proporción de los AD2 que regresó en esta temporada fue un poco menor (0.18) en comparación con los AD1 (0.23). El esfuerzo de observación en la temporada 2008-09 fue de 27 días.

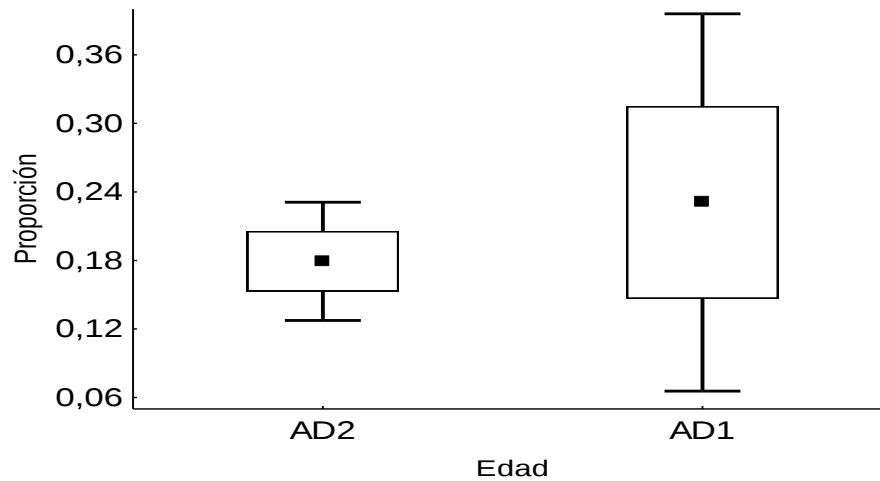


Figura 17. Tasa de retorno de *C. canutus roselaari* por edad a la temporada de trabajo 2008-09 en Guerrero Negro. Se muestra el promedio (▪), $\pm$ el error estándar ($\square$) y los intervalos de confianza al 95% (no se detectaron diferencias significativas).

La tasa de retorno de las aves que fueron marcadas en el ambiente natural fue más alta a este mismo tipo de ambiente (0.36) que las que regresaron al artificial (0.02; $t_{474}=10.56$, $p<0.05$). Por grupo de edad se respetó este patrón, la mayor tasa de retorno se encontró hacia el ambiente natural en comparación con el artificial, tanto para adultos ($t_{422}=10.24$, $p<0.05$; Fig.18A) como para juveniles ($t_{50}=2.69$, $p=0.01$; Fig. 18B). El esfuerzo en días de observaciones en el ambiente natural fue de 45 días y en el artificial de 10 días.

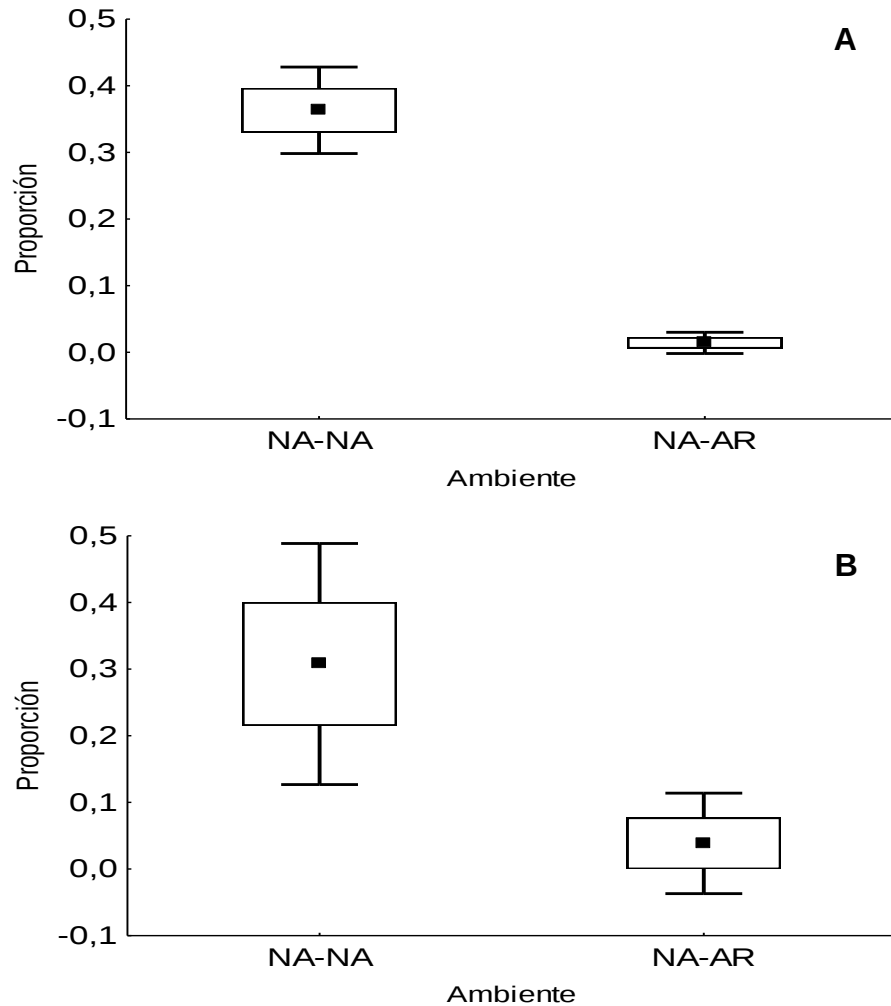


Figura 18. Tasa de retorno por tipo de ambiente de los adultos (**A**) y los juveniles (**B**) de *C. canutus roselaari* en Guerrero Negro. Se muestra el promedio (▪), $\pm$ el error estándar ($\square$) y los intervalos de confianza al 95% (en ambos casos las diferencias fueron significativas).

8. DISCUSIÓN

8.1. Abundancia Temporal

Las abundancias observadas indican que el complejo de humedales de GN es el sitio de invernación de mayor importancia registrado para la subespecie *Calidris canutus roselaari* (Harrington, 2001), con al menos 7,900 aves utilizando la zona.

Los estimados poblacionales de esta subespecie han cambiado drásticamente en los últimos diez años e incluyen cifras como 150,000 individuos (Brown *et al.*, 2001, basados en conteos de 1970s a 1980s), posteriormente se estimaron entre

35,000-50,000 aves (WI, 2006), y luego 20,000 ejemplares (Morrison *et al.*, 2006, estimaciones realizadas entre 1980s y 1990s). La estimación más reciente indicó que hay menos de 10,000 aves de esta subespecie (Niles *et al.*, 2008, basados en conteos de 1988 a 1995 realizados por Page *et al.*, 1999). Con estas distintas estimaciones de abundancia, en GN invernaría entre el 5.3% y el 79% de la población total.

Estas estimaciones no necesariamente reflejan una disminución poblacional, pues aparentemente están más relacionadas con un mayor esfuerzo de observación y una afinación de las estimaciones. Es posible que en los primeros se hallan incluido aves pertenecientes a otras subespecies como *C. canutus rogersi*. Ambas subespecies (*C. canutus roselaari* y *C. canutus rogersi*) utilizan el delta del Yukon en Alaska, como una de sus últimas paradas en la migración de primavera, antes de partir hacia sus sitios de reproducción en el Ártico y muchas de las estimaciones provienen de esta zona, pues representa un sitio de congregación muy importante (USFWS, 2007). Considerando una estimación reciente y moderada (Morrison *et al.*, 2006), la abundancia máxima registrada en GN representaría el 39.5% del tamaño poblacional estimado para esta subespecie. Actualmente no se conoce cuál es la tendencia de esta población, pero sin duda es la subespecie con el tamaño poblacional menor (Harrington, 2001) y de la cual se cuenta con menos estudios, por lo que la necesidad de tener estimaciones confiables y monitoreos en sus sitios de congregación se incrementa.

Independientemente de la falta de información respecto a la subespecie *C. canutus roselaari*, las poblaciones de muchas especies de playeros alrededor del mundo están declinando (Baker *et al.*, 2004). En una base general de censos de aves playeras en Canadá, se han observado tendencias negativas o disminución significativa en 28 de 35 especies evaluadas y sólo una presenta una tendencia positiva (Donaldson *et al.*, 2000). Un reporte más reciente (B. Andres, USFWS, Alaska, datos no publicados), menciona que actualmente el 38% de las poblaciones de aves playeras están disminuyendo, el 29% se encuentra estable, el 25% se desconoce, y sólo el 8% ha ido en aumento, este reporte incluye al playero rojizo del Atlántico (*C. canutus rufa*) en la categoría de “declive serio”.

Baker *et al.* (2004) indicaron que las aves playeras que se reproducen en el ártico e invernán en Sudamérica y tienen sitios de paso clave, son muy susceptibles a cambios en el ambiente en estos lugares. Para el caso de *C. canutus rufa* en Tierra de Fuego, Argentina, se ha observado una disminución significativa en la población invernal, de 51,000 a 27,000 individuos entre los años 2000 y 2002, señalándose que esto no es el resultado de que las aves se movieran a otros sitios dentro del intervalo invernal, sino que refleja una disminución real de la población (Morrison *et al.*, 2004). A este respecto, González *et al.* (2006) mencionan que el tamaño de la población podría estar limitado por competencia intra e interespecífica en los sitios de parada clave si hay poca disponibilidad de alimento, alto riesgo de depredación y un incremento en el disturbio o una disminución en la calidad de los sitios de paso (alimentación). Para el caso de *C. canutus roselaari*, sus estimados poblacionales han cambiado en los últimos años y no se sabe su tendencia, aunque es la subespecie con el menor número de aves. Sin embargo, dado que otras especies están disminuyendo sus números, es imprescindible estructurar un adecuado plan de monitoreo que permita detectar eventuales cambios numéricos de la subespecie de interés, sobre todo al considerar su reducido tamaño poblacional. En este contexto GN toma particular relevancia, pues como fue mencionado es el sitio de invernación más importante para esta subespecie.

Respecto a la abundancia temporal observada en GN, las primeras aves que llegan a la zona de estudio (entre julio y agosto) probablemente sean hembras adultas, pues se ha indicado que éstas inician el movimiento hacia el sur en los meses mencionados (Harrington, 2001); el arribo posterior (septiembre), particularmente notorio en la primer temporada (2007-08) probablemente indique la llegada de la otra fracción poblacional (machos adultos y juveniles), ya que los playeros rojizos, al igual que otras especies de aves playeras, presentan un patrón de migración diferencial, donde las hembras adultas parten hacia el sur antes que los machos, los que inician el viaje cuatro semanas después junto con los juveniles (Helseth *et al.*, 2005). Las abundancias altas y constantes durante el invierno indican que la zona es utilizada fundamentalmente como área de invernación, acorde con

algunos datos existentes en la literatura respecto a la presencia de grupos invernantes en la región (Page *et al.*, 1997; Patten *et al.*, 2003).

Cabe mencionar que el patrón estacional encontrado en este trabajo es semejante al reportado por Harrington *et al.* (2007) para la población de *C. canutus rufa* invernante en Florida, la que arriba a la zona entre agosto y septiembre, meses a partir de los cuales las abundancias se mantienen estables.

Por estación del año, las mayores abundancias en GN se observaron en invierno, mientras que en otoño y en primavera se registraron abundancias medias y muy poca utilización en verano. Por el contrario, en otros puntos del Pacífico (Oregon y Washington) se ha indicado que esta subespecie es más común en primavera (Buchanan, 2008). El hecho de que las costas norteñas sólo sean utilizadas durante la primavera, es similar a lo registrado en la Bahía de Delaware para la subespecie *C. canutus rufa* (González *et al.*, 2006) e indica que el recurso trófico en estos lugares es muy abundante en primavera, tal como sucede en la Bahía de Delaware (González *et al.*, 2006); o bien, que dada la estrategia migratoria de la especie, las aves en primavera prefieran utilizar una mayor cantidad de sitios para alimentación y descanso para llegar a los lugares de reproducción en buenas condiciones (Harrington *et al.*, 1986).

En la Península de Baja California los playeros rojizos habían sido catalogados como migrantes y visitantes de invierno poco comunes (Wilbur, 1987), probablemente debido al bajo esfuerzo de observación realizado previo a este estudio.

La abundancia baja primaveral en GN podría deberse a que, en la migración al norte, las aves prefieran volar cerca de las costas del macizo continental, como ha sido propuesto para las aves playeras en general (Carmona *et al.*, 2004). Otra posibilidad es que la migración de primavera es, en general, más rápida que la de otoño (Harrington *et al.*, 1986), por lo que las probabilidades de detección a través de censos mensuales disminuyen. De hecho, para Washington se ha indicado que *C. canutus roselaari* pasa un período máximo de ocho días en primavera (Buchanan, 2008). La poca información existente sugiere que las rutas de otoño y de primavera pueden diferir en algunas especies de aves playeras (Morrison, 1984), por lo que no

necesariamente las aves pasarían por los mismos sitios. Además, para el playero rojizo ha sido más estudiada la migración al norte (primavera) y poco se conoce acerca de la migración hacia el sur (otoño; Helseth *et al.*, 2005).

Deben existir otros sitios de invernación más sureños, ya que al norte de GN sí existe esfuerzo de búsqueda y según el estimado poblacional realizado por Morrison *et al.* (2006), faltaría saber dónde inverte el restante 60% de la población de esta subespecie. Este o estos grupos aún no han sido detectados. Una razón que explica este hueco de conocimientos es el bajo esfuerzo de búsqueda realizado y la complejidad y difícil acceso a secciones de humedales costeros extensos en el noroeste y sur de México. Para la Península de Baja California, previo a 2006, sólo se tenían dos observaciones importantes de playeros rojizos, Page *et al.* (1997) detectó poco más de 1,000 aves en la Laguna Ojo de Liebre en enero de 1994 y Erickson y Howell (2001) registraron alrededor de 1,500 playeros rojizos en San Felipe, B. C. en marzo de 1985. Otros trabajos con estimados de aves playeras invernando en la Península de Baja California (Page *et al.*, 1992; Page y Palacios, 1993; Morrison *et al.*, 1994) no mencionan números importantes de *Calidris canutus*. Sin embargo, estos datos provienen de censos aéreos en invierno en los cuales, dada la metodología de los mismos, es probable que los playeros rojizos estén dentro de la categoría de “playeros medianos”, ya que se ha observado que esta especie a menudo se encuentra en parvadas mixtas, mezclada con otras especies de playeros medianos como *Limnodromus* sp. y *Pluvialis squatarola* y fácilmente se confunde con estas especies a distancia.

Recientemente Soto-Montoya *et al.* (2009) registraron abundancias importantes de esta especie (hasta 1,900 aves) en la zona del Golfo de Santa Clara, al norte de Sonora, en otoño y primavera, pero con ausencia invernal. El Golfo de Santa Clara, además de ser utilizado como sitio de paso migratorio es usado durante el verano; de hecho, es la única zona de veraneo reportada para la subespecie (Soto-Montoya *et al.*, 2009). La variación de la abundancia en el Golfo de Santa Clara indica que hay un grupo de aves que se mueve más al sur hacia otro u otros humedales de invernación.

Es importante resaltar que durante este trabajo hubo registros de *C. canutus roselaari* utilizando la zona artificial de ESSA (hasta 800 aves), fundamentalmente en las áreas de concentración S1-A y A-1. Se sabe que la pérdida de hábitats naturales afecta a las aves playeras, debido a su tendencia a concentrarse en pocos sitios en momentos específicos (Myers *et al.*, 1987), aunque en ocasiones algunas modificaciones hechas por el hombre han resultado benéficas para las comunidades aviares. La disponibilidad de hábitat supramareales, como las salinas, contribuye al mantenimiento de las poblaciones de aves playeras, ya que provee una fuente alternativa de alimentación (Masero y Pérez-Hurtado, 2001) o sitios de descanso, sobre todo en mareas altas o durante épocas de gran demanda energética como los períodos de migración (Ayala-Pérez, 2008). La importancia de las salinas como ambientes alternos durante la migración y la invernación ha sido probada para las aves playeras en Puerto Rico (Collazo *et al.*, 1995), España (Masero y Pérez-Hurtado, 2001; Masero, 2003), Francia (Britton y Johnson, 1987), Portugal (Múrias *et al.*, 2002) y México (Carmona y Danemann, 1998; Danemann *et al.*, 2002).

Sin embargo, para *C. canutus* no se había registrado su utilización en otras salinas en donde se encuentran números importantes de aves playeras, tales como España (Masero *et al.*, 2000) y Puerto Rico (Collazo *et al.*, 1995), lo que contrasta con los conteos realizados en ESSA. Esto se puede relacionar con la forma de producción de sal en las salinas de España y Puerto Rico, en donde el agua se mantiene estática hasta que se evapora, lo cual trae consigo cambios drásticos en las comunidades bentónicas (J.A. Masero, Universidad de Extremadura, España, com. pers.). Contrario a lo anterior, para el proceso de producción de sal en ESSA es indispensable mantener estables las condiciones fisicoquímicas del sistema de vasos de evaporación por medio de una circulación constante del agua. Esto mantiene a su vez comunidades diversas de invertebrados en algunas secciones de la salina (Carmona y Danemann, 1998).

El uso de ESSA podría estar relacionado también con las características físicas propias de S1-A (el sitio de ESSA más utilizado), ya que presenta condiciones muy similares a las del medio natural en cuanto a salinidad, vegetación y tipo de sustrato (Arce, 2008), además de que es un área amplia y de poca profundidad con

área disponible para alimentación la mayor parte del tiempo (Carmona y Danemann, 1998). Otras zonas de la salina que son utilizadas por los playeros rojizos son los diques que separan las áreas de concentración de sal. Este uso en la salina por parte de algunas especies de aves playeras ocurre durante la pleamar que es cuando los lugares de descanso y/o alimentación están menos disponibles en la zona natural (Ayala-Pérez, 2008).

En relación con la abundancia temporal, se apreciaron diferencias entre las temporadas de trabajo. La abundancia máxima estimada se ubicó en noviembre en ambas temporadas, en 2007-08 fue de 6,700 aves, en comparación con 2008-09 con 7,900 aves. Sin embargo, en la segunda temporada hubo mayor variación y se realizó un menor número de registros totales. Estas diferencias 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 la tasa de supervivencia anual (Sandercock, 2003), entre otros.

Basados en la información sobre temperatura ambiente en GN, generada por el Centro Meteorológico de ESSA, constatamos que en la temporada de trabajo de menores registros (2008-09) se presentaron las temperaturas mínimas promedio más altas en la zona (21 °C comparado con 17 °C en 2007-08; Anexo 4).

Para *C. mauri*, especie que se distribuye latitudinalmente en invierno de forma diferencial por sexo y edad (Nebel *et al.*, 2002), se espera que las aves viajen más al sur en los años más fríos, incrementando sus números en los sitios australes de su distribución invernal (Butler *et al.*, 1996; A.O.U., 1998), por lo que en sitios como GN sus números incrementarán. Mientras que en años cálidos se espera encontrar menos aves en los sitios sureños de invernación y que sus números incrementen en los lugares norteños como San Francisco y Columbia Británica. Es probable que para *C. canutus roselaari* pudiera pasar algo similar, donde en la segunda temporada de trabajo los grupos invernantes estuvieran al norte de GN, dado que se trató de un año cálido.

Acorde con los datos del Índice Oceánico del Niño (CPC, 2011; Anexo 5), en 2007-08 se presentó una fase fría (anomalías negativas de temperatura entre agosto de 2007 y abril de 2008) y hacia finales de la temporada 2008-09 se encontraron anomalías positivas de temperatura. O'Hara *et al.* (2007) mencionan que estos ciclos climáticos pueden tener efectos en las aves playeras en los sitios no-reproductivos. Encontraron que después de una fase cálida del ENSO (1997/1998), las aves playeras en Ecuador fueron significativamente más ligeras (menos alimento) que en años previos. Por lo tanto, las condiciones del clima asociadas al ENSO durante la estación no-reproductiva podrían afectar negativamente a las aves playeras en sus sitios de invernación, incrementando las demandas metabólicas y reduciendo la disponibilidad de presas (Barber y Chavez, 1986; O'Hara *et al.*, 2007).

Se sabe que la productividad primaria tiende a ser menor en Bahía Sebastián Vizcaíno en años con temperaturas más altas y esto está relacionado también con un debilitamiento de las surgencias (Hernández-Rivas *et al.*, 2000); es decir, la presencia de agua caliente trae consigo la disminución de nutrientes en superficie (Lluch-Belda, 2000). Por lo tanto y dado que existen 4°C de diferencia entre las temperaturas ambiente de GN entre las temporadas de trabajo, se tienen tres posibilidades: 1) que hubo una menor cantidad de alimento en la temporada más cálida, 2) que sí haya suficiente alimento pero, dada la mayor temperatura promedio y por consiguiente la menor humedad del sustrato, que no esté disponible debido a que los invertebrados tenderán a enterrarse a mayor profundidad en el sustrato, y 3) que la calidad del alimento sea menor. Cualquier posibilidad indudablemente provocó una menor utilización de la zona por el playero rojizo en la temporada 2008-09.

Así mismo, en otras especies con segregación latitudinal por sexos, como *C. mauri* y *C. minutilla* (Nebel *et al.*, 2002; Nebel, 2006), los corrimientos por cambios de temperatura podrían implicar cambios locales en las proporciones de sexo. Aunque no fue objetivo de este trabajo, se determinó el sexo de 178 individuos de *C. canutus roselaari* en GN en las dos temporadas (2007-08 y 2008-09), mediante la técnica molecular de Cariotipo (Baker *et al.*, 1999), y se encontró que la proporción de machos fue, en general, mayor (2:1), lo que indica una aparente segregación por sexos (Carmona *et al.*, datos no publicados). Además, las proporciones de machos

disminuyeron entre las temporadas de estudio (0.74 y 0.58, respectivamente), datos que apoyan la idea de un desplazamiento en la distribución invernal debido a la temperatura, ya que las temperaturas mínimas promedio en la zona de estudio fueron de 17 y 21°C, respectivamente.

8.2. Estructura poblacional por grupo de edad

Se atraparon en total 549 individuos, de los cuales a sólo dos no se les colocaron marcas. No se realizaron recapturas en redes. Los datos de las capturas de *C. canutus roselaari* en GN indican que se tiene marcado aproximadamente al 2.7% de la población total, considerando el estimado poblacional realizado por Morrison *et al.* (2006). El porcentaje de aves marcadas en GN se considera bueno al compararlo con el 10% aproximado de aves marcadas de la subespecie *C. canutus rufa* en un periodo de estudio de casi 15 años. Se ha indicado que la tasa de recaptura es muy variable entre años y depende de la probabilidad de que un ave marcada regrese a la zona y de la probabilidad de atrapar (observar) a un individuo marcado anteriormente en la zona (Atkinson *et al.*, 2001; Sandercock, 2003). La observación de diferentes individuos marcados en GN, apunta más a la segunda posibilidad (Atkinson *et al.*, 2001).

Las proporciones de sexo y edad en los sitios de invernación pueden variar año con año de acuerdo al éxito reproductivo en las zonas de crianza y a las condiciones a las que las aves se enfrenten a lo largo de su ruta migratoria (Senner *et al.*, 1981). Los playeros rojizos, de la misma forma que otras especies de aves playeras, presentan un patrón de migración diferencial donde las hembras adultas parten hacia el sur antes que los machos, mismos que inician el viaje cuatro semanas después junto con los juveniles; sin embargo, en años en los que la presión de los depredadores, especialmente zorros árticos es baja, los adultos suelen partir más tarde de los sitios de reproducción y hay más juveniles debido a un mayor éxito reproductivo (Helseth *et al.*, 2005).

La mayor proporción de adultos (0.88) respecto a la proporción de juveniles (0.12) encontrada en GN hace suponer que es un sitio de alta calidad para la invernación de *C. canutus roselaari*, pues estas aves al ser las más experimentadas

buscarán los mejores lugares (Warnock y Takekawa, 1995). La calidad de los sitios regularmente se relaciona con la disponibilidad de alimento y de sitios seguros para el descanso y de un bajo riesgo de depredación.

El predominio de las aves adultas en GN puede relacionarse con el planteamiento propuesto por González y Baker (datos no publicados, en Atkinson *et al.*, 2005) para *C. canutus rufa* en Argentina, pues mencionan que pocas aves de primer año llegan a Sudamérica, por lo que la proporción de juveniles en las capturas también es muy baja. Sin embargo, aparentemente los juveniles de *C. canutus rufa* pasan su primer invierno boreal y el siguiente verano en áreas al norte de Patagonia y Tierra de Fuego, antes de migrar al sur en su segundo invierno boreal. Para *C. canutus roselaari*, dado que no se tienen registros importantes en otoño e invierno al norte de GN se tienen cuatro posibilidades (hipótesis) para tratar de explicar la baja proporción de juveniles en las capturas: 1) que los juveniles estén más apegados a las costas del macizo continental e invernén en otro u otros sitios más sureños; 2) que los juveniles invernén en otros humedales cercanos al área de estudio, como La Bocana, El Coyote o San Ignacio; 3) que exista un bajo éxito reproductivo de la subespecie, por lo cual habría pocos juveniles en la población; y 4) una mayor tasa de mortalidad de juveniles en comparación con los adultos.

La primer idea se ve reforzada por lo reportado por Soto-Montoya *et al.* (2009) quienes detectaron un grupo de aves pasando en otoño y primavera por el Golfo de Santa Clara, Sonora, cuya zona de invernación aún no se conoce, y además registran la presencia de aves veraneantes en la zona. En una visita realizada en junio de 2009 al Golfo de Santa Clara, se observaron aproximadamente 300 playeros rojizos, la mayoría de éstos presentaban una muda parcial de plumaje alterno a reproductivo, similar a lo propuesto para individuos juveniles que pasan el verano fuera de sus áreas reproductivas (Harrington, 2001). Es decir, el predominio de aves juveniles en verano está documentado (Blanco *et al.*, 1992); sin embargo, durante los movimientos migratorios no hay información sobre el grupo de edad predominante. Dados los bajos porcentajes de juveniles observados en GN, es probable que en el Golfo de Santa Clara la proporción de juveniles sea mayor en otoño y primavera. Esta idea podría probarse con capturas en este sitio.

Respecto a la segunda hipótesis, en febrero de 2008 se visitaron diferentes lagunas y esteros de las costas del Pacífico en la península (Lagunas: Manuela, Guerrero Negro, Ojo de Liebre y San Ignacio; y Esteros: El Borracho, La Bocana y El Coyote) y, además de Ojo de Liebre, sólo se tienen dos registros importantes, uno de apenas 400 playeros rojizos en Laguna San Ignacio (Mendoza, 2010) y otro de 500 en El Coyote (Carmona, datos no publicados). En Laguna San Ignacio se ha continuado con el monitoreo de las aves playeras y no se han registrado números importantes de *C. canutus*. Sin embargo, no es posible aún descartar la idea de que los playeros rojizos utilicen otros humedales regionales, debido a que hace falta un mayor esfuerzo sobre todo en los esteros anteriormente mencionados, ya que sólo en un mes se recorrieron todas las zonas.

En referencia a la última hipótesis, se ha mencionado para las aves playeras que existen menores tasas de sobrevivencia de juveniles en comparación con los adultos. Esto se relaciona con la experiencia, ya que los jóvenes son más susceptibles a ser depredados y a verse afectados por condiciones ambientales difíciles (Warnock *et al.*, 1997). Boyd y Piersma (2001) estiman que los juveniles de *C. canutus islandica* tienen una tasa de sobrevivencia de apenas el 25% en comparación con los adultos. En este sentido se ha documentado que el decremento en la población invernal de *C. canutus rufa* en Tierra de Fuego se puede deber a un reclutamiento bajo de aves de segundo año (subadultos) a las parvadas de invierno (Baker *et al.*, 2004), como un reflejo de la baja sobrevivencia de juveniles, misma que se acentúa por modificaciones antrópicas del hábitat (González *et al.*, 2006).

La proporción de adultos menor en octubre de 2006 (0.83) y la mayor en la temporada 2007-08 (0.96) podría relacionarse directamente con la calidad de los sitios y los artes de captura, ya que en octubre de 2006 sólo se capturó en S1-A y probablemente este sitio es de menor calidad en comparación con otros ambientes de la zona natural y los adultos al ser el grupo de edad con mayor experiencia buscarán los mejores lugares (Warnock y Takekawa, 1995; Galindo, 2003). Además, en S1-A sólo se utilizaron redes de niebla en las capturas, dado que no es posible utilizar red cañón por las características del sustrato. A este respecto, se ha mencionado que aparentemente hay un sesgo por grupo de edad en las capturas

con redes de niebla, el cual se debe a la experiencia de las aves adultas y a su menor movilidad entre las áreas de alimentación (Goss-Custard *et al.*, 1891; Carmona y Galindo-Espinoza, datos no publicados). Otra explicación a la variación en la proporción de adultos se puede relacionar con lo reportado por Helseth *et al.* (2005), quienes mencionan que una mayor producción de juveniles se da en años con menor presión por parte de los depredadores en las zonas de reproducción y con climas más benignos en ellas.

El éxito reproductivo de las aves en la región circumpolar depende de las condiciones climáticas y de la abundancia de los depredadores. Durante el 2006 se encontró que dichos éxitos variaron entre medios y altos (Tomkovich y Soloviev, 2007). En concordancia Menyushina (2007), resaltó la baja abundancia de zorros árticos (el más importante depredador de huevos y pollos), lo que permitió que más aves anidaran (Gill Jr. *et al.*, 2007). En contraste en el verano del 2007 se registraron temperaturas anómalamente altas (Tomkovich y Dondua, 2008). Tomkovich y Soloviev (2008) indicaron una escasez de alimento, por la insuficiente humedad en el hábitat, una pérdida de sincronía entre el nacimiento de los pollos y la abundancia de insectos y una alta presión de depredación por zorros, resultando en un bajo éxito reproductivo. Por su parte el verano de 2008 fue muy frío (Menyushina, 2009), esta condición afectó negativamente la sobrevivencia y desarrollo de los pollos (Tomkovich y Soloviev, 2009). Así, los éxitos reproductivos en 2008 fueron bajos y representaron el segundo año consecutivo con esta condición (Tomkovich y Soloviev, 2009). Las condiciones en sus sitios de anidación mencionadas anteriormente, aparentemente se reflejaron en las proporciones de edad encontradas en GN, con la mayor proporción de juveniles en 2006.

La semejanza estadística entre las temporadas 2007-08 y 2008-09 también podía reflejar las condiciones subóptimas en sus áreas de reproducción. Al analizar la interacción entre temporada y estación del año se observó una mayor proporción de adultos en otoño 2007-08 (0.96) y la menor en invierno de la misma temporada (0.83). Esta disminución podría deberse a movimientos de los adultos hacia otros sitios (lo más probable dadas las abundancias a la baja), o por una llegada tardía de juveniles (lo menos probable), pues en cualquier caso se ha indicado que la

distribución invernal de diferentes especies de aves playeras no es estática y pueden moverse entre áreas geográficas relativamente distantes (Evans, 1976).

8.3. Morfometría

A nivel interespecífico, las diferencias en la longitud y forma de algunas estructuras en las aves como culmen, tarso, ala y cuello, han sido asociadas a las características del hábitat en que se presentan las especies, como profundidad del agua, tipo de sustrato, y vegetación (Recher, 1966; Baker, 1979; Colwell y Taft, 2000). Sin embargo, dichas relaciones son, la mayoría de las veces, menos notorias a nivel intraespecífico (Galindo, 2003; Arce, 2008). Muchas especies de aves playeras presentan dimorfismo sexual en el tamaño corporal y/o en la longitud de diferentes estructuras (Clark, 1983; Cooper, 1994; Wilson, 1994), en la mayoría de los casos las hembras son más grandes que los machos y los juveniles más pequeños que los adultos (Durell, 2000), sobre todo en las especies de tallas mayores como *Limosa fedoa* (Blake, 1977; Ayala-Pérez, 2010). En *C. canutus* no existe dimorfismo sexual evidente en la talla (Harrington, 2001).

En las estructuras duras (culmen expuesto, cabeza y tarso) de *C. canutus roselaari* analizadas en este trabajo, no se detectaron diferencias entre grupos de edad. Los resultados indican que, tal como sucede con otras aves playeras y otras especies del género *Calidris*, los juveniles presentan medidas similares a los adultos una vez que abandonan los sitios de reproducción (Wilson, 1994; Summers *et al.*, 1992). Por ejemplo, para la población de *C. mauri* que inverna en la zona de estudio tampoco se detectaron diferencias entre las medidas de adultos y juveniles (Arce, 2008).

La falta de diferencias es atribuible a la baja dispersión en los datos, quizá porque la comparación se realizó para un mismo punto geográfico, es decir, la zona en su conjunto fue utilizada por aves de las mismas tallas. Además, dada la falta de dimorfismo sexual en talla (Harrington, 2001), no fue posible detectar variaciones en las medidas, ni siquiera las que pudieron deberse a los cambios en las proporciones de sexos (Meissner, 2004).

Las diferencias encontradas en la cuerda alar entre adultos (174.05 mm promedio) y juveniles (168.66 mm promedio) en el área de estudio, coinciden con lo registrado por Helseth *et al.* (2005), quienes encontraron una longitud del ala mayor en adultos (169.4 mm) que en juveniles (163.2 mm) en un grupo de paso de *C. canutus* en las costas holandesas, de forma semejante a lo reportado por Koopman (2002) en otra región del mismo país (juveniles 164.1 mm y adultos 170.8 mm). Lo que se explica porque los adultos de algunas especies, al realizar la muda en otoño-invierno, recién adquirieron las plumas de vuelo, mientras que los juveniles presentan un desgaste de las mismas debido a la migración otoñal, pues estas plumas crecieron en el verano en sus sitios de reproducción y no las mudaron hasta su segundo otoño. Un patrón semejante ha sido propuesto para *C. mauri*, especie en la que los juveniles completan tres movimientos migratorios con las mismas plumas, mientras que los adultos hacen sólo dos migraciones (O'Hara *et al.*, 2002). Clark (1983) encontró una correlación positiva entre la longitud del ala y la edad de los individuos, es decir, entre cada muda existe un pequeño incremento de las plumas primarias. Se ha sugerido que la presencia de alas más cortas y redondeadas en los juveniles puede estar asociada a un incremento en la capacidad de despegue, para así tratar de reducir el riesgo de depredación (Fernández y Lank, 2007).

8.4. Cambios Temporales en la Masa Corporal por Grupo de Edad

La masa de las aves puede reflejar los diferentes estados y demandas a los que los individuos están sujetos. Los períodos de migración son energéticamente demandantes, por lo que la masa de las aves suele incrementarse en estas épocas (O'Reilly y Wingfield, 1995; 2003). Sin embargo, el riesgo de ser depredado durante el invierno será mayor si las aves mantienen una masa alta, por lo que existe un balance entre las reservas de grasa mínima para reducir el riesgo de inanición y la masa máxima que permita escapar de los depredadores (Cresswell, 1994).

En el presente trabajo, la mayor masa observada en los adultos de *C. canutus roselaari* se ha asociado a una mayor reserva de grasa, lo cual también ocurre en adultos de otras aves playeras debido a su alta eficiencia alimentaria comparada con los juveniles (Page y Middleton, 1972; Summers *et al.*, 1990; Summers *et al.*, 1992).

Los juveniles son considerados inexpertos sobre todo cuando llegan a un sitio “nuevo” y necesitan más tiempo para acostumbrarse a las condiciones del lugar, principalmente al ritmo de la marea, así que tienen que aprender a encontrar el alimento (van der Have *et al.*, 1984). Además, los adultos suelen ser más agresivos y excluyen a los juveniles de los sitios óptimos de forrajeo (Buenrostro *et al.*, 1999). Otra razón complementaria es la muda del plumaje, ya que previo a cada migración, los adultos mudan las plumas primarias mientras que los juveniles no lo hacen, pues recién adquirieron las plumas de vuelo, por lo que a los costos energéticos de la migración de los adultos, hay que sumarle los requeridos para el crecimiento del plumaje de vuelo (O’Hara *et al.*, 2002). Incluso patrones como el encontrado en el presente trabajo coinciden con el de Koopman (2002), quien detectó mayor masa en adultos de *C. canutus* en Holanda.

La variación en las masas de los juveniles presumiblemente se deba a los bajos tamaños de muestra. Además, es posible que los juveniles tarden más tiempo en recuperarse de su inversión energética durante la migración, dada su menor eficiencia alimenticia (Cresswell, 2003), por lo que las variaciones encontradas en el peso sean mayores en comparación con los adultos.

La mayor masa observada en los adultos en octubre 2006 y la menor en otoño de la temporada 2007-08, pueden reflejar cambios en las condiciones climáticas, riesgo de depredación, disponibilidad y calidad de recursos alimenticios, así como diferencias en tiempo en arribo y partida de los sitios de paso o invernación, así como a las tasas de acumulación de grasa y energía (Ydenberg *et al.*, 2002). Sin embargo, la comparación se hizo sólo para otoño, una de las estaciones en las cuales se presentan las mayores fluctuaciones en las masas de las aves dado que en esta época se tienen tanto aves recién llegadas de la migración (con pesos bajos) y otras que ya han recuperado masa, lo cual se observa claramente en este trabajo al hacer la comparación entre estaciones del año. Además, las capturas de octubre 2006 se hicieron sólo en S1-A y en esta época los adultos tienen altas demandas energéticas dada la migración y la época de muda (O’Reilly y Wingfield, 1995; 2003), por lo cual algunos individuos utilizan el ambiente artificial como alternativa para cubrir sus demandas cuando el sitio natural no está disponible para alimentación y

descanso dada la fluctuación de la marea (van der Have *et al.*, 1984). Por lo tanto, los adultos en otoño que complementen su alimentación entre ambos tipos de ambiente serán más pesados, de ahí que las aves adultas atrapadas en S1-A fueran más pesadas.

En 2008-09 se presentaron las temperaturas mínimas promedio más altas en la zona (21 °C), lo cual coincidió con la menor masa de los adultos, es decir, probablemente las condiciones del clima afectaron la cantidad, calidad, o disponibilidad de alimento y por ende, la masa de las aves, lo que se pudiera reflejar en la sobrevivencia y distribución de las aves (O'Hara *et al.*, 2007).

La similitud en la masa corporal de los adultos durante las estaciones del año consideradas en el presente trabajo, puede deberse a que los playeros rojizos llegan al área de invernación de GN, con pesos ligeros en el otoño, por la alta demanda energética de la migración (O'Reilly y Wingfield, 1995; 2003). Posteriormente en invierno, dado que permanecen en la zona y para disminuir los riesgos de depredación (Cresswell, 1994), las aves mantienen pesos relativamente bajos. Se ha indicado que las aves suelen ser más ligeras en otoño en comparación con primavera, dada la próxima migración (Morrison y Harrington, 1992; Piersma *et al.*, 1999), lo que conlleva a diferentes estrategias migratorias en otoño y primavera (Helseth *et al.*, 2005). Sin embargo, en este estudio no se pudo hacer esta comparación, pues no se contó con una muestra representativa para la primavera.

Las masas mayores, aunque no significativas, registradas en 2007-08 para los juveniles y las menores en 2008-09, coincidieron con el patrón de adultos, así que es probable que también se relacionen a las diferencias en la cantidad, calidad y disponibilidad de alimento, asociadas a la temperatura (Hernández-Rivas *et al.*, 2000).

Las masas mayores de los juveniles en invierno, comparadas con este mismo grupo de edad en otoño, sugieren que ante condiciones de alimentación fluctuantes e impredecibles durante el invierno los juveniles tienden a acumular más reservas de grasa que los adultos, como se ha indicado para *C. alpina* (Davidson *et al.*, 1986). Dado que el riesgo de depredación depende directamente de la masa de los individuos, debe existir un balance entre las reservas corporales requeridas para

reducir el riesgo de inanición y el peso óptimo para maximizar la oportunidad de escape de depredadores (Cresswell, 2003). También se plantea que los individuos adultos, que son más eficientes para alimentarse, adquirirán reservas corporales relativamente bajas, pues pueden incrementar su masa con mayor facilidad que los juveniles (Cresswell, 2003). Así, las diferencias observadas en las masas entre adultos y juveniles pueden ser explicadas si se supone que los adultos son más eficientes para alimentarse; es decir, se pueden “permitir” ser más ligeros, en función de sus habilidades de alimentación y así minimizar el riesgo de depredación.

8.5. Cronología de Muda

De forma semejante a la variabilidad en la masa corporal, la muda del plumaje es un indicativo de la condición del cuerpo de las aves (González *et al.*, 2006), por lo que la evaluación de ésta es relevante. La muda se considera uno de los tres eventos sobresalientes en el ciclo anual de las aves y ha sido sensiblemente menos estudiada que la reproducción o la migración (Newton, 2009). A nivel intraespecífico pueden existir diferencias en los patrones de muda (Newton, 2009). Los playeros rojizos pueden mudar de una a tres plumas primarias interiores en los sitios de reproducción o en localidades intermedias a sus sitios de invernación y suspender la muda, para terminarla en sus sitios de invernación, mientras que otros individuos no mudan sino hasta llegar a dichos lugares (Morrison y Harrington, 1992).

Por otra parte, la muda es un proceso mucho más variable en tiempo que la reproducción o la migración, probablemente porque la “programación temporal” de la muda es menos crucial (Newton, 2009). A pesar de que puede existir variación año con año en el porcentaje de aves que han completado la muda, se pueden identificar patrones generales de comportamiento en la muda de las plumas de vuelo (Antas y Nascimento, 1996).

El patrón de muda de las aves adultas de *C. canutus roselaari* observado en GN (inicio de muda en agosto y fin en noviembre), implica que la mayoría de las aves realizaron el cambio de plumaje en GN, en relación probable con el fin de su migración y con condiciones favorables de alimentación. Este patrón es muy similar a la cronología de muda reportada por Harrington *et al.* (2007) en un grupo de *C.*

canutus rufa invernantes en Florida. Lo que refuerza la idea de que GN es un sitio de invernación más que una escala migratoria, pues las aves no migran en condiciones de muda activa (Koopman, 2002), es decir, aparentemente la mayoría de los playeros rojizos que arribaron a GN en otoño se quedaron en la zona a pasar el invierno, o al menos no se movieron distancias considerables.

Harrington *et al.* (2007) identificaron dos fracciones poblacionales con diferentes sitios de invernación para *C. canutus rufa* (Florida y Patagonia), con estrategias migratorias bien diferenciadas, que incluyen: 1) la época de paso en otoño por sitios norteños, pues las aves que invernán en Florida pasan en septiembre y las que lo hacen en Patagonia pasan un mes antes; 2) la masa otoñal es mayor en las aves que viajan a Patagonia (161 g en promedio) comparadas con las de Florida (125 g en promedio); y 3) el patrón de muda de plumas primarias, ya que las aves de Florida mudan las plumas primarias entre agosto y noviembre, mientras que las que van hasta Patagonia lo hacen entre noviembre y enero, estando ya en su sitio de invernación. Los tres aspectos anteriores (época de llegada, masa corporal y patrón de muda) indican que GN es un sitio de invernación, de tal forma que al considerar la existencia anteriormente mencionada de otro u otros sitios de invernación, las aves de GN serían el equivalente al grupo de Florida.

8.6. Avistamientos

El 72% de las observaciones se realizaron en GN, mismas que incluyeron al 61% de los individuos reobservados, lo que es un indicativo del mayor esfuerzo de búsqueda, en comparación a otros sitios de la ruta migratoria de la especie. A estos registros se adicionan los de California (3 individuos), Washington (103 individuos) y Alaska (3 individuos; Buchanan 2008; McCaffery *et al.*, 2008). Es importante señalar la facilidad de reobservar a las aves gracias a las banderas plásticas utilizadas para su marcado, ya que un solo observador puede recolectar un gran número de datos en un tiempo y espacio pequeños (Atkinson *et al.*, 2001). Con otro tipo de marcado, como los anillos metálicos, es necesario recobrar físicamente a las aves (Sandercock, 2003).

Con una serie de tiempo mayor será posible estimar la tasa de reobservación en el área de estudio. A este respecto Antas y Nascimento (1996), con un período de estudio de siete años, encuentran una tasa de reobservación de 13.2% para la subespecie *C. canutus rufa* en Brasil, pero esta fue muy variable año con año, y dependiente de varios factores como la época del año, la hora del día, y la experiencia de los observadores, entre otros (Atkinson *et al.*, 2001).

El mayor número de reobservaciones realizado en la temporada 2007-08 (320), comparado con 2008-09 (138), se relaciona directamente con las abundancias registradas en estas dos temporadas, ya que en 2007-08 se tiene el mayor número de registros, lo que incrementa las posibilidades de reobservar individuos marcados. Sin embargo, en 2008-09 se observaron más individuos (126) en comparación con la primer temporada (45), indicativo de que tal vez el uso de complejo de humedales por parte de las aves fue más corto en tiempo en la temporada 2008-09, por lo que la detección de las aves en censos mensuales fue menor, o bien, que la tasa de recambio en la temporada 2008-09 fue mayor.

Adicionalmente las reobservaciones en GN de aves marcadas en Isla Wrangel, Rusia, y en Washington (Tomkovich y Dondua, 2008) corroboran la identidad taxonómica de la subespecie y proveen la primer evidencia directa de conectividad migratoria entre las aves de Isla Wrangel, Alaska, Washington y GN, además confirman que *C. canutus roselaari* migra por las costas del Pacífico Americano, tal como lo propusieron Tomkovich y Dondua (2008), y que no inverna en Florida como se había pensado anteriormente (Niles *et al.*, 2008; Fig. 2). Esta hipótesis se ve reforzada por la falta de observaciones en la costa atlántica de aves marcadas en GN, a pesar de que el esfuerzo de observación en el Atlántico es alto (B. Harrington, Centro Manomet, Massachusetts, com. pers.) y en concordancia, en GN no se han observado aves marcadas en la costa atlántica.

8.7. Tasa de Retorno

Las fechas en las que las aves se mueven entre los sitios de paso y de invernación, el tiempo que permanecen en ellos y la masa corporal en su partida, en cada caso, dependerán del estado físico de los individuos y se reflejan en los

cambios demográficos, los cuales incluyen natalidad, mortalidad, tasas de supervivencia y tasas de retorno, entre otras (Ydenberg *et al.*, 2002; Atkinson *et al.*, 2003; Baker *et al.*, 2004).

Los análisis de supervivencia son usados como una vía para monitorear la salud y los efectos de cambio de hábitat en las poblaciones. Estos modelos requieren datos de series de tiempo relativamente largas, de al menos cinco años, para poder estimar de manera confiable la supervivencia (Atkinson *et al.*, 2001). Por ejemplo, en la Bahía de Delaware, E.U.A., se ha marcado cerca del 10% de la población de *C. canutus rufa*, desde 1997 (B. Harrington, Centro Manomet, Massachusetts, com. pers.). Se ha estimado una tasa de supervivencia de 80%, la cual se define como la proporción de la población que pasa a través del estado de Delaware que sobrevive a un periodo de 12 meses (Atkinson *et al.*, 2001). Desgraciadamente en el presente trabajo no fue posible estimar la tasa de supervivencia de la población invernal de *C. canutus roselaari*, dado que sólo incluye tres años de marcaje y dos de reobservaciones, sin embargo, sí fue posible estimar las tasas de retorno.

La tasa de retorno en años consecutivos representa un reto para interpretar la supervivencia, pues es el producto de cuatro probabilidades independientes: la supervivencia real, la fidelidad al sitio, la tenacidad al sitio, y las tasas de detección. De tal forma que las tasas de retorno deben considerarse como un mínimo estimado de la supervivencia real, si la tasa de retorno es alta probablemente se trata de una especie con tasas de supervivencia altas (Sandercock, 2003).

La tasa de retorno general al área de estudio fue del 20%, un poco menor a la encontrada por Vázquez-Camacho (2006) para *C. mauri* en la Ensenada de La Paz (38%). Estos valores son comunes a las aves playeras, ya que estas presentan alta fidelidad a los sitios de reproducción, de paso, y de internación (Atkinson *et al.*, 2001). Se ha mencionado que la fidelidad al sitio de internación está determinada por factores ecológicos incluyendo alimento, densidad de depredadores, entre otros (Sandercock, 2003). Una diferencia entre la tasa de retorno encontrada al área de estudio y la reportada por Vázquez-Camacho (2006) probablemente se deba a que en la playa de Chametla, donde se realizó dicho estudio, es un área pequeña en donde se concentra el 92% de la abundancia de *C. mauri*, lo que facilita la detección

de aves marcadas. Por el contrario el complejo de humedales de Guerrero Negro representa 92,200 hectáreas de humedal en donde los 7,900 *C. canutus roselaari* se encuentran repartidos en grupos de 100 a 1000 aves en diferentes playas, no todas accesibles.

El grupo de edad no afectó la tasa de retorno, aunque la proporción de adultos de más de dos años (AD2) resultó un poco mayor (0.20) que la de adultos de más de un año (AD1; 0.17). Se han reportado diferencias en la tasa de retorno por grupo de edad, las cuales pueden explicarse por tasas de supervivencia diferenciales por edad (Warnock *et al.*, 1997). Se ha indicado que en la época no reproductiva la tasa de mortalidad en adultos es menor que en juveniles (Kus *et al.*, 1984), lo que se relaciona con su mayor experiencia, pues los juveniles son más susceptibles a ser depredados y a verse más afectados por condiciones ambientales poco favorables (Evans y Pienkowski, 1984; Warnock *et al.*, 1997). También se ha indicado que durante el invierno los adultos presentan ámbitos hogareños más pequeños que los juveniles, como fue registrado en California para *Calidris mauri* (Warnock y Takekawa, 1996). En este contexto habría una probabilidad mayor de avistar juveniles en esta época, ya que presentan mayores movimientos entre las zonas (Sandercock, 2003). En el trabajo presente se observó una mayor tasa de retorno de AD2 en comparación con AD1, aunque no significativa esta diferencia, lo que se contrapone con lo anteriormente mencionado. Esto puede deberse a que probablemente el número de adultos que realizaron movimientos entre los dos humedales fue mayor que el de los juveniles, particularmente en otoño debido a que los adultos requieren acumular grasa por la muda de las plumas primarias y a que en la zona natural no siempre hay disponibilidad de espacio debido a la fluctuación de la marea (O'Reilly y Wingfield, 1995; 2003). Lo anterior concuerda con el mayor peso de los adultos en octubre de 2006 en S1-A y con lo reportado por Carmona *et al.* (2006) quienes mencionan que la mayor utilización de ESSA por parte del playero rojizo es en otoño.

Por otra parte, se ha mencionado que la estimación de tasas de retorno de una temporada a otra resulta en tasas bajas debido a que la probabilidad de recaptura sólo en un año suele ser baja, en combinación con la probabilidad de

cambios en las abundancias de un año a otro (Minias *et al.*, 2010). A pesar de lo anterior, en este trabajo la tasa de retorno en la temporada 2008-09 (0.18) fue similar a la tasa de retorno general, lo cual puede explicarse por el hecho de que sólo se está evaluando el retorno de las aves que fueron marcadas en la temporada anterior, en la cual se atraparon y marcaron el mayor número de aves (238 aves) en comparación con octubre de 2006 (195 aves). Sin embargo, una probable causa que impidió detectar diferencias significativas en la tasa de retorno por grupo de edad a la temporada 2008-09 fue la baja representatividad de AD1 en esta temporada.

En general, la falta de diferencias en la tasa de retorno por grupo de edad aparentemente indica que, una vez superada la etapa de juvenil, las tasas de supervivencia se homogenizan, sin importar la edad cronológica, tal como ha sido mencionado para *C. mauri* (Vázquez-Camacho, 2006).

Las tasas de retorno mayores hacia el ambiente natural (0.36) en comparación con el artificial (0.02) de las aves marcadas en los sitios naturales indican una fuerte fidelidad de los playeros rojizos hacia este tipo de ambiente. Por grupo de edad se respetó este patrón, es decir, tanto en AD2 como en AD1 la mayor tasa de retorno hacia el ambiente natural, probablemente esto se deba a que la zona natural tiene mayor superficie y presenta una alta heterogeneidad en los tipos de ambientes, pudiéndose observar planicies lodosas, ambientes rocosos, dunas, playas arenosas, planicies de marisma y pozas hipersalinas (Ayala-Pérez, 2010). Además, se ha demostrado que las aves asociadas a humedales costeros exhiben gran fidelidad hacia estos sitios, por contener alimento accesible y predecible (Skagen y Knopf, 1993). También hay que considerar posibles diferencias influenciadas por el esfuerzo, mayor en la zona natural; sin embargo, es pertinente considerar que en la zona artificial (ESSA) sólo algunas áreas son usadas por los playeros rojizos, lo que sugiere que ésta puede ser una zona complementaria de alimentación y descanso, cuando el ambiente natural no está disponible por efectos de la marea (Ayala-Pérez, 2008) o cuando los requerimientos energéticos son mayores (muda y migración), tal como fue observado para *C. mauri* en GN (Arce, 2008).

9. DISCUSIÓN GENERAL

El complejo de humedales de Guerrero Negro es el sitio de mayor importancia para la invernación de *Calidris canutus roselaari* (Harrington, 2001), ya que el máximo observado representa aproximadamente el 39% de la población total estimada (20, 000 individuos; Morrison *et al.*, 2006).

Se registraron abundancias medias en otoño y primavera, relacionadas con la época de migración; bajas en verano, dado que las aves se encuentran en sus sitios de reproducción; y altas y constantes en invierno, indicando que GN funciona fundamentalmente para la invernación de *C. canutus roselaari*.

A pesar de tener la mayor abundancia promedio en noviembre en ambas temporadas, en la segunda se encontró la mayor abundancia promedio en invierno pero la menor cantidad de registros totales, lo que coincidió con las masas corporales menores de los adultos. Lo anterior se puede relacionar con la mayor temperatura promedio en esa temporada y a que probablemente hubo una menor cantidad o calidad de alimento, dado que en años con mayor temperatura suele haber menor productividad primaria (Hernández-Rivas *et al.*, 2000).

El complejo de humedales de Guerrero Negro es particularmente importante para la invernación de los adultos (88%), lo que indica que los juveniles invernán en mayor proporción en otros humedales, evidenciando así una probable segregación latitudinal o geográfica por grupo de edad. El comportamiento de las abundancias en el Golfo de Santa Clara indica que hay un grupo de aves que se mueve más al sur hacia otros u otros humedales de invernación y que este grupo también utiliza las costas mexicanas, al menos como sitio de paso (Soto-Montoya *et al.*, 2009). Probablemente en ese o esos grupos invernantes halla más juveniles.

La cronología migratoria (altos números y estables entre otoño e invierno), masas corporales bajas y estables entre otoño e invierno y la cronología de muda (agosto a octubre), observados en GN, sugieren que es un sitio de invernación con estrategias migratorias similares a la fracción de *C. canutus rufa* invernante en Florida (Harrington *et al.*, 2007).

Las observaciones de aves marcadas corroboran la identidad taxonómica y la ruta seguida por la subespecie *C. canutus roselaari* y proveen la primera evidencia de conectividad entre las aves de Isla Wrangel, Alaska, Washington y GN.

10. CONCLUSIONES

- El complejo de humedales de Guerrero Negro es el sitio más importante para la invernación de *Calidris canutus roselaari* en el mundo.
- Las diferencias de la abundancia entre las temporadas del año presumiblemente están relacionadas con la temperatura ambiente, puesto que en la temporada en la que se registraron las menores abundancias, se reportaron también las temperaturas más cálidas.
- Se capturaron y marcaron 547 individuos de *C. canutus roselaari*, que indica que se ha marcado al 2.7% del total de la población estimada. Se logró obtener una alta representatividad en las estaciones de otoño e invierno, cuando se registraron las mayores abundancias.
- El complejo de humedales de Guerrero Negro es utilizado principalmente como un sitio de invernación de los adultos de *C. canutus roselaari*.
- La baja proporción de juveniles encontrada en GN pudiera ser explicada por diferentes hipótesis: 1) que los juveniles estén pasando en su migración por las costas del macizo continental e invernén en otro u otros sitios más sureños; 2) que los juveniles invernén en otros humedales cercanos al área de estudio como La Bocana, El Coyote o San Ignacio; 3) que exista un bajo éxito reproductivo de la subespecie, por lo cual habría pocos juveniles en la población; y 4) una mayor tasa de mortalidad de juveniles en comparación con los adultos.
- Respecto a la masa corporal de las aves se observó que los adultos tienen masas estables entre otoño e invierno, mientras que los juveniles aumentan en masa corporal hacia el invierno, relacionado con su inexperiencia ante el posible ataque de un depredador.

- La muda de las plumas primarias de *C. canutus roselaari* se llevó a cabo entre agosto y octubre, lo que indica que las aves retienen la muda hasta llegar al sitio de invernación (Guerrero Negro).
- La tasa de retorno (20%) indicó que las aves exhiben fidelidad al sitio de invernación de GN y que particularmente son fieles a sus sitios de posadero.
- La tasa de retorno por grupo de edad indica que, una vez superada la etapa de juvenil, las tasas de supervivencia se homogenizan.

11. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

Es importante continuar con el monitoreo de la abundancia de la subespecie *Canutus canutus roselaari* en GN a largo plazo, para así poder detectar las variaciones en su abundancia poblacional.

Seguir marcando a las aves con banderas y realizar un mayor esfuerzo de búsqueda para estimar con mayor exactitud tasas de sobrevivencia y poder dar un aproximado de la población total de *C. canutus roselaari*.

Realizar estudios de radiomarcaje con la subespecie para detectar movimientos dentro de la zona y poder investigar si existe una segregación por grupo de edad.

Llevar a cabo análisis moleculares para estimar la estructura poblacional por sexos en GN. Así como análisis de isótopos estables, por medio de plumas, para analizar la cronología migratoria de esta subespecie.

Determinar el índice de perfil abdominal según su nivel visual de acumulación de grasa y catalogar a los individuos según su tipo de plumaje, como otros indicativos del estado de las aves.

También se requiere determinar la abundancia y composición de las presas bentónicas de las que se alimenta *C. canutus roselaari* y sus cambios temporales.

Finalmente es relevante poder determinar la importancia de otros humedales regionales para *C. canutus*, así como de la región del Alto Golfo y de otros sitios del macizo continental en donde se han reportado números significativos de playeros rojizos.

12. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- American Ornithologists' Union (A.O.U.). 1983. *Check-list of North American Birds*. American Ornithologists' Union, Washington, DC. 877p.
- American Ornithologists' Union (A.O.U.). 1998. *Check-list of North American Birds*. American Ornithologists' Union, Washington, DC. 829p.
- Andres, B.A. 2009. Analysis of Shorebird Population Trend Datasets. *Fish and Wildlife Service*. Unpublished.
- Antas, P.T.Z. & I.L.S. Nascimento. 1996. Analysis of Red Knot *Calidris canutus rufa* banding data in Brazil. *International Wader Studies*, 8:63-70.
- Arce, N. 2008. *Uso migratorio e invernol de un ambiente natural y uno artificial en Guerrero Negro, B. C. S., por Calidris mauri (Aves: Charadriiformes)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S. 71p.
- Atkinson, P.W., I.G. Henderson & N.A. Clark. 2001. A Preliminary Analysis of the Survival Rates of Red Knots *Calidris canutus rufa* Passing Through the State of Delaware 1997-2001. *BTO Research Report No. 274*. Thetford. 17p.
- Atkinson, P.W., G.F. Appleton, J.A. Clark, N.A. Clark, S. Gillings, I.G. Henderson, R.A. Robinson & R.A. Stillman. 2003. Red Knots *Calidris canutus* in Delaware Bay 2002. Survival, Foraging and Marking Strategy. *BTO Research Report No. 308*. Thetford. 25p.
- Atkinson, P.W., A.J. Baker, R.M. Bevan, N.A. Clark, K.B. Cole, P.M. González, J. Newton, L.J. Niles, & R.A. Robinson. 2005. Unravelling the migration and moult strategies of a long-distance migrant using stable isotopes: Red Knot *Calidris canutus* movements in the Americas. *Ibis*, 147:738-749.
- Ayala-Pérez, V.O. 2008. *Uso de un ambiente natural y uno artificial en relación al nivel de marea por las aves playeras (Charadrii) en Guerrero Negro, B. C. S., México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S. 69p.
- 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. CICIMAR-IPN. La Paz, B. C. S. 77p.

- Baker, M.C. 1979. Morphological correlates of habitat selection in a community of shorebirds (Charadriiformes). *Oikos*, 33:121-126.
- Baker, A.J., T. Piersma, & A.D. Greenslade. 1999. Molecular vs. phenotypic sexing in Red Knots. *Condor*, 101:887-893.
- Baker, A.J., P.M. González, T. Piersma, L.J. Niles, I.L.S. Nascimento, P.W. Atkinson, N.A. Clark, C.D.T. Minton, M.K. Peck & G. Aarts. 2004. Rapid population declines in red knots: fitness consequences of decreased refuelling rates and late arrival in Delaware Bay. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 271:875-882.
- Barber, R.T. & F.P. Chavez. 1986. Ocean variability in relation to living resources during the 1982-83 El-Niño. *Nature*, 319:279-285.
- Blake, E.R. 1977. *Manual of Neotropical Birds*. The University of Chicago. Chicago. 674p.
- Blanco, D., H.R. Goi, & G. Pugnali. 1992. La importancia de Punta Rasa, Buenos Aires, en la migración del Chorlo rojizo (*Calidris canutus*). *El Hornero*, 13:203-206.
- Boyd, H. & T. Piersma. 2001. Changing balance between survival and recruitment explains population trends in Red Knots *Calidris canutus islandica* wintering in Britain, 1969-1995. *Ardea*, 89(2):301-317.
- Britton, R. & A. Johnson. 1987. An ecological account of a Mediterranean salina: the salin de Giraud, Camargue (S. France). *Biological Conservation*, 42:185-230.
- Brown, S., C. Hicky, B. Harrington & R. Gill. 2001. United States Shorebird Conservation Plan. 2nd ed. Manomet Center for Conservation Sciences. Massachusetts. 60p.
- Buchanan, J.B. 2006. A census of spring migrant Red Knots *Calidris canutus* on the Washington coast, USA: results from 2006. *Wader Study Group Bull.*, 111:64-66.
- Buchanan, J.B. 2008. The spring 2008 survey of Red Knots *Calidris canutus* at Grays Harbor and Willapa Bay, Washington. *Wader Study Group Bull.*, 115(3):177-181.

- Buehler, D.M., A.J. Baker & T. Piersma. 2006. Reconstructing palaeoflyways of the late Pleistocene and early Holocene Red Knot *Calidris canutus*. *Ardea*, 94(3): 485-498.
- Buenrostro, M.A., N. Warnock & H. de la Cueva. 1999. Wintering Western Sandpipers *Calidris mauri* at Estero Punta Banda, Baja California, Mexico. *Wader Study Group Bull.*, 88:59-63.
- Burger, J. 1984. Abiotic factors affecting migrant shorebirds. Pp1-72. En: Burger, J. & B.L. Olla (eds.). *Shorebirds: Migration and Foraging Behavior*. Plenum Press, New York. Vol 6.
- Butler, R.W., F.S. Delgado, H. de la Cueva, V. Pulido, & B.K. Sandercock. 1996. Migration routes of the Western Sandpiper. *Wilson Bull.*, 108:662-672.
- Carabias, L.J., E. Provencio, E.J. de la Maza, C.D., Gutiérrez, C.M., Gómez, & S.V. Sánchez. 2000. *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera El Vizcaíno México*. Instituto Nacional de Ecología. México. 242p.
- Carmona, R. & D. Galindo-Espinoza. 2011. Frequency of recapture of the Western Sandpiper by sex and age classes, as an indicator of bias in captures. Unpublished.
- Carmona, R. & G.D. Danemann. 1998. Distribución espacio-temporal de las aves en la salina de Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 24:389-408.
- Carmona, R., G. Ruiz-Campos, & G. Brabata. 2004. Seasonal abundance of migrant shorebirds in Baja California Peninsula, Mexico, and California, USA. *Wader Study Group Bull.*, 105:65-70.
- Carmona, R., V. Ayala-Pérez, N. Arce, & L. Morales-Gopar. 2006. Use of saltworks by Red Knots at Guerrero Negro, Mexico. *Wader Study Group Bull.*, 111:46-49.
- Carmona, R., N. Arce, V. Ayala-Pérez, & G.D. Danemann. 2008. Abundance and phenology of Red Knots in the Guerrero Negro–Ojo de Liebre coastal lagoon complex, Baja California Sur, Mexico. *Wader Study Group Bull.*, 115(1):10–15.

- Carmona, R., N. Arce, V. Ayala-Pérez, & G.D. Danemann. 2011. Seasonal abundance of shorebirds at the Guerrero Negro wetland complex, Baja California, Mexico. *Wader Study Group Bull.*, 117(3): XX-XX. In press.
- Carrera González, E. y G. de la Fuente León. 2003. *Inventario y clasificación de humedales en México*. Parte I. Ducks Unlimited de México, A. C. México. 239p.
- Clark, N.A. 1983. *The ecology of Dunlin (Calidris alpina L.) wintering on the Severn Estuary*. Thesis of Doctor of Philosophy. University of Edinburgh. Inglaterra. 378p.
- Clark, N.A., S. Gillings, A.J. Baker, P.M. González & R. Porter. 2005. The production and use of permanently inscribed leg flags for waders. *Water Study Group Bull.*, 108:38-41.
- Climate Prediction Center Internet Team (CPC). 2011. NOAA/National Weather Service. Climate Prediction Center (en línea). http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Actualizada enero 2011.
- Collazo, J.A., B.A. Harrington, J.S. Grear, & J.A. Colon. 1995. Abundance and distribution of shorebirds at the Cabo Rojo salt flats, Puerto Rico. *Journal of Field Ornithology*, 66:424-438.
- Colwell, M.A. & O.W. Taft. 2000. Waterbirds communities in manager wetlands of varying water depth. *Waterbirds*, 23:45-55.
- Cooper, J.M. 1994. Least Sandpiper (*Calidris minutilla*). Pp1-28. En: A. Poole & F. Gill (eds.). *The Birds of North America*. No. 115. Philadelphia: The Academy of Natural Sciences. Washington, D.C. The American Ornithologists' Union. 28p.
- Cresswell, W. 1994. Age-dependent choice of Redshank (*Tringa totanus*) feeding location: profitability or risk? *Journal of Animal Ecology*, 63:589-600.
- Cresswell, W. 2003. Testing the mass-dependent predation hypothesis: in European blackbirds poor foragers have higher overwinter body reserves. *Animal Behaviour*, 65:1035-1044.

- Danemann, G.D., R. Carmona, & G. Fernández. 2002. Migratory shorebirds in the Guerrero Negro saltworks, Baja California Sur, México. *Water Study Group Bull.*, 97:36-41.
- Davidson, N.C., & P.R. Evans. 1986. The role and potential of man-made and man-modified wetlands in the enhancement of the survival of overwintering shorebirds. *Colonial Waterbirds*, 9:176-188.
- Davidson, N.C., J.D. Uttley, & J.D. Evans. 1986. Geographic variation in the lean mass of Dunlins wintering in Britain. *Ardea*, 74:191-198.
- Donaldson, G.M., C. Hyslop, R.I.G. Morrison, H.L. Dickson, & I. Davidson. 2000. Canadian shorebird conservation plan. Ottawa: Canadian Wildlife Service. 27p.
- Dunn, J.L. & J. Alderfer. 2006. *Field guide to the birds of North America*. National Geographic Society. Washington, DC. 503p.
- Durell, S.E.A. Le V. Dit. 2000. Individual feeding specialization in shorebirds: population consequences and conservations implications. *Biological Reviews*, 75:503-513.
- Erickson, R.A. & S.N.G. Howell. 2001. *Birds of the Baja California Peninsula: status, distribution, and taxonomy*. Monographs in Field Ornithology 3. Amer. Birding Assoc. Colorado Springs, Colorado. 264p.
- Erwin, R.M., M. Coulter, & C. Howard. 1986. The use of natural vs. man-modified wetlands by shorebirds and waterbirds. *Colonial Waterbirds*, 9:137-138.
- Evans, P.R. 1976. Energy balance and optimal foraging strategies in shorebirds: some implications for their distributions and movements in the non-breeding season. *Ardea*, 64:112-139.
- Evans, P.R. & M.W. Pienkowski. 1984. Populations dynamics of shorebirds. Pp. 83-123. En: Burger, J. & B.L. Olla (eds.). *Behavior of Marine Animals*. Plenum Press. New York. Vol. 5.
- Fernández, G. & D.B. Lank. 2006. Sex, age, and body size distributions of Western Sandpipers during the nonbreeding season with respect to local habitat. *Condor*, 108:547-557.

- Fernández, G. & D.B. Lank. 2007. Variation in the wing morphology of Western Sandpipers (*Calidris mauri*) in relation to sex, age class, and annual cycle. *The Auk*, 124(3):1037-1046.
- Galindo, E.D. 2003. *Uso de dos humedales, dulceacuícola y costero, por Calidris mauri (Charadriiformes: Scolopacidae) al sur de la Península de Baja California, México*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B. C. S., México. 76p.
- Gill Jr., R.E., T.L. Tibbitts, D.R. Ruthrauff, P.S. Tomkovich, M.N. Dementyev, & S. Lovibond. 2007. Breeding conditions report for Central Seward Peninsula, Alaska. Pp29-30. En: Soloviev, M.Y. & P.S. Tomkovich (eds.). 2007. Arctic Birds: Bulletin of the International Breeding Conditions Survey. *IWSGB Report*. 59p.
- González, P.M., A.J. Baker, & M.E. Echave. 2006. Annual survival of Red Knots (*Calidris canutus rufa*) using the San Antonio Oeste stopover site is reduced by domino effects involving late arrival and food depletion in Delaware Bay. *Hornero*, 21(2):109-117.
- Goss-Custard, J.D., S.E.A. Le V. Dit Durell, H. Sitters, & R. Swinfen. 1981. Mist-nets catch more juvenile Oystercatchers than adults. *Wader Study Group Bull.*, 32:13.
- Green, A.J. 2001. Mass/length residuals: Measures of body condition or generators of spurious results? *Ecology*, 82:1473-1483.
- Grinnell, J. 1928. A distributional summation of the ornithology of Lower California. *Univ. Calif., Publ. Zool.*, 32:11-300.
- Harrington, B.A. 1983. The Migration of the Red Knot. *Oceanus*, 26:44-48.
- Harrington, B.A. 1993. A coastal, aerial winter shorebird survey on the Sonora and Sinaloa coasts of Mexico, January 1992. *Wader Study Group Bull.*, 67:44-49.
- Harrington, B.A. 1996. *The flight of the Red Knot*. W. W. Norton & Co., New York. 192p.
- Harrington, B.A. 2001. Red Knot (*Calidris canutus*). Pp1-32. En: Poole, A. & F. Gill (eds.). *The Birds of North America* No.563. The Birds of North America, Inc. Philadelphia. 32p.

- Harrington, B.A., P.T.Z. Antas, & F. Silva. 1986. Northward shorebird migration on the Atlantic coast of southern Brazil. *Vida Silvestre Neotropical*, 1:45–54.
- Harrington, B.A., B. Winn, & S.C. Brown. 2007. Molt and Body Mass of red Knots in the Eastern United States. *The Wilson Journal of Ornithology*, 119:35-42.
- Hayes, F.E. & J.A. Fox. 1991. Seasonality, habitat use, and flock sizes of shorebirds at the Bahia de Asuncion, Paraguay. *Wilson Bull.*, 103:637-649.
- Helseth A., Å. Lindström, & M. Stervander. 2005. Southward migration and fuel deposition of Red Knots *Calidris canutus*. *Ardea*, 93(2):213–224.
- Hernández-Rivas, M.E., S.P. Jiménez-Rosenberg, R. Fúnez-Rodríguez, & R.J. Saldierna-Martínez. 2000. El centro de actividad biológica de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación. Pp65-85. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Luch-Cota, & G. Ponce-Díaz (eds.). *BAC Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. 367p.
- Howell, S.N.G. & S. Web. 1995. *A guide to Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University, Press. Oxford. 851p.
- Howes, I., & D. Bakewell. 1989. *Shorebirds studies manual*. Asian Wetland Bureau. Malaysia. 362p.
- Hubbard, D.M. & J.E. Dugan. 2003. Shorebird use of an exposed sandy beach in southern California. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 58:41-54.
- International Wader Study Group (IWSGB). 2003. Are waders world-wide in decline?: Conclusions from the 2003 International Wader Study Group Conference. Cádiz. *Wader Study Group Bull.*, 101/102:8-12.
- Iverson, G.C., S.E. Warnock, R.W. Butler, M.A. Bishop, & N. Warnock. 1996. Spring migration of Western Sandpipers along the Pacific coast of North America: a telemetry study. *Condor*, 98:10-21.
- Kasprzyk, M.J. & B.A. Harrington. 1989. *Manual de Campo para el Estudio de Playeros*. Manomet Bird Observatory (MBO). Ensenada, B. C. México. 134p.
- Kaufman, K. 2005. *Guía de campo a las aves de Norteamérica*. Hillstar Editions L. C. New York. 391p.
- Keyes, B.E. & C.E. Grue. 1982. Capturing birds with mist nets: A review. *North American Birds Bander*, 7:2-14.

- Koopman, K. 2002. Mass, moult, migration and subspecific status of Red Knots *Calidris canutus* on the Frisian Wadden Sea coast, The Netherlands. *Wader Study Group Bull.*, 97:30-35.
- Kus, E., P. Ashman, G.W. Page & L.E. Stenzel. 1984. Age-related mortality in a wintering population of Dulin. *Auk*, 101:69-73.
- León de La Luz, J.L., J. Cancino, & L. Arriaga. 1991. Asociaciones fisonómico-florística. Pp145-157. En: Ortega, A. & L. Arriaga (eds.). *La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A. C. La Paz Baja California Sur. 317p.
- Lluch-Belda, D. 2000. Centros de actividad biológica en la costa occidental de Baja California. Pp49-64. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Luch-Cota, & G. Ponce-Díaz (eds.). *BAC Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. 367p.
- Lluch-Cota, D.B., A. Castellanos-Vera, J. Llinas-Gutiérrez, & A. Ortega-Rubio. 1993. La Reserva de la Biósfera del Vizcaíno. Pp358-388. En: S. Salazar-Vallejo & N.E. González (eds.), *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO-CIQRO, México, DF. 865p.
- Masero, J.A. 2003. Assessing alternative anthropogenic habitats for conserving waterbirds: Salinas as buffer areas against the impact of natural habitat loss for shorebirds. *Biodiversity and Conservation*, 00:1-16.
- Masero, J.A. & A. Perez-Hurtado. 2001. Importance of the supratidal habitats for maintaining overwintering shorebird populations: How redshanks use tidal mudflats and adjacent saltworks in southern Europe. *Condor*, 103:21-30.
- Masero, J.A., A. Pérez-Hurtado, M. Castro, & G.M. Arroyo. 2000. Complementary use of intertidal mudflats and adjacent salinas by foraging waders. *Ardea*, 88:177-191.
- McCaffery, B.J., J. van de Kam, & K. Woodley. 2008. Observations of Red Knot *Calidris canutus* at Old Chevak, Yukon-Kuskokwim Delta, Alaska, spring 2008. *Wader Study Group Bull.*, 115(3):167-170.

- Meissner, W. 2004. Variability in the size of juvenile Red Knots *Calidris canutus canutus*. *Wader Study Group Bull.*, 103:71-74.
- Mendoza, L.F. 2010. *Distribución espacial y temporal de aves playeras en Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S. 63p.
- Menyushina, I.E. 2007. Breeding conditions report for Upper reaches of the Neizvestnaya River, Wrangel Island, Russia. Pp21-22. En: Soloviev, M.Y. & P.S. Tomkovich (eds.). 2007. Arctic Birds: Bulletin of the International Breeding Conditions Survey. *IWSGB Report*. 59p.
- Menyushina, I.E. 2009. Breeding conditions report for Upper reaches of the Neizvestnaya River, Wrangel Island, Russia. Pp27-28. En: Soloviev, M.Y. & P.S. Tomkovich (eds.). 2009. Arctic Birds: Bulletin of the International Breeding Conditions Survey. *IWSGB Report No. 11*. 68p.
- Minias, P., K. Kaczmarek, R. Włodarczyk, T. Janiszewski, & R. Bargiel. 2010. Feeding conditions determine return rates to stopover sites of inland waders on autumn migration. *Ibis*, 152:840-844.
- Morrison, R.I.G. 1984. Migratory systems of New World shorebirds. Pp271-322. En: J. Burger & B. L. Olla (eds.). *Behavior of Marine Animals*. Plenum Press, New York. Vol 6.
- Morrison, R.I.G. & B.A. Harrington. 1992. The migration system of the Red Knot *Calidris canutus rufa* in the New World. *Wader Study Group Bull.*, 64 (Suppl.): 71-84.
- Morrison, R.I.G., C. Downes, & B. Collins. 1994. Population trends of shorebirds on fall migration in eastern Canada 1974-1991. *Wilson Bull.*, 106:431-447.
- Morrison, R.I.G., R.K. Ross & L.J. Niles. 2004. Declines in wintering populations of Red Knots in Southern South America. *Condor*, 106:60-70.
- Morrison, R.I.G., B.J. McCaffery, R.E. Gill, S.K. Skagen, S.L. Jones, G.W. Page, Ch.L. Gratto-Trevor, & B.A. Andres. 2006. Population estimates of North American shorebirds, 2006. *Wader Study Group Bull.*, 111:67-85.

- Múrias, T., J.A. Cabral, R. Lopes, J.C. Marques, & J. Goss-Custard. 2002. Use of traditional salines by waders in the Mondego estuary (Portugal): a conservation perspective. *Ardeola*, 49:223-240.
- Myers, J.P., I.G. Morrison, P.Z. Antas, B.H. Harrington, T.E. Lovejoy, M. Sallaberry, S.L. Senner & A. Tarak. 1987. Conservation strategy for migratory species. *American Scientist*, 75:19-26.
- Nebel, S. 2006. Latitudinal clines in sex ratio, bill, and wing length in Least Sandpipers. *Journal Field Ornithology*, 77:39-45.
- Nebel, S., D.B. Lank, P.D. O'Hara, G. Fernández, B. Haase, F. Delgado, F.A. Estela, L.J. Evans Ogden, B. Harrington, B.E. Kus, J.E. Lyons, F. Mercier, B. Ortego, J.Y. Takekawa, N. Warnock, & S.E. Warnock. 2002. Western Sandpipers (*Calidris mauri*) during the nonbreeding season: spatial segregation on a hemispheric scale. *Auk*, 119:922-928.
- Newton, I. 2009. Molt and plumage. *Ringed & Migration*, 24:220–226.
- Niles, L.J., H.P. Sitters, A.D. Dey, P.W. Atkinson, A.J. Baker, K.A. Bennett, R. Carmona, K.E. Clark, N.A. Clark, C. Espoz, P.M. González, B.A. Harrington, D.E. Hernández, K.S. Kalasz, R.G. Lathrop, R.N. Matus, C.D.T. Minton, R.I.G. Morrison, M.K. Peck, W. Pitts, R.A. Robinson, & I.L. Serrano. 2008. Status of the Red Knot (*Calidris canutus rufa*) in the Western Hemisphere. *Studies in Avian Biology*, 36:1-185.
- O'Hara, P.D., D.B. Lank, & F.S. Delgado. 2002. Is the timing of molt altered by migration? Evidence from a comparison of age and residency classes of Western Sandpiper (*Calidris mauri*) in Panamá. *Ardea*, 90:61-70.
- O'Hara, P.D., B.J.M. Haase, R.W. Elner, B.D. Smith, & 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.
- O'Reilly, K.M. & J.C. Wingfield. 1995. Spring and autumn migration in arctic shorebirds: same distance, different strategies. *Amer. Zool.*, 35:222-233.

- O'Reilly, K.M. & J.C. Wingfield. 2003. Seasonal, age, and sex differences in weight, fat reserves, and plasma corticosterone in Western Sandpipers. *Condor*, 105:13-26.
- Page, G. & A.L.A. Middleton. 1972. Fat deposition during autumn migration in the Semipalmated Sandpiper. *Bird-Banding*, 43:85-96.
- Page, G., B. Fearis, & R.M. Jurek. 1972. Age and sex composition of Western Sandpipers on Bolinas Lagoon. *California Birds*, 3:79-86.
- Page, G.W. & E. Palacios. 1993. Pacific Flyway Project. Winter shorebird numbers in wetlands along the west coast of Baja California. *PRBO and CICESE Report*. Ensenada, Baja California, México. 17p.
- Page, G.W., L.E. Stenzel, & C.M. Wolfe. 1979. Aspects of the occurrence of shorebirds on a central California estuary. *Studies in Avian Biology*, 2:15–32.
- Page, G.W., W.D. Shuford, J.E. Kjelson, & L.E. Stenzel. 1992. Shorebirds numbers in Wetlands of the Pacific Flyway: a summary of counts from April 1988 to January 1992. *PRBO Report*. California, E.U.A. 20p.
- Page, G.W., E. Palacios, L. Alfaro, S. González, L.E. Stenzel, & M. Jungers. 1997. Numbers of wintering shorebirds in coastal wetlands of Baja California, México. *Journal of Field Ornithology*, 68:562-574.
- Page, G.W., L.E. Stenzel, & J.E. Kjelson. 1999. Overview of shorebirds abundance and distribution in wetlands of the Pacific Coast of the contiguous United States. *Condor*, 101:46-471.
- Pan American Shorebird Program (PASP). 2010. Colour banded shorebird (*en línea*). <http://www.ec.gc.ca/ppi-psp/Default.asp?lang=En&n=8A4F799B-1>. Actualizada abril 2010.
- Patten, P.A., G. McCaskie, & P. Unitt. 2003. *Birds of the Salton Sea. Status, Biogeography, and Ecology*. Berkeley, CA: University of California Press. 363p.
- Paulson, D. 1993. *Shorebirds of the Pacific Northwest*. Seattle Audubon Society. 405p.
- Piersma, T., M. Dekker, & J.S.S. Dasmsté. 1999. An avian equivalent of make-up? *Ecol. Letters*, 2:201–203.

- Prater, A.J., J.H. Marchant, & J. Vourinen. 1977. *Guide to the identification and ageing of Holarctic Waders*. British Trust for Ornithology. Therford. 168p.
- Recher, H.F. 1966. Some aspects of the ecology of migrant shorebirds. *Ecology*, 47:393-407.
- Rzedowsky, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa, México, DF. 432p.
- Schulte-Hostedde, A.I., B. Zinner, J.S. Millar, & G.J. Hickling. 2005. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology*, 86(1):155-163.
- Salinas-Zavala, C.A., J. Llinas, & R. Rodríguez-Estrella. 1991. Aspectos biológicos del Águila Pescadora (*Pandion haliaetus carolinensis*). Pp265-293. En: Ortega, A. & L. Arriaga (eds.). *La Reserva de la Biósfera del Vizcaíno en la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas, La Paz, Baja California Sur. 317p.
- Sandercock, B.K. 2003. Estimation of survival rates for wader populations: a review of mark-recapture methods. *Wader Study Group Bull.*, 100:163-174.
- Schneider, D. & E.P. Mallory. 1982. Spring migration of shorebirds in Panama. *Condor*, 84:344-345.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2008. *Estrategia para la Conservación y Manejo de las Aves Playeras y su Hábitat en México*. Dirección General de Vida Silvestre. México, DF. 89p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2011. *Estrategia para la Conservación y Manejo de las Aves Playeras y su Hábitat en México*. Dirección General de Vida Silvestre. México, DF. En prensa.
- Senner, S.E., G.C. West, & D.W. Norton. 1981. The spring migration of Western Sandpipers and Dunlins in Southcentral Alaska: numbers, timing, and sex ratios. *Journal of Field Ornithology*, 52(4):271-284.
- Shuford, W.D., G.W. Page, J.G. Evens, & L.E. Stenzel. 1989. Seasonal abundance of waterbirds at Point Reyes: a coastal California perspective. *Western Birds*, 20:137-265.
- Sibley, D.A. 2000. *The Sibley guide to birds*. National Audubon Society. Chanticleer Press, Inc. New York. 544p.

- Skagen, S.K. & F.L. Knopf. 1993. Toward conservation of midcontinental shorebird migration. *Conservation Biology*, 7:533-541.
- Soto-Montoya, E., R. Carmona, M. Gómez, V. Ayala-Pérez, N. Arce, & G.D. Danemann. 2009. Oversummering and migrant Red Knots at Golfo de Santa Clara, Gulf of California, Mexico. *Wader Study Group Bull.*, 116(3):191-194.
- STATSOFT. 2007. *Statistica for Windows versión 8.0*. StatSoft Inc. Tulsa, Oklahoma.
- Summers, R.W., K.B. Strann, R. Rae, & H. Heggas. 1990. Wintering Purple Sandpipers *Calidris maritima* in Troms county, northern Norway. *Ornis Scandinavica*, 21:248-254.
- Summers, R.W., L.G. Underhill, M. Nicoll, R. Rae, & T. Piersma. 1992. Seasonal, size and age-related patterns in body mass and composition of Purple Sandpipers *Calidris maritima* in Britain. *Ibis*, 134:346-354.
- Tomkovich, P.S. 1990. Analysis of geographical variability in Knot *Calidris canutus* (L). *Bull. Moscow Soc. Naturalist, Biol. Div.*, 95:59-72.
- Tomkovich, P.S. & A.G. Dondua. 2008. Red Knots on Wrangel Island: results of observations and catching in summer 2007. *Wader Study Group Bull.*, 115(2):102–109.
- Tomkovich, P.S. & M.Y. Soloviev. 2007. Bird breeding conditions in the Arctic in 2006. Pp37-42. En: Soloviev, M.Y. & P.S. Tomkovich (eds.). 2007. Arctic Birds: Bulletin of the International Breeding Conditions Survey. *IWSGB Report*. 59p.
- Tomkovich, P.S. & M.Y. Soloviev. 2008. Bird breeding conditions in the Arctic in 2007. Pp43-49. En: Soloviev, M.Y. & P.S. Tomkovich (eds.). 2007. Arctic Birds: Bulletin of the International Breeding Conditions Survey. *IWSGB Report*. 59p.
- Tomkovich, P.S. & M.Y. Soloviev. 2009. Bird breeding conditions in the Arctic in 2008. Pp47-54. En: Soloviev, M.Y. & P.S. Tomkovich (eds.). 2007. Arctic Birds: Bulletin of the International Breeding Conditions Survey. *IWSGB Report No. 11*. 68p.
- Tsipoura, N., & J. Burger. 1999. Shorebird diet during spring migration stopover on Delaware Bay. *Condor*, 101:635-644.
- U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS). 2005. Red Knot. *Calidris canutus rufa*. *USFWS Report*. New Jersey, E.U.A. 44p.

- U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS). 2007. Status of the Red Knot (*Calidris canutus rufa*) in the Western Hemisphere. *USFWS Report*. New Jersey, E.U.A. 236p.
- van der Have, T.M, E. Nieboer, & G.C. Boere. 1984. Age-related distribution of Dunlin in the Dutch Wadden Sea. Pp160-176. En: Evans, P.R., J.D. Goss-Custard & W.G. Hale (eds.). *Coastal waders and wildfowl*. Cambridge University Press. New York.
- Vázquez-Camacho, R. 2006. *Fidelidad a la Ensenada de La Paz, B. C. S., México, como sitio de invernación del playerito occidental (Calidris mauri)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S. 54p.
- Warnock, S.E. & J.Y. Takekawa. 1995. Habitat preferences of wintering shorebirds in a temporally changing environment: Western Sandpipers in the San Francisco Bay estuary. *Auk*, 112:920-930.
- Warnock, S.E. & J.Y. Takekawa. 1996. Wintering site fidelity and movement patterns of Western Sandpipers *Calidris mauri* in the San Francisco Bay estuary. *Ibis*, 138:160-167.
- Warnock, N., G.W. Page, & B.K. Sandercock. 1997. Local survival of Dunlin (*Calidris alpina*) wintering in California. *Condor*, 99:906-915.
- Weber, L.M., & S.M. Haig. 1996. Shorebird use of South Carolina manager and natural coastal wetlands. *J. Wildl. Manage*, 60:73-82.
- Wetlands International (WI). 2006. Waterbird Population Estimates. 4th ed. Wetlands International Global Series, Wageningen.
- Wilbur, S.R. 1987. *Birds of Baja California*. University of California Press. Berkeley. 253p.
- Wilson, W.H. 1994. Western Sandpiper (*Calidris mauri*). Pp1-20. En: Poole, A. & F. Gill (eds.). *The Birds of North America No.90*. The Academy of Natural Sciences and The American Ornithologists' Union. Philadelphia & Washington, DC. 20p.
- Wyllie, J.G. 1961. The water masses of Sebastian Vizcaíno Bay. *CalCOFI Rep*. VIII:83-93.

- Ydenberg, R.C., R.W. Butler, D.B. Lank, C.G. Guglielmo, M. Lemon, & N. Wolf. 2002. Trade-offs, condition dependence and stopover site selection by migrating sandpipers. *Journal of Avian Biology*, 33:47-55.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. 4th ed. New Jersey, E.U.A. 123p.

13. ANEXOS

Anexo 1: Plan de monitoreo

Carmona *et al.* (2008), desarrollaron un plan de monitoreo para los playeros rojizos que utilizan el complejo de humedales Guerrero Negro-Ojo de Liebre-Exportadora de Sal. Para ello realizaron censos mensuales en todo el complejo de humedales de GN, de julio 2006 a junio 2007. Se dividió el área en 45 secciones. Posteriormente, con los conteos por zona y mes se realizó un ejercicio sobre priorización de áreas. Hubo dos criterios fundamentales para la inclusión de las diferentes áreas, la abundancia de los playeros en ellas y su ubicación geográfica. Así, se eligieron 11 de las 45 áreas (agrupadas en cuatro secciones).

La pertinencia de la elección de las 11 zonas fue probada mediante un análisis de regresión lineal, en el que se relacionó la abundancia para todas las áreas (variable dependiente) y la determinada para las 11 zonas seleccionadas (variable independiente; Zar 1999). Dicho análisis pretendió estimar la abundancia total en el complejo de humedales.

En las cuatro secciones seleccionadas se llevó a cabo el 77% del total de registros. La evaluación de la pertinencia de la elección de las zonas (análisis de regresión lineal) indicó que considerando la abundancia determinada para las 11 áreas seleccionadas, es posible predecir adecuadamente el número total de playeros rojizos que utilizan el complejo de humedales en su conjunto ($F_{1,9}=135.5$, $p<0.001$), explicando el modelo el 94% de la variación observada. Una vez determinada la abundancia en las 11 secciones bastaría aplicar la ecuación obtenida ($y= 268.5 + 1.17x$), para al 94% de confianza, determinar la abundancia total en el complejo. Además, con este plan de monitoreo se pudo reducir el esfuerzo en un 50% del original.

Anexo 2: Análisis de Normalidad

Resultados de los análisis de normalidad Kolmogorov-Smirnov para las abundancias estimadas por temporada y por estación.

TEMPORADA	ESTACIÓN	d	n	p
2007-08	Otoño	0.30	4	>0.20
	Invierno	0.22	4	>0.20
	Primavera	0.26	2	>0.20
	Verano	0.26	2	>0.20
2008-09	Otoño	0.24	4	>0.20
	Invierno	0.42	4	>0.20
	Primavera	0.26	2	>0.20
	Verano	0.26	2	>0.20

Resultados de las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov para las proporciones de grupos de edad por temporada y por estación, tomando submuestras de tamaño 5.

TEMPORADA	ESTACIÓN	d	n	p
2006	Otoño	0.26	196	>0.20
2007-08	Otoño	0.30	122	<0.10
	Invierno	0.19	115	>0.10
2008-09	Otoño	0.29	17	>0.20
	Invierno	0.22	93	<0.10

Resultados de los análisis de normalidad Kolmogorov-Smirnov para las diferentes medidas de *Calidris canutus roselaari*, considerando la temporada y la estación.

MEDIDA	TEMPORADA	ESTACIÓN	d	n	p
Culmen	2007-08	Otoño	0.05	122	>0.20
		Invierno	0.07	115	>0.20
	2008-09	Otoño	0.13	17	>0.20
		Invierno	0.05	93	>0.20
Cabeza	2007-08	Otoño	0.08	122	>0.20
		Invierno	0.15	115	<0.10
	2008-09	Otoño	0.20	17	>0.20
		Invierno	0.08	93	>0.20
Tarso	2007-08	Otoño	0.09	122	>0.20
		Invierno	0.05	115	>0.20
	2008-09	Otoño	0.12	17	>0.20
		Invierno	0.05	93	>0.20
Cuerda alar	2007-08	Otoño	0.13	42	>0.20
		Invierno	0.07	115	>0.20
	2008-09	Otoño	0.38	3	>0.20
		Invierno	0.07	95	>0.20

Resultados de los análisis de normalidad para el pesos de *C. canutus roselaari*, considerando la estación y el grupo de edad (AD: adulto; JV: juvenil).

ESTACIÓN	EDAD	d	n	p
Otoño	AD	0.04	263	>0.20
	JV	0.15	35	>0.20
Invierno	AD	0.06	184	>0.20
	JV	0.12	24	>0.20

Anexo 3: Análisis de Homocedasticidad

Resultados de los análisis de homocedasticidad Cochran para las variables consideradas.

	Cochran	<i>g.l.</i>	p
Abundancia estimada	0.36	7	p<0.01
Proporción de edad	0.47	2	p>0.05
Culmen expuesto	0.42	3	p>0.05
Cabeza	0.37	3	p>0.05
Tarso	0.33	3	p>0.05
Cuerda alar (adultos)	0.29	3	p>0.05
Cuerda alar (juveniles)	0.35	3	p>0.05
Peso	0.39	3	p<0.01

Anexo 4: Temperatura ambiente mensual en Guerrero Negro

Se muestra la temperatura ambiente mensual en GN, proporcionada por el Centro Meteorológico de Exportadora de Sal, durante las dos temporadas de estudio.

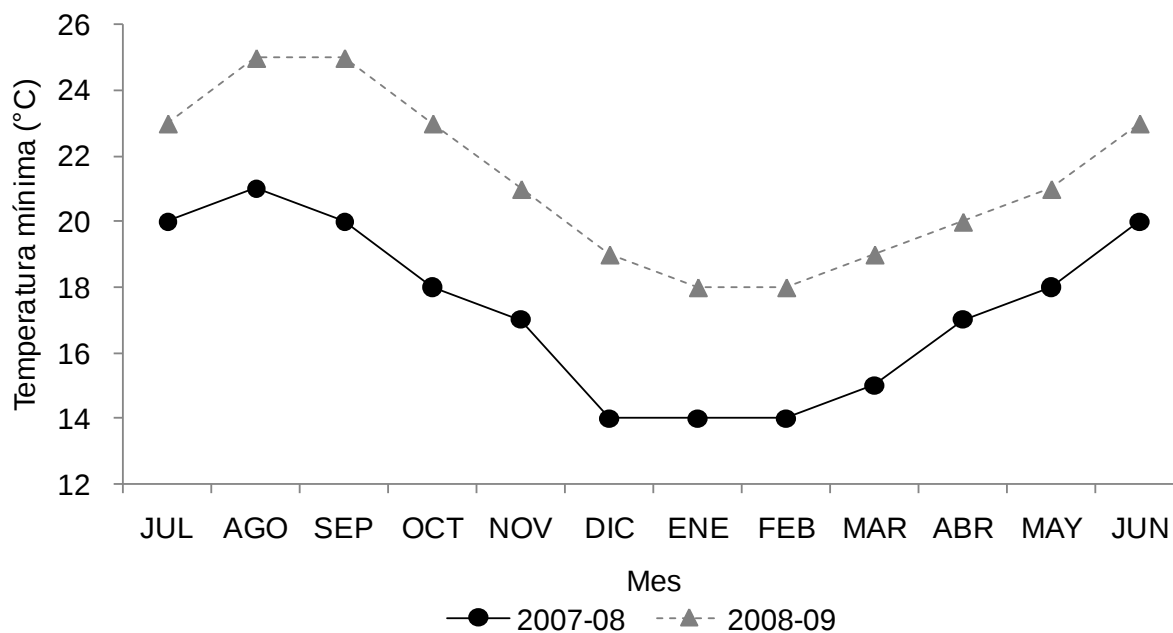


Figura 19. Temperatura ambiente mínima promedio (°C) por mes en Guerrero Negro.

Anexo 5: Índice Oceánico del Niño (Centro de Predicción del Clima/NOAA).

Fases cálidas (rojo) y frías (azul) basadas en el límite de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ del índice Oceánico Niño (ONI). Los datos corresponden al promedio de tres meses de las anomalías de temperatura superficial del mar (SST) en la región 3.4 de El Niño (5°N - 5°S , 120° - 170°W), basado en un periodo de 1992-2010. La fase fría o cálida se da cuando este límite persiste por un mínimo de cinco estaciones seguidas. Se resaltan en gris los valores que corresponden con al período de estudio del presente trabajo.

Año	Mes/Estación											
	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
1992	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	0.8	0.5	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.2
1993	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2
1994	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9	1.2	1.3
1995	1.2	0.9	0.7	0.4	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
1996	-0.7	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1997	-0.4	-0.3	0.0	0.4	0.8	1.3	1.7	2.0	2.2	2.4	2.5	2.5
1998	2.3	1.9	1.5	1.0	0.5	0.0	-0.5	-0.8	-1.0	-1.1	-1.3	-1.4
1999	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-1.1	-1.3	-1.6
2000	-1.6	-1.4	-1.0	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7
2001	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.1
2002	-0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.4
2003	1.2	0.9	0.5	0.1	-0.1	0.1	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8
2005	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	-0.1	-0.4	-0.7
2006	-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.9	1.1	1.1
2007	0.8	0.4	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-1.0	-1.1	-1.3
2008	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.6
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.1	0.2	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8
2010	1.7	1.5	1.2	0.8	0.3	-0.2	-0.6	-1.0	-1.3	-1.4	-1.4	