



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

TESIS

**USO DE DOS HUMEDALES, DULCEACUÍCOLA Y COSTERO,
POR *CALIDRIS MAURI* (CHARADRIIFORMES:
SCOLOPACIDAE) AL SUR DE LA PENÍNSULA DE BAJA
CALIFORNIA, MÉXICO**

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

BIÓL. MAR. DANIEL GALINDO ESPINOSA

La Paz, B.C.S.

Agosto de 2003



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:30 horas del día 13 del mes de Junio del 2003 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 de grado titulada:

"USO DE DOS HUMEDALES, DULCEACUÍCOLA Y COSTERO, POR *Calidris mauri*
(CHARADRIIFORMES: SCOLOPACIDAE) AL SUR DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

GALINDO ESPINOSA DANIEL
Apel. do paterno materno nombre(s)
Con registro: A 0 1 0 1 2 6

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

MC. LEANDRO ROBERTO CARMONA PIÑA

PRESIDENTE

DR. OSCAR EFRAIM HOLGUIN QUIÑONES

SECRETARIO

DR. FEDERICO ANDRÉS GARCÍA DOMÍNGUEZ

SEGUNDO VOCAL

MC GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

TERCER VOCAL

MC GUILLERMO J. FERNÁNDEZ ACEVES

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ



**I. P. E.
CICIMAR
DIRECCIÓN**

DEDICATORIA

A mi hijo, mi "Pingo", a quien le negué muchos momentos cuando me decía "a juga carro papá".

A mi amada esposa, Abril Karim, por aguantar mis momentos de histeria, por escuchar mis tonterías científicas y, sobre todo, por su amor.

A mis papás, Daniel y Yolanda, por apoyarme desde que salí de casa y ayudarme a timonear, hasta el momento, las etapas más difíciles de mi vida.

A mis hermanos, Christian, Grecia y Gisell, por ser siempre una de las razones principales de regresar a casa.

A mi abuelita Mago, mi segunda madre, y a mi abuelito Mon.

A mis abuelitos Polo y Pilar.

AGRADECIMIENTOS

A Roberto, por dirigir esta tesis y por “no permitir” que tomara otro camino y darme todo su apoyo desde el inicio de este trabajo.

A Memo, por sus sugerencias y críticas a este trabajo, por proporcionarme gran parte de la bibliografía y porque siempre te diste tiempo para aclarar mis dudas y traer mi lista de encargos.

Al Dr. Federico García, quien sin conocerme aceptó proponerme al programa de posgrado y ser co-director de este trabajo. Gracias por contemplarme como becario PIFI, mediante el cual obtuve equipo de campo personal.

A mis compañeros de laboratorio, Gina, Luis, Andrea, María, Israel y Rosalba, por su ayuda en el trabajo de campo y aguantar mi mal genio. A Gina y Andrea por su ayuda en los problemas con las computadoras.

Al comité revisor, M. en C. Roberto Carmona, Dr. Federico García Domínguez, Dr. Oscar Holguín Quiñones, M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero y M. en C. Guillermo Fernández Aceves, por sus comentarios y correcciones a este trabajo.

A Abril, por su ayuda y paciencia en la captura de datos.

Al Negro y Maricarmen, por los buenos fines de semana en “familia”, las pláticas y las “chelas”.

Al Turtle, Botello y Hever, por las eventuales pero “liberadoras de tensión chelas”.

Al Dr. Carlos Rangel, por su camaradería y por prestarme su silla, sin la cual las largas horas frente a la computadora hubiesen sido terribles.

A la Ing. Abigail Solano, encargada de la planta de tratamiento de aguas residuales, por permitir el acceso irrestricto a las lagunas de oxidación.

Al rector de la UABCS, M. en C. Jorge Alberto Vale Sánchez, por el apoyo para la adquisición de equipo de campo.

Al CONACYT por la beca-crédito para la realización de estudios de posgrado.

Al Instituto Politécnico Nacional, por la beca de posgrado que fue de gran ayuda en la parte final de este trabajo.

ÍNDICE	Página
Lista de figuras.....	iii
Lista de tablas.....	iv
Glosario.....	v
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	4
3. Justificación.....	7
4. Objetivo.....	8
4.1. Metas.....	8
5. Área de Estudio.....	9
6. Materiales y Método.....	13
6.1. Trabajo de Campo.....	13
6.1.1. Censos.....	13
6.1.2. Capturas.....	14
6.1.3. Movimientos.....	15
6.2. Análisis de datos.....	16
6.2.1. Abundancia y Distribución.....	16
6.2.2. Estructura de la Población por Sexo y Clase de Edad.....	17
6.2.3. Morfometría.....	17
6.2.4. Análisis del Peso.....	18
6.2.5. Movimientos.....	19
6.2.6. Restricciones en los Análisis.....	20
7. Resultados.....	21
7.1. Abundancia y Distribución.....	21
7.2. Estructura de la Población.....	24
7.2.1. Capturas.....	24
7.2.2. Sexo.....	26

7.2.3. Edad.....	27
7.3. Morfometría.....	32
7.4. Análisis del Peso.....	34
7.5. Movimientos.....	35
7.5.1. Migración al Sur.....	36
7.5.2. Invernación.....	37
8. Discusión.....	39
8.1. Abundancia y Distribución Temporal.....	39
8.2. Estructura de la Población.....	45
8.3. Morfometría.....	52
8.4. Diferencias en Peso.....	54
8.5. Movimientos.....	56
9. Conclusiones.....	57
10. Sugerencias para trabajos futuros.....	59
11. Literatura Citada.....	60
12. Anexos.....	73

LISTA DE FIGURAS	Página
Figura 1. Áreas de Estudio.....	12
Figura 2. Abundancia y Distribución temporal de <i>C. mauri</i> en los dos humedales durante el período de estudio.....	22
Figura 3. Densidad de <i>C. mauri</i> en los dos humedales durante el período de estudio.....	23
Figura 4. Proporción de machos en los dos humedales.....	26
Figura 5. Proporción mensual de machos en los dos humedales.....	27
Figura 6. Proporción mensual de adultos en la Ensenada de La Paz.....	28
Figura 7. Proporción mensual de adultos en cada humedal.....	29
Figura 8. Proporción de machos y hembras adultos en cada sitio.....	30
Figura 9. Longitud del culmen de los machos en los dos humedales.....	32
Figura 10. Longitud del tarso de las hembras.....	33
Figura 11. Peso de los machos y hembras en las dos temporadas.....	34
Figura 12. Índice de movimiento para los machos mediante avistamientos y recapturas.....	37
Figura 13. Índice de movimiento para las hembras mediante avistamientos.....	38

LISTA DE TABLAS

Página

Tabla I. Captura total de <i>Calidris mauri</i> en la Ensenada de La Paz en 2001-2002.....	24
Tabla II. Captura total por humedal, sexo y edad de <i>Calidris mauri</i> en 2001-2002.....	24
Tabla III. Estatus de los individuos capturados de <i>C. mauri</i> por humedal, edad y sexo.	25
Tabla IV. Formación de grupos de medias a partir de la interacción sitio y mes.....	29
Tabla V. Número de individuos avistados y recapturados en ambos humedales.....	35
Tabla VI. Resultados de las pruebas de contingencia χ^2	36

GLOSARIO

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

Censo: consiste en una lista de presencias y ausencias en áreas de muestreo definidas. Puede incluirse el recuento de los individuos, reconociéndolos por clases de edad, sexo, tamaño y dominancia.

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

Culmen o pico: estructura característica de las aves que les sirve para alimentarse y defenderse. Es una escama epidérmica modificada que cubre el maxilar de las aves.

Edad: se utilizó como variable binomial, cada ave puede ser juvenil o adulto.

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.

Marea: incrementos y decrementos periódicos del nivel del océano ocasionados por la atracción gravitacional de la luna y el sol sobre la tierra.

Marisma: área lodosa que es inundada por el mar durante las mareas altas.

Migración: movimientos estacionales de los individuos entre el área de reproducción y la de invierno. Por lo general, existe una relación directa entre la latitud de reproducción y lo largo de la migración.

Planicie de marea: marisma o área lodosa que es cubierta y descubierta por las mareas ascendentes y descendentes; normalmente con algún tipo de vegetación.

Playerito occidental (*Calidris mauri*): playero de talla pequeña (17 cm), característico de humedales costeros de América donde es muy abundante. Se caracteriza por su talla pequeña, tarsos y pico negros y decurvado en el extremo.

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.

Región neártica: es una de las ocho regiones biogeográficas. Abarca la porción

norte del Continente Americano. Su fauna típica incluye bisontes, coyotes y

berrendos, entre otros.

Uso de dos humedales, dulceacuícola y costero, por *Calidris mauri*
(Charadriiformes: Scolopacidae) al sur de la Península de Baja California,
México.

Resumen

Durante la temporada no reproductiva, los factores que determinan la selección del hábitat son de vital importancia en la dinámica poblacional de los playeros migratorios. En dicha temporada el Playerito Occidental (*Calidris mauri*) es frecuente en la Península de Baja California. En la porción sur de esta península se localiza la Ensenada de La Paz, donde *C. mauri* se encuentra comúnmente en las playas lodosas (PL). Además, las Lagunas de Oxidación (LO) del sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad, funcionan como área alterna de alimentación. Se evaluó el uso de estos humedales por *C. mauri* a través de la abundancia temporal, la estructura de la población por sexo y grupo de edad, la morfometría y los movimientos de individuos marcados. La abundancia en PL durante la migración al norte fue mayor que durante la migración al sur; las abundancias pico ocurrieron en invierno. En LO la abundancia fue mayor en la migración al sur y el área dejó de ser utilizada a mediados del invierno, lo que parece relacionarse con la demanda energética y con un menor hábitat disponible en PL durante la migración. La proporción de sexos (4:1 en términos de los machos) estuvo acorde al patrón de distribución latitudinal durante el invierno, mientras que la relación adulto:juvenil (1:1) fue diferente de lo esperado. Durante el invierno, los adultos fueron más abundantes en PL (80%) mientras que los juveniles lo fueron en LO (80%), lo cual puede deberse a que los adultos excluyan de PL a los juveniles o a que los adultos frecuenten menos LO debido a un mayor riesgo de depredación. Los machos adultos en PL tuvieron el culmen más largo que los juveniles en LO, presumiblemente en función a diferencias en las eficiencias alimenticias en cada humedal. Se observaron diferencias en el peso, las aves fueron más pesadas en la migración al sur. Además, en invierno los juveniles fueron más pesados. Las diferencias temporales en el peso se relacionaron con la migración y la preparación para la muda del plumaje, mientras que las diferencias entre adultos y juveniles en el invierno, posiblemente se relacionaron a sus habilidades para alimentarse y como respuesta al riesgo de depredación. Durante la migración al sur, los adultos mostraron una tendencia mayor que los juveniles a moverse entre los dos humedales, presumiblemente porque requieran acumular grasa para migrar y mudar. En invierno los machos juveniles realizaron más movimientos entre sitios, probablemente por su inexperiencia y/o bajo estatus social.

Use of a fresh and coastal wetland by *Calidris mauri* (Charadriiformes: Scolopacidae) at the southern Baja California Peninsula, México.

Abstract

Factors influencing habitat selection during the nonbreeding season are of chief importance on population dynamics of migrant birds. During that season, Western Sandpiper (*Calidris mauri*) occurs at the Baja California Peninsula, and is commonly found at Ensenada de La Paz, where usually occupy muddy beaches (PL). In addition, Lagunas de Oxidacion (LO), a part of the sewage treatment plant, operates as alternative feeding area. The use of two wetlands by *Calidris mauri* was evaluated on the basis of their temporary abundance, sex and age classes ratios, morphometrics, and by movements of individually banded birds. Abundance was higher at PL during north migration than during the south migration; peak abundance occurred in winter. At LO the abundance was greater during south migration and the area was not used at mid winter, which may be related with energetic demand and to a smaller available habitat area in PL during migratory movements. The sex ratio was of 4:1 in terms of the males, in agreement to the latitudinal distribution pattern during winter, while age ratio (1:1) was different from expected. During winter adults were more abundant in PL (80%) and juveniles in LO (80%), something which can be related to the fact that the adults exclude juveniles from PL, or because adults visit LO less often due to higher predation risk. Adult males in PL had culmen larger than the juveniles in LO, presumably in function of differences in feeding efficiencies at each wetland. I also observed variability in weight, as the birds were heavier at the time of south migration. Furthermore, during winter juveniles were heavier. The seasonal differences in weight may be related to migration and to preparations for wing moult, while differences between age classes in winter may possibly be caused by their feeding abilities, and as response to predation risk. During south migration, adults were more prone than juveniles to move between wetlands, presumably because they need to accumulate fat for migration and wing moult. In winter the juvenile males show higher mobility between sites, probably by their inexperience and / or lower social status.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las aves acuáticas migratorias, los playeros son de los más abundantes (Paulson 1993). Este grupo se encuentra dentro del orden Charadriiformes y comparten entre sí características morfológicas y de comportamiento (Burger 1984, Myers et al. 1987). Existen 53 especies que se reproducen en Norteamérica (A.O.U. 1983), las cuales se ubican taxonómicamente en cuatro familias: Charadriidae (chorlos), Haematopodidae (ostreros), Recurvirostridae (avocetas y candeleros) y Scolopacidae (falaropos y playeritos) (A.O.U. 1983).

Aunque existen fracciones poblacionales residentes en varios países de América, la mayor parte de los playeros de la región Neártica son altamente migratorios y realizan movimientos entre sus zonas de reproducción en el norte y las de invernación en regiones templadas y tropicales (Myers et al. 1987, Helmers 1992). Para realizar estos movimientos utilizan rutas denominadas "corredores", de los cuales el más importante en el Continente Americano, por el número de aves que lo utiliza, es el Corredor Migratorio del Pacífico (Myers et al. 1987).

Debido a que los vuelos migratorios implican una alta demanda energética, los playeros dependen de una serie eslabonada de sitios de descanso y recuperación (en su mayoría humedales), con recursos alimenticios abundantes y predecibles (Skagen y Knopf 1993), los cuales sólo pueden ser utilizados durante una parte del año (Erwin et al. 1986). Estas áreas son usadas como escalas, o bien, como zonas de invernación (Morrison 1984).

La importancia de las fases migratoria e invernal en los ciclos de vida de las aves han sido poco apreciadas (Recher 1966). Las aves con frecuencia presentan

patrones complejos de migración, incluyendo diferencias por edad y sexo en sus movimientos y distribución geográfica (Myers 1981).

Los patrones de distribución y la abundancia de las aves migratorias están relacionados con los procesos que ocurren a lo largo de su ciclo anual, donde los eventos que ocurren durante una etapa (por ejemplo invernación) pueden influenciar a las poblaciones en las siguientes etapas (reproducción). De lo anterior se deriva que los factores que determinan la selección de hábitats durante la migración e invernación, son de vital importancia en la dinámica de las poblaciones (Gill et al. 2001, Sillett y Holmes 2002, Webster et al. 2002).

Diversos factores pueden influir en el comportamiento y la distribución espacial de los playeros en los humedales, durante la temporada no reproductiva. Las variaciones diarias y temporales del alimento (Colwell y Landrum 1993), que a su vez están influenciadas por variables ambientales como temperatura, vientos, lluvias y mareas (Evans 1976, Burger 1984, Maimone-Celorio y Mellink 2003) son factores importantes.

Debido a que los playeros usan diferentes tipos de hábitats, como planicies de marea, playas arenosas, campos de cultivo y cuerpos de agua dulce, su dieta es muy diversa; se compone de varios grupos de invertebrados como poliquetos, anélidos, arácnidos, crustáceos, gasterópodos e insectos (Skagen y Oman 1996). Las fluctuaciones en la densidad y biomasa de estos grupos, especialmente en planicies lodosas y marismas, influyen en los patrones de alimentación y distribución de los playeros (Hicklin y Smith 1984, Backwell et al. 1998).

También es posible que las aves respondan directamente a las características del sedimento y al nivel de marea, probablemente debido a que las

presas pueden ser más detectables y accesibles en sedimentos y niveles de marea en las que sean más activas; es decir, con sustrato húmedo más fácil de penetrar (Evans 1976, Burger et al. 1977, Nehls y Tiedemann 1993, Yates et al. 1993, Scheiffarth et al. 1996, Maimone-Celorio y Mellink 2003).

La edad y el sexo de los individuos también son factores que determinan la distribución espacial de las aves durante la temporada no reproductiva, ya sea por exclusión competitiva o por la “especialización” hacia ciertos tipos de presas y/o modos de alimentación. Los adultos generalmente son dominantes y tienen más experiencia en encontrar las zonas de mayor alimento y relegan a los juveniles hacia sitios de menor calidad (Groves 1978, Goss-Custard y Durell 1987a y b, Warnock 1994). La especialización puede deberse a las habilidades intrínsecas de los individuos o al sexo, ya que en los playeros el dimorfismo sexual en la longitud y forma del pico es un fenómeno común (Harrington 1982, Goss-Custard y Durell 1987b, Whitfield 1990, Smith y Nol 2000, Durell et al. 1993, Durell 2000).

La conducta antidepredatoria también influye en la distribución de las aves y generalmente, los adultos evitan las zonas con mayor riesgo (Cresswell 1994, Cresswell y Whitfield 1994, Warnock et al. 1997), aunque muchas veces estas zonas tengan una mayor cantidad de alimento (Lima y Dill 1990).

2. ANTECEDENTES

La especie de interés en este trabajo, el Playerito Occidental (*Calidris mauri*), pertenece a la familia Scolopacidae y es una de las especies más abundantes del hemisferio occidental (Morrison et al. 2001). Se reproduce en el noroeste de Alaska y noreste de Siberia, e inverna en las costas del Pacífico, desde el sur de Canadá hasta Perú, así como en las costas del Atlántico desde Nueva Jersey hasta Surinam (Wilson 1994). Migra principalmente a través del Corredor Migratorio del Pacífico (Senner et al. 1981, Morrison 1984, Paulson 1993).

C. mauri es un playero de talla pequeña (17 cm), con un pico grueso en la base y ligeramente decurvado en la punta (Wilson 1994). Presenta dimorfismo sexual, las hembras son más grandes que los machos y se les puede distinguir mediante la longitud del culmen o pico (Page y Fearis 1971, ver Materiales y Método).

Al igual que otros playeros, *C. mauri* puede ser considerada una especie "plástica" en cuanto al hábitat de alimentación que utiliza; es decir, aunque prefiere la parte litoral de las zonas costeras, sobre todo las planicies lodosas (Ashmole 1970, Paulson 1993), utiliza comúnmente hábitats alternos de alimentación como salitrales (Warnock y Takekawa 1995), mantos de algas (Engilis et al. 1998) y zonas asociadas a cuerpos de agua dulce (Wilson 1994).

Se ha determinado que durante la temporada invernal, *C. mauri* presenta una variación latitudinal en la proporción de sexos. Los machos son más abundantes al norte de la distribución invernal (Page et al. 1972, Buenrostro 1996,

Brabata 2000), mientras que en la parte sur son más abundantes las hembras (Page et al. 1972, Harrington y Haase 1994, Naranjo et al. 1994).

Nebel et al. (2002), encontraron un patrón de distribución latitudinal en forma de "U" con respecto a la edad, con altas proporciones de juveniles ocurriendo en los extremos norte y sur de la distribución invernal de *C. mauri*. Estos autores argumentan que dicho patrón puede relacionarse al alto costo del desgaste de las plumas del vuelo en los juveniles, ya que la mayoría de estos realizan tres migraciones completas con las mismas plumas mientras que los adultos sólo realizan dos. Además, existe una tendencia en los individuos que invernaron en el extremo sur a permanecer durante el verano en el área no reproductiva.

Con base en censos aéreos se sabe que existe una fracción considerable (12% de la población mundial de *C. mauri*), invernando en las costas de la Península de Baja California (Morrison et al. 1994). Las áreas que destacan por su abundancia son el Complejo Lagunar Guerrero Negro-Ojo de Liebre y la Laguna San Ignacio. No obstante, se han realizado pocos trabajos en estos sitios (Carmona y Danemann 1998).

Por su importancia en el conocimiento de la biología invernal del Playerito Occidental en la península, destacan los trabajos realizados en el estero Punta Banda, B.C. Buenrostro (1996) encontró que los machos fueron más abundantes que las hembras en una relación de 4:1 y que la proporción de juveniles disminuyó conforme avanzó la temporada invernal. Becerril (1998) determinó que existe exclusión espacial a nivel de microhábitat entre *C. mauri* y *C. minutilla*, además de que las interacciones agonísticas intraespecíficas fueron más comunes que las

interespecíficas y en ambos casos, *C. mauri* fue la especie más agresiva. Fernández et al. (2001) determinaron que los patrones de residencia de las aves transeúntes e invernantes fueron independientes de la edad, mes de captura o año; además de que los individuos de mayor edad tienden a salir antes y cambiar sus patrones de residencia. Fernández et al. (2003) encontraron pequeñas diferencias en la tasas de supervivencia aparente entre machos adultos y juveniles, además de que en general, las estimaciones de supervivencia fueron bajas en comparación de otros estudios durante la temporada reproductiva y no reproductiva.

En el sur de la península, particularmente en la Ensenada de La Paz, se cuenta con el trabajo realizado por Fernández et al. (1998), quienes resaltan la importancia de la Marisma de Chametla en la migración e invernación de *C. mauri*. Recientemente, Brabata (2000) vuelve a poner de manifiesto la importancia de Chametla durante la migración al sur e invernación, además de determinar que la población invernal de *C. mauri* se compone de un 80% de machos.

Dentro de la Ensenada de La Paz sólo existen dos cuerpos permanentes de agua dulce, ambos artificiales, las Lagunas de Oxidación ubicadas en las afueras de la ciudad y un tanque de almacenamiento de aguas tratadas ubicado en el Ejido El Centenario (Castillo-Guerrero 2000). Las Lagunas de Oxidación son utilizadas por *C. mauri* como un sitio alternativo de alimentación (Zamora-Orozco 2001, Carmona et al. 2003). Dada la aridez natural de la Península de Baja California, los cuerpos de agua dulce más cercanos se encuentran a más de 100 km de la Bahía de La Paz: al sur, el Estero de San José del Cabo (Guzmán et al. 1994) y al norte, la Región de Las Pocitas (Llinas y Jiménez 1997).

3. JUSTIFICACIÓN

Es importante generar información sobre las poblaciones de playeros durante la temporada no reproductiva, que cubra aspectos como los patrones de abundancia y distribución de las especies, la estructura de la poblaciones, los procesos de competencia, depredación, así como los factores que determinan el uso y selección de hábitats, entre otros, lo cual permitirá poder evaluar los efectos por la alteración del hábitat, principalmente por el crecimiento poblacional humano (Warnock 1994).

Lo anterior debe ser una prioridad en la investigación, debido a que los humedales más sureños de la costa oriental de la península se encuentran dentro de la Ensenada de La Paz (Palacios y Escofet 1990). Además, los más importantes se ubican cercanos a la Ciudad de La Paz, la cual ha experimentado un alto crecimiento poblacional en los últimos años.

Otro punto particularmente relevante, es comenzar a evaluar la importancia de sitios alternos para las poblaciones de aves, sobre todo aquellos de origen antrópico, pues podrían representar un binomio adecuado de desarrollo humano y conservación.

4. OBJETIVO

- Determinar los patrones de utilización de *Calidris mauri* en un humedal costero y uno dulceacuícola en el sur de la Península de Baja California, durante las temporadas migratoria e invernal 2001-2002.

4.1. METAS

Para ambos humedales:

- Estimar la abundancia y distribución temporal de *C. mauri*.
- Determinar la estructura poblacional por sexo y clase de edad.
- Detectar si existen diferencias morfométricas de *C. mauri* por sexo y clase de edad.
- Detectar si existen movimientos por medio de individuos marcados, en función al sexo y clase de edad.

5. ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de La Paz se encuentra sobre el margen sudoriental de la Península de Baja California y es el cuerpo de agua protegido más grande de estas costas, con una superficie aproximada de 2,000 km². El clima de la región es semidesértico, con lluvias principalmente en verano (CETENAL 1970). La precipitación anual fluctúa entre 180 y 250 mm, con una temperatura anual promedio de 24°C (mínimas de 5°C y máximas de 41.5°C; Chávez 1985).

La bahía tiene las profundidades máximas en su parte norte y las más bajas hacia su extremo sur, donde se localiza la Ensenada de La Paz (24°06' y 24°10'N, 110°19' y 110°25'W, figura 1), cuya profundidad máxima no rebasa los diez metros (Álvarez-Arellano et al. 1997). A diferencia de la parte occidental de la bahía, donde la mayor parte del relieve se caracteriza por ser rocoso y abrupto, dentro de la ensenada las pendientes son menos pronunciadas y su litoral es en su mayoría arenoso, con zonas fangosas y algunas de substrato conchífero en el sureste (Palacios 1988) y con pequeños canales bordeados de manglar y marismas (Espinoza 1977). Por sus características, este cuerpo de agua se considera del tipo antiestuarino (De Alba et al. 1982), presentando un régimen de mareas mixto con predominancia de la marea semidiurna (Grivel y Grivel 1991).

Hacia la parte sur de la ensenada se localizan las playas lodosas de Chametla y El Centenario. La primera tiene una longitud aproximada de 3.8 km (Fernández et al. 1998) y posee una serie de bancos de arena localizados en la zona de inundación, los cuales dividen a la zona intermareal de una planicie bordeada con vegetación de desierto (matorrales y cactáceas, principalmente). Junto a estos bancos de arena se presenta vegetación de manglar compuesta por

mangles rojo (*Rhizophora mangle*), negro (*Avicennia germinans*) y *Salicornia* spp. En general, el sustrato va de limoso-arenoso a netamente limoso, combinado con gran cantidad de conchas de moluscos (Palacios 1988). Debido a la poca pendiente que presenta la playa, el nivel de marea influye considerablemente en el área de alimentación disponible para los playeros, ya que durante las mareas bajas quedan expuestos de 500 a 1,000 m lineales de humedal.

El Centenario tiene una longitud aproximada de 4.5 km. Esta playa presenta una zona de inundación con sustrato limo-arenoso a netamente limoso (Brabata 2000); tiene oleaje mínimo, poca pendiente y, consecuentemente, la marea ejerce gran influencia sobre el área disponible. La vegetación terrestre se encuentra contigua a la zona de inundación y la presencia de manglar es menor comparada con Chametla.

Chametla y El Centenario fueron tratadas como un solo hábitat y serán referidas en este trabajo como Playa.

Al suroeste de la Ciudad de La Paz se encuentran cinco Lagunas de Oxidación (24°6'35.7"N y 110°20'59.1"W; figura 1), de cinco hectáreas cada una, utilizadas anteriormente para el procesamiento de las aguas residuales urbanas (Zamora-Orozco 2001). En la actualidad, estas lagunas sólo son utilizadas para desechar el excedente del agua tratada proveniente de la ciudad, así como los lodos que no son tratados. La acumulación de estos lodos en las dos lagunas cercanas a la planta de tratamiento, ha formado pequeñas áreas que proveen las condiciones de profundidad del agua para la alimentación y/o descanso de los playeros de tamaño pequeño. Debido a la frecuente inundación de los terrenos aledaños a estas lagunas, se ha favorecido el desarrollo de aproximadamente 17

hectáreas de pastizal y algunas charcas temporales, mismas que aumentan la diversidad de recursos disponibles para las aves (Castillo-Guerrero et al. 2002) y que son utilizados también como sitio de alimentación para ganado vacuno y equino.

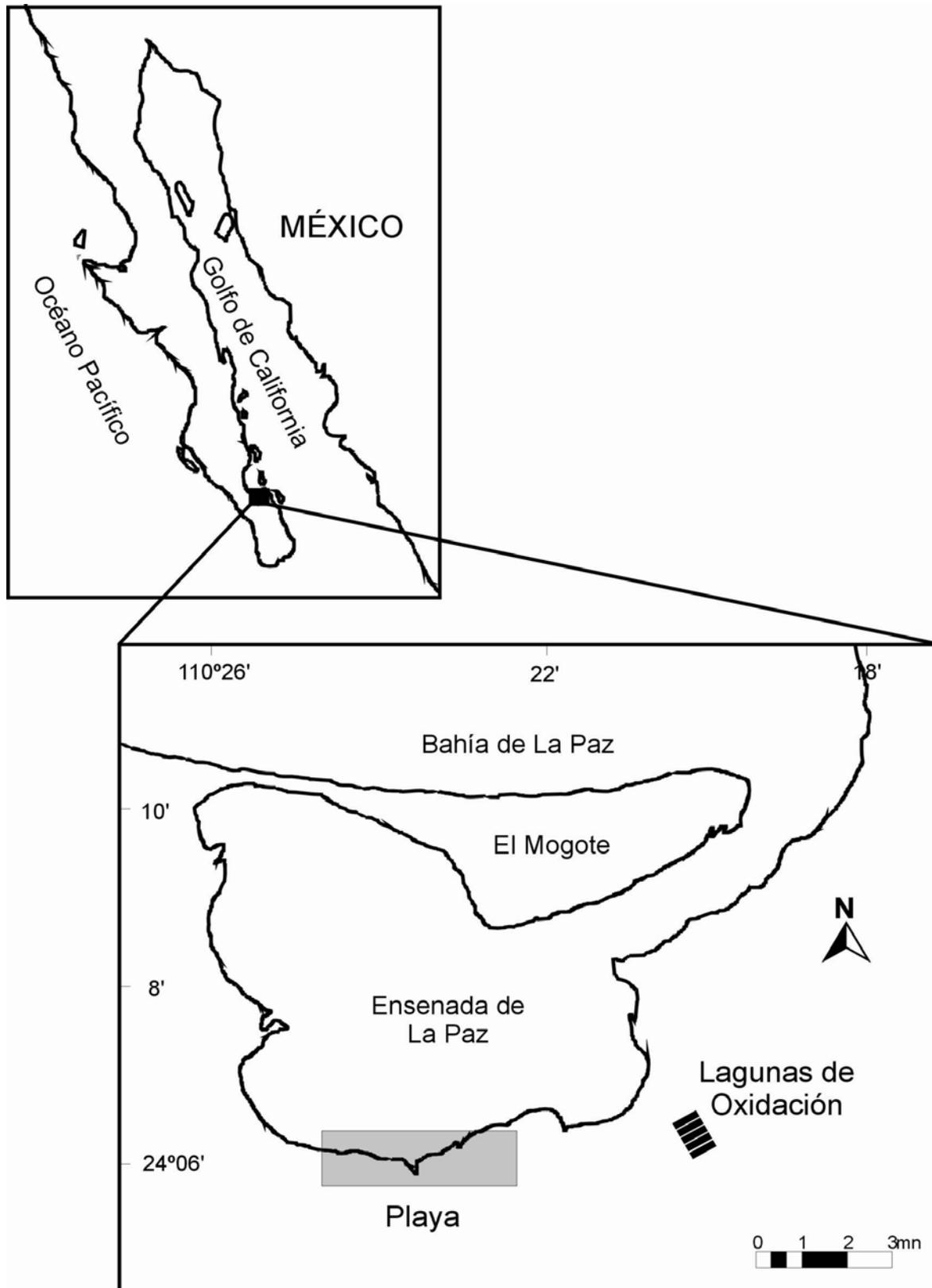


Figura 1. Áreas de estudio.

6. MATERIALES Y MÉTODO

6.1. TRABAJO DE CAMPO

De acuerdo a las metas propuestas, el muestreo comprendió tres aspectos:

a) censos, b) captura y marcaje de las aves y c) detección de los movimientos.

6.1.1. CENSOS

Para determinar la abundancia y distribución de *C. mauri* se realizaron conteos quincenales simultáneos en ambas zonas, de agosto de 2001 a abril de 2002.

En la playa lodosa, los censos se realizaron a lo largo de la línea de costa durante mareas muertas con el fin de minimizar el recuento de las aves, ya que durante mareas vivas los organismos presentan mayor movilidad entre las zonas de alimentación (Howes y Bakewell 1989). Los conteos fueron directos cuando el número de aves en una parvada era aproximadamente menor a 300 individuos. En parvadas mayores se realizaron estimaciones, considerando las sugerencias de Kasprzyk y Harrington (1989) en cuanto a la estandarización de las mismas.

En las Lagunas de Oxidación se llevaron a cabo recorridos a través de la periferia de los vasos, siguiendo la ruta establecida por Zamora-Orozco (2001) y utilizando el método de conteo antes descrito. En ambos casos las observaciones se realizaron con binoculares (10x) y con telescopios (20-60x).

6.1.2. CAPTURAS

Se utilizaron redes de niebla de 9 y 12 m de largo por 2.6 m de alto para capturar a las aves. En la Playa, se colocaron paralelamente a la línea de costa durante los ciclos de mareas vivas y altas, un par de horas antes del amanecer o atardecer. En las Lagunas de Oxidación donde no opera el régimen de mareas, las redes se colocaron sobre los bordes que separan a las dos lagunas contiguas a la planta de tratamiento. En la mayoría de las capturas se utilizó una grabación del llamado de alarma de *C. mauri*. Las aves capturadas fueron transportadas hacia un sitio de trabajo alejado de las redes y puestas en canastas de plástico cubiertas con tela. Las capturas fueron autorizadas por la Dirección General de Vida Silvestre (OFICIO NÚM/SGPA/DGVS/4034).

Las aves fueron pesadas con un dinamómetro (± 0.5 g), se les midió el culmen expuesto y tarso con un vernier (± 0.1 mm) y el ala y la cuerda alar con una regla (± 1 mm).

Los organismos capturados que tuvieron la longitud del culmen ≤ 24.2 mm fueron considerados machos, hembras si la longitud era ≥ 24.8 mm, e indeterminados si presentaban longitudes intermedias (Page y Fearis 1971).

La edad de cada ave fue asignada en base a la coloración del plumaje y a la presencia de muda y/o estado de las plumas primarias (Page et al. 1972, Prater et al. 1977). Cada uno de estos criterios fueron útiles dependiendo del mes de captura. De esta forma, durante la migración al sur (de agosto a octubre), los individuos fueron catalogados como adultos por la presencia de plumaje reproductivo, un desgaste considerable de las plumas primarias o la muda de

éstas. Durante el invierno (de noviembre a febrero), todas las aves han adquirido el plumaje básico, sin embargo los juveniles retienen algunas plumas (terciarias y/o escapulares) con borde color canela y no mudan las plumas primarias, por lo que éstas presentan un deterioro mayor en relación a los adultos (Page et al. 1972, Prater et al. 1977, O'Hara et al. 2002).

La mayoría de las aves fueron marcadas con anillos de colores tipo Darvic (azul, verde, blanco, rojo y amarillo) resistentes a la luz ultravioleta y un anillo bicolor rojo-amarillo de PVC (A. C. Hughes, Ltd.). En la parte superior de la pata izquierda se colocó el anillo bicolor rojo-amarillo, el cual servirá de referencia de que el ave fue capturada y anillada en México. Solo las aves con sexo determinado fueron "individualizadas" con combinaciones de tres a cuatro anillos colocados en la parte superior (tibia-tarso) e inferior (tarso-metatarso) de las patas. Los individuos indeterminados se "anillaron" con combinaciones que indicaban su edad y zona de captura.

6.1.3. MOVIMIENTOS

La detección de los movimientos entre las zonas se basó en las aves anilladas que volvieron a caer en las redes o que fueron avistadas.

A las aves recapturadas se les tomaron el peso y medidas de la misma forma que en su primer captura. Los avistamientos se realizaron con telescopio (20-60x) en ambos humedales durante los censos quincenales y durante visitas destinadas para este fin. En cada avistamiento se registró la combinación de anillos, la zona, la hora y la actividad del ave.

6.2. ANÁLISIS DE DATOS

Los análisis se realizaron en JMPIN 4.0.4 (SAS 2001) o en STATISTICA 5.0 (StatSoft 1995), con un nivel de significancia al 0.05 en todos los casos. Los efectos significativos de los análisis de varianza fueron analizados con comparaciones múltiples de Tukey para tamaños de muestra desiguales; sin embargo, en algunos casos, los efectos simples fueron ignorados cuando alguna interacción resultó significativa. Cuando fue necesario, tanto en el texto como en los gráficos, se reportan las medias \pm el intervalo de confianza al 95%.

6.2.1. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

Debido a que los dos humedales difieren en área, las abundancias quincenales fueron transformadas a densidades (aves/ha) para realizar los análisis. El área estimada para la Playa es de 194.9 ha (Brabata 2000) y ya que aproximadamente solo la mitad de las dos lagunas cercanas a la planta de tratamiento pueden ser utilizadas por playeros pequeños, el área estimada fue de 5 ha (ver Área de estudio).

Se utilizó la prueba de rangos pareados de Wilcoxon (T) para comparar las densidades quincenales entre sitios dentro de cada temporada.

6.2.2. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN POR SEXO Y CLASE DE EDAD

Para cada mes y sitio, se realizaron pruebas de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (prueba de Cochran) para justificar el uso de estadística paramétrica (Zar 1999). Dado que el número de eventos de captura y de individuos capturados fue variable, realizar las pruebas *a priori* tomando como una muestra a cada evento de captura implicaba, por ejemplo, considerar las proporciones de sexo y edad de días de captura con cinco individuos, iguales a las de días con captura de 30 individuos. En virtud de esto, en los datos de cada mes y sitio, se realizaron 30 submuestreos de tamaño 30. De esta forma se tuvieron 30 proporciones en cada caso, cuyo promedio fue igual a la muestra de la cual se obtuvo.

En todos los casos los datos fueron normales ($p > 0.05$) pero las varianzas fueron heterogéneas ($p < 0.05$). Sin embargo, el estadístico F es lo suficientemente robusto para permitir desviaciones de la homocedasticidad (Lindman 1974 en Statsoft 1995).

En función de lo anterior, se realizaron análisis de varianza de dos vías (sitio y mes), para comparar la estructura de la población por sexo y clase de edad, y la estructura de la población por edad para cada sexo.

6.2.3. MORFOMETRÍA

En este análisis se utilizaron las medidas de culmen y tarso, ya que la longitud del ala puede variar con el desgaste de las plumas primarias o la muda de éstas. Además, debido al dimorfismo sexual de *C. mauri* (Wilson 1994), los machos y hembras se analizaron por separado.

Los datos fueron normales y homocedásticos ($p > 0.05$), por lo que se realizó un análisis de varianza de tres vías (sitio, temporada y edad).

Aunque el uso de medidas univariadas (v. gr. culmen) es común para describir y comparar la morfología de las aves, tales variables pueden no ser representativas del tamaño corporal (Freeman y Jackson 1990). En este contexto, se realizó un análisis de componentes principales para crear un índice del tamaño estructural basado en las longitudes del culmen y tarso. Los eigenvectores del primer componente principal (CP1) mostraron cargas positivas, y éste fue interpretado como un índice del tamaño (Piersma y Davidson 1991). El CP1 explicó el 66.4% y el 73.4% de la variación de las medidas de machos y hembras, respectivamente.

Con los valores del CP1 se realizó un análisis de varianza de tres vías (sitio, temporada y edad) para comparar el tamaño de los individuos.

6.2.4. ANÁLISIS DEL PESO

Debido a que el peso de los individuos puede estar influenciado por su tamaño, se realizó un análisis para determinar si se podía utilizar el peso bruto (obtenido en las capturas) o se requería el peso estandarizado por alguna medida de tamaño. Dicho peso estandarizado, generalmente se refiere a la condición corporal relativa a la cantidad de grasa u otras reservas de energía (Green 2001).

Los resultados mostraron que el tamaño sólo explica el 4% y el 10% del peso de los machos y hembras, respectivamente (ver Anexo 1), por lo que se decidió utilizar el peso bruto. El peso fue comparado mediante un análisis de varianza de tres vías (sitio, temporada y edad).

6.2.5. MOVIMIENTOS

Las recapturas y avistamientos de machos y hembras fueron analizadas por separado. Se utilizó una χ^2 para comparar dentro de cada temporada si la proporción marcada por clases de edad en un determinado sitio, era homogénea con la proporción de individuos de ese sitio pero avistados o recapturados en el sitio opuesto. En todos los casos se usaron tablas de contingencia 2 x 2, por lo que se utilizó la versión exacta de Fisher para determinar la significancia de la prueba (Zar 1999).

Además, en cada temporada, se calculó un índice para cuantificar de manera relativa la cantidad o probabilidad de movimientos entre y dentro de los sitios, para cada clase de sexo y edad:

$$\text{Índice de movimiento} = (m_{12}/(n_1*n_2))*100$$

donde:

n_1 = número total de individuos marcados en el sitio 1

n_2 = número total de individuos recapturados o avistados en el sitio 2

m_{12} = número de individuos recapturados o avistados en el sitio 2 y que fueron marcados en el sitio 1.

Básicamente, este índice es el inverso del índice de captura-recaptura de Petersen y ha sido utilizado para determinar la tasa de intercambio de ballenas jorobadas entre regiones (Urbán et al. 2000); con algunas modificaciones, también ha sido aplicado para evaluar los movimientos de aves playeras anilladas (Rehfish et al. 1996). Un valor alto de este índice puede ser resultado de que el tamaño de la población presente sea pequeño o de que exista una alta probabilidad de movimiento, mientras que un valor bajo reflejará una baja probabilidad de recaptura o avistamiento, debidas a que el tamaño de la población

es grande o a que el movimiento de individuos entre los dos sitios es poco probable. Es de notarse que cuando los avistamientos y recapturas en un determinado sitio son de individuos que fueron anillados en éste, el índice provee de una medida comparable al calculado para los movimientos entre sitios.

6.2.6. RESTRICCIONES EN LOS ANÁLISIS

Los individuos indeterminados fueron excluidos de todos los análisis que involucraron el sexo.

La comparación mensual de la estructura de la población sólo se realizó para el período en que las aves estuvieron presentes en ambos sitios. De esta forma, la información generada durante parte de la temporada invernal y en la migración al norte no fue analizada estadísticamente, pero es presentada por su relevancia en los alcances de este trabajo.

La morfometría y el peso se analizaron por temporada debido a que los diseños de análisis mensuales fueron incompletos por la ausencia de individuos de alguna clase de edad en ciertos meses. Al igual que en la estructura de la población, en estos análisis sólo se considera una parte de la información.

El análisis de los movimientos también está restringido al periodo en que las aves estuvieron presentes en los dos sitios. Además, cabe señalar que el efecto del nivel de marea en el movimiento de los individuos no fue considerado.

7. RESULTADOS

7.1. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

En la Playa, en los meses de la migración al sur (agosto-octubre), la abundancia de *Calidris mauri* se mantuvo relativamente estable por debajo de los 2500 individuos (figura 2). Durante el invierno se alcanzó un máximo de 10400 aves en la segunda quincena de diciembre, para disminuir en el mes de enero a abundancias cercanas a los 6000 individuos. En febrero se observó otro incremento en el número de aves, para finalmente disminuir hacia el inicio de la migración al norte (marzo).

En las Lagunas de Oxidación la abundancia de *C. mauri* fue muy variable para cada quincena de un mes determinado (figura 2). Durante la migración al sur, se registró un máximo de 679 individuos en la primer quincena de octubre. Los números descendieron hacia principios de la temporada invernal y prácticamente dejaron de ser utilizadas desde mediados del invierno (diciembre). Algunos individuos de *C. mauri* estuvieron presentes en marzo y abril, aunque no se registraron abundancias mayores a 60 organismos (figura 2).

La comparación entre humedales, en cuanto al número de aves por hectárea, mostró que las Lagunas de Oxidación fueron el sitio con la mayor densidad de *C. mauri* durante la migración al sur ($T = 10.5$, g.l. = 5, $p = 0.03$; figura 3). En contraste, en la temporada invernal, la Playa fue el sitio con la mayor densidad de individuos (figura 3; $T = -18$, g.l. = 7, $p = 0.008$). Durante marzo y abril (migración al norte), no se encontraron diferencias en la densidad registrada en cada sitio ($T = -5$, g.l. = 3, $p = 0.10$), aunque la Playa concentró un mayor número de aves por hectárea (figura 3).

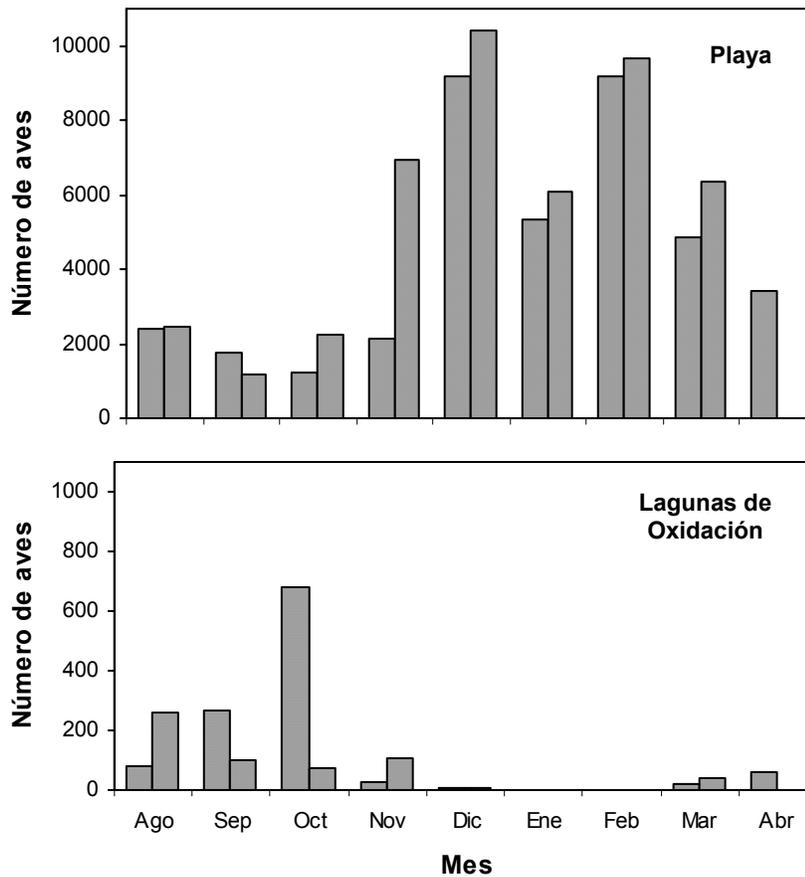


Figura 2. Abundancia y distribución temporal de *Calidris mauri* en los dos humedales en 2001-2002. Las barras representan la primer y segunda quincena de cada mes. Nótese que las escalas son diferentes.

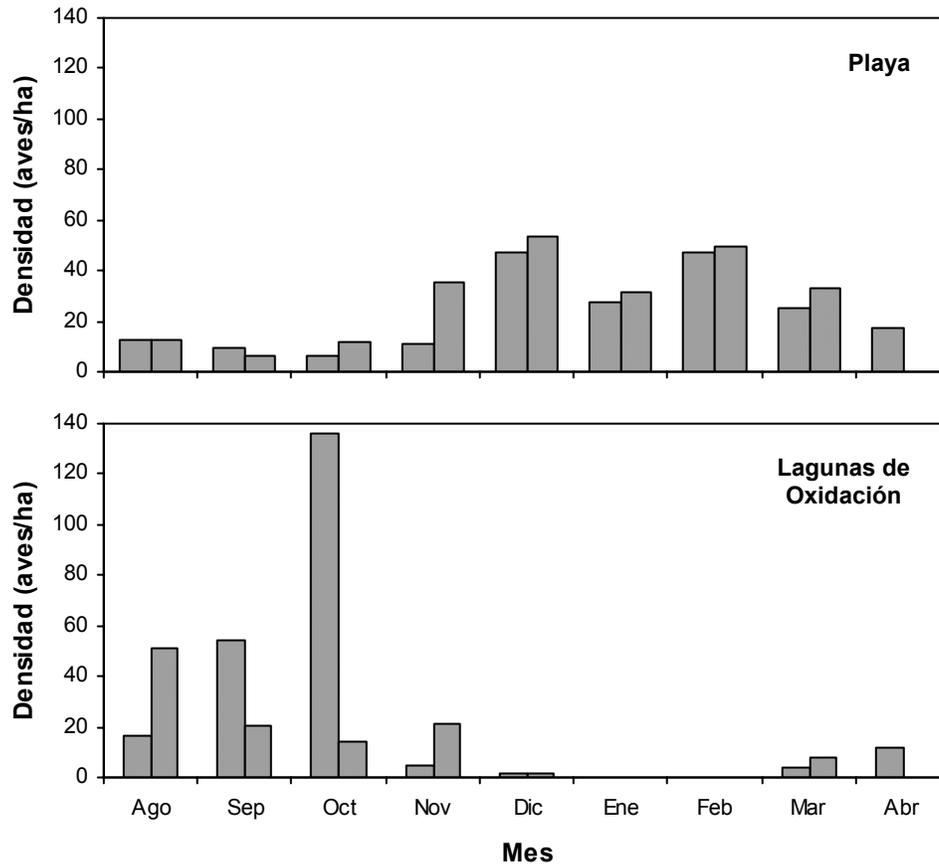


Figura 3. Densidad de *C. mauri* en los dos humedales en 2001-2002.

7.2. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN

7.2.1. CAPTURAS

El número total de individuos capturados de *C. mauri* durante 2001-2002 fue de 1145 (tabla I) y solo al 3.1% no se les pudo determinar el sexo. Se capturaron 648 y 497 organismos en las Lagunas de Oxidación y la Playa, respectivamente (tabla II). Se individualizaron a 856 aves, 26 fueron anilladas (no individualizadas), 246 no anilladas y 17 organismos fueron sacrificados para otros estudios (tabla III).

Tabla I. Captura total de *Calidris mauri* en la Ensenada de La Paz en 2001-2002 (* relación macho a hembra sin considerar a los indeterminados; ** relación juvenil a adulto).

Machos		Hembras		Indeterminados		Total
Adultos	juveniles	Adultos	Juveniles	Adultos	Juveniles	
389	402	131	188	16	19	1145
(34%)	(35.1%)	(11.4%)	(16.4%)	(1.4%)	(1.7%)	

* 2.5MA: 1HE
** 1.1JU: 1AD

Tabla II. Captura total por humedal, sexo y edad de *Calidris mauri* en 2001-2002.

Humedal	Machos		Hembras		Indeterminados	
	Adultos	Juveniles	Adultos	Juveniles	Adultos	Juveniles
Lagunas de Oxidación	170 (26%)	243 (38%)	70 (11%)	143 (22%)	8 (1%)	14 (2%)
Playa	219 (44%)	159 (32%)	61 (12%)	45 (9%)	8 (2%)	5 (1%)

Tabla III. Estatus de los individuos capturados de *C. mauri* por humedal, edad y sexo en 2001-2002 (MA: machos; HE: hembras; IN: indeterminados).

Estatus	N	Playa						Lagunas de Oxidación					
		Adultos			Juveniles			Adultos			Juveniles		
		MA	HE	IN	MA	HE	IN	MA	HE	IN	MA	HE	IN
Individualizados	856	207	58	-	149	44	-	93	51	-	153	101	-
Anillados	26	-	-	6	-	-	5	-	-	7	-	-	8
No anillados	246	8	1		5	1		74	19	1	89	42	6
Sacrificados	17	4	2	2	5	0	0	3	0	0	1	0	0

7.2.2. SEXO

La proporción de machos fue mayor en la Playa que en las Lagunas de Oxidación, ya que la relación macho:hembra fue de 3.5:1 y de 1.8:1, respectivamente (figura 4; $F_{1, 999} = 10.6$, $p = 0.001$).

En la figura 5 se observa que la proporción mensual de machos en la Playa fluctuó poco (entre 0.7 y 0.8) durante la migración al sur, invernación e inicio de la migración al norte. De la misma forma, cuando las Lagunas de Oxidación fueron

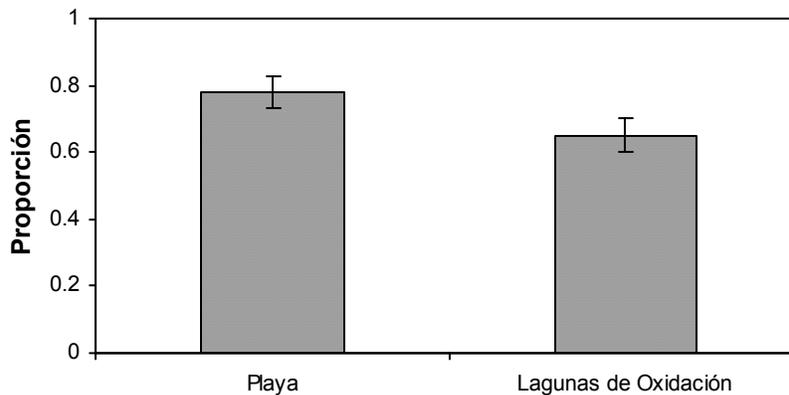


Figura 4. Proporción de machos en los dos humedales.

utilizadas, la proporción de machos se mantuvo constante entre 0.6 y 0.7 (figura 5). Si bien los machos fueron relativamente menos abundantes en la Lagunas de Oxidación que en la Playa, no existieron diferencias significativas en la estructura de la población a través de los meses ($F_{4, 999} = 1.1$, $p = 0.34$) o por la interacción sitio x mes ($F_{4, 999} = 0.71$, $p = 0.58$).

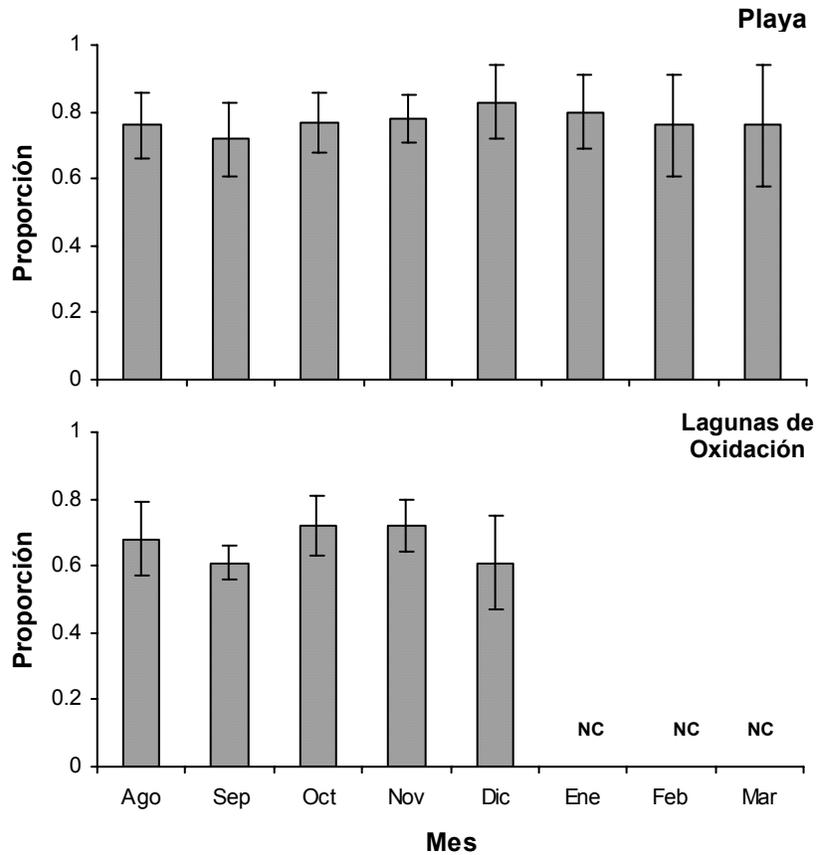


Figura 5. Proporción mensual de machos en los dos humedales durante el periodo de estudio. NC: no captura.

7.2.3. EDAD

La estructura de la población por clase de edad fue diferente con respecto al sitio de captura, pues en la Playa la proporción de adultos fue mayor (PL: 0.62 ± 0.04 ; LO: 0.38 ± 0.04 ; $F_{1, 1032} = 69.9$, $p < 0.0001$).

En la figura 6 se observa que la proporción por clase de edad varió en función del mes de captura. A inicios de la migración al sur (agosto), se presentó la mayor proporción de adultos, la cual disminuyó considerablemente hacia finales de ese período. Con excepción de febrero, la relación adulto:juvenil se mantuvo

alrededor de 1:1 durante el invierno e inicio de la migración al norte (figura 6; $F_{4, 1032} = 60.1, p < 0.0001$).

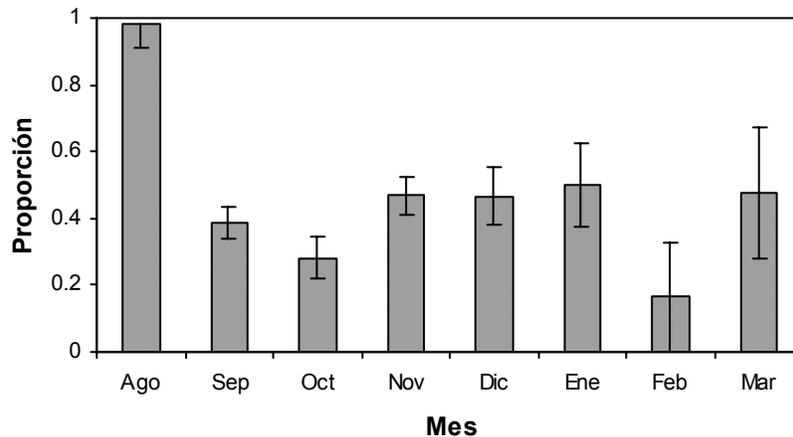


Figura 6. Proporción mensual de adultos en la Ensenada de La Paz.

En los dos humedales la proporción de adultos disminuyó conforme avanzaba la temporada de migración al sur (figura 7). No obstante, en la Playa la proporción de adultos tuvo un repunte hacia los meses de la temporada invernal, mientras que en las Lagunas de Oxidación se hizo evidente la presencia de una alta proporción de juveniles (figura 7; $F_{4, 1032} = 21.6, p < 0.0001$). De acuerdo a lo anterior, el análisis *a posteriori* (tabla IV) mostró que en ambos sitios, los adultos fueron más abundantes a inicios de la migración al sur (agosto) y disminuyeron su importancia en septiembre y octubre. Sin embargo, en la primera parte del invierno (noviembre y diciembre), la proporción de adultos en la Playa fue mayor que en las Lagunas de Oxidación (figura 7, tabla IV).

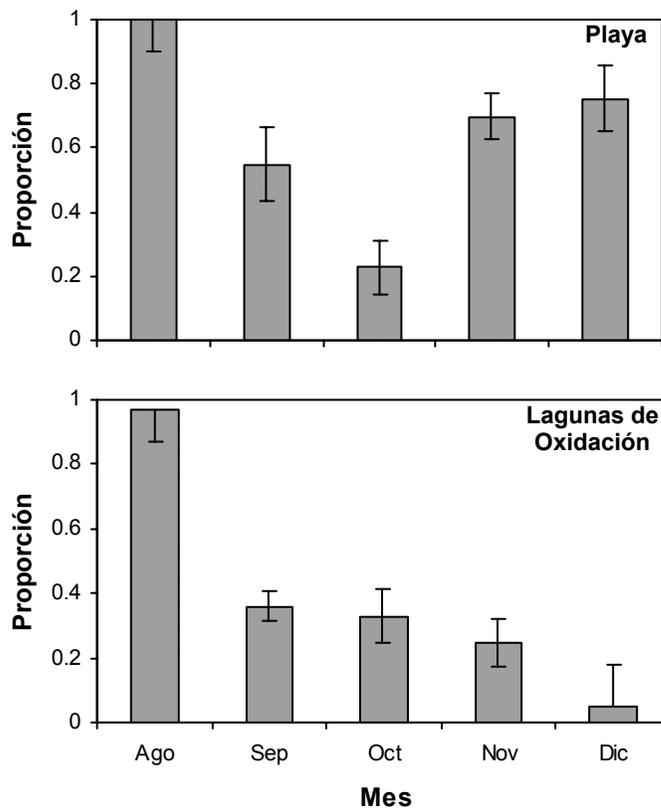


Figura 7. Proporción mensual de adultos en cada humedal.

Tabla IV. Formación de grupos de medias a partir de la interacción sitio y mes (comparaciones múltiples de Tukey).

Sitio x mes	Grupos Homogéneos		
Playa Agosto	X		
Lagunas Agosto	X		
Playa Diciembre	X	X	
Playa Noviembre		X	
Playa Septiembre		X	
Lagunas Septiembre		X	X
Lagunas Octubre		X	X
Lagunas Noviembre			X
Playa Octubre		X	X
Lagunas Diciembre			X

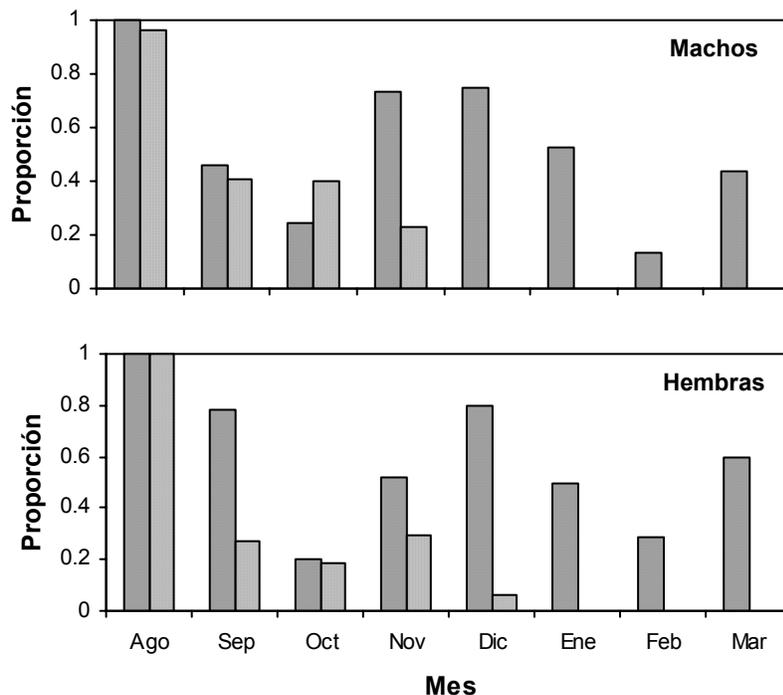


Figura 8. Proporción de machos y hembras adultos en cada sitio. ■ Playa; □ Lagunas de Oxidación.

Las mayores proporciones de los machos y hembras adultos (figura 8) ocurrieron en los dos humedales durante agosto. En septiembre, la proporción de hembras adultas en la Playa fue mayor que en las Lagunas de Oxidación, mientras que la proporción de machos fue muy similar en ambos humedales. En octubre se observó una alta proporción (alrededor del 80%) de machos juveniles en la Playa y de hembras juveniles en los dos humedales. Durante noviembre y diciembre los adultos de ambos sexos fueron más abundantes en la Playa. De esta forma, la variación mensual en las proporciones de edad durante el período en que *C. mauri* estuvo presente en ambos sitios, fue muy similar y significativa, tanto en los machos (sitio x mes: $F_{4, 702} = 20.3$, $p < 0.0001$) como en las hembras (sitio x mes: $F_{4, 287} = 5.24$, $p = 0.0004$), al igual que el patrón observado sin

considerar el sexo de los individuos (figura 7, tabla IV). Finalmente, durante enero y marzo los adultos y juveniles de ambos sexos ocurrieron en proporciones semejantes, pero en febrero fue evidente una baja proporción de machos adultos con respecto a las hembras adultas (figura 8).

7.3. MORFOMETRÍA

La longitud del culmen de los machos varió poco entre clases de edad y temporadas (figura 9). No obstante, se encontraron diferencias por el efecto sitio x estación x edad ($F_{1, 704} = 5.6$, $p = 0.01$; Anexo 2). El análisis *a posteriori* sólo evidenció que los adultos de la Playa en invierno, tuvieron picos significativamente más largos que los juveniles de las Lagunas de Oxidación durante la migración al sur e invierno ($p < 0.03$, en ambos casos; figura 9).

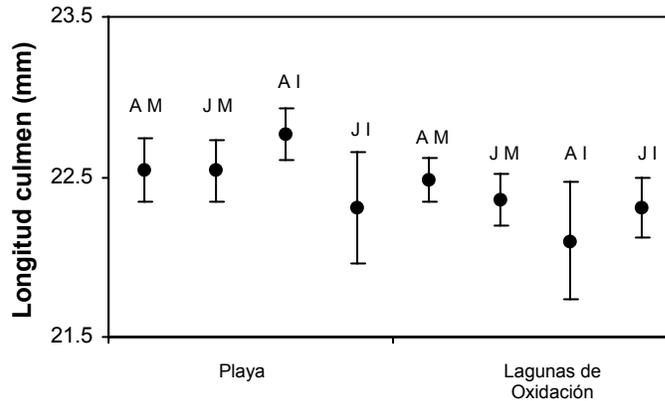


Figura 9. Longitud del culmen de los machos en los dos humedales. A:adultos, J:juveniles, M: migración al sur, I: invierno.

Por otro lado, ningún efecto fue significativo en cuanto a los análisis de la longitud del tarso y el índice de tamaño estructural (valores del CP1) de los machos ($p > 0.05$; Anexo 2).

En cuanto a las hembras, los análisis de la longitud del culmen y el índice de tamaño tampoco mostraron diferencias para los efectos sitio, estación, edad o interacciones ($p > 0.05$; Anexo 2).

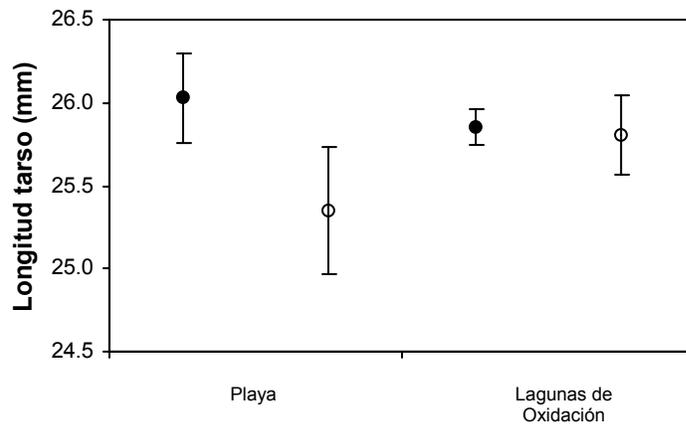


Figura 10. Longitud del tarso de las hembras. Círculos rellenos para la migración al sur, vacíos para el invierno.

Sin embargo, la longitud del tarso si fue diferente con respecto a la interacción sitio x estación ($F_{1, 289} = 6.6, p = 0.01$; Anexo 2), ya que sólo en la Playa las hembras tuvieron tarsos significativamente más grandes durante la migración al sur que durante el invierno (comparaciones múltiples de Tukey, $p = 0.04$; figura 10).

7.4. ANÁLISIS DEL PESO

El peso de los machos y hembras fue mayor durante la migración al sur, sin embargo, las diferencias entre temporadas fueron mayores en los adultos que en los juveniles (figura 11). Tales diferencias fueron significativas por la interacción estación x edad (machos: $F_{1, 703} = 6.0$, $p = 0.01$; hembras: $F_{1, 289} = 7.9$, $p = 0.005$; Anexo 2). El análisis *a posteriori* mostró que en ambos sexos el patrón fue similar, los adultos durante la migración al sur fueron significativamente más pesados que los juveniles de esa misma temporada ($p < 0.01$) y que los adultos y juveniles del invierno ($p < 0.0001$); el peso de los juveniles durante la migración al sur también

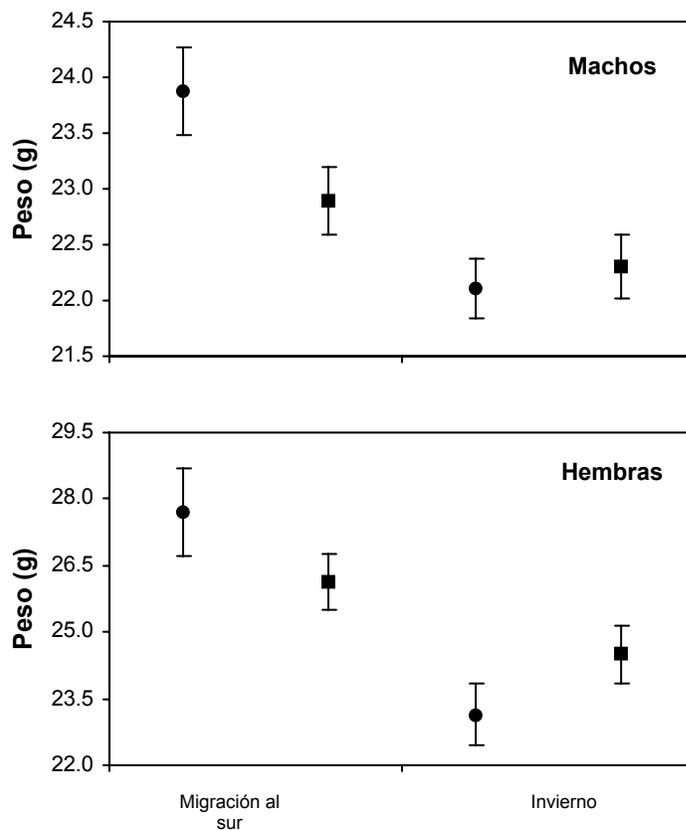


Figura 11. Peso de los machos y hembras en las dos temporadas; círculos para adultos, cuadrados para juveniles.

difirió significativamente ($p < 0.04$, en los dos casos) de los de invierno en ambas clases de edad. Durante el invierno, las hembras juveniles fueron significativamente más pesadas que las adultas ($p = 0.04$); en los machos no existieron diferencias significativas entre clases de edad, pero los juveniles tendieron a pesar más (figura 11).

7.5. MOVIMIENTOS

Se avistaron un total de 249 individuos durante el período en que *C. mauri* estuvo presente en ambos humedales. Menos del 20% fueron aves avistadas dos o más veces, por lo que se decidió trabajar solamente con los individuos avistados una sola ocasión. Las recapturas consistieron de 52 individuos en total, todos recapturados una sola vez. En la tabla V se muestran el número de avistamientos y recapturas para cada clase de sexo y edad en los dos sitios.

Tabla V. Número de individuos avistados y recapturados en ambos humedales. MS: migración al sur; INV: invierno.

			Humedal							
			Playa (PL)				Lagunas de Oxidación (LO)			
			Avistamientos		Recapturas		Avistamientos		Recapturas	
			Adultos	Juveniles	Adultos	Juveniles	Adultos	Juveniles	Adultos	Juveniles
Machos	PL	MS	10	4	1	3	2	1	1	4
		INV	24	7	0	0	0	0	0	2
	LO	MS	16	6	3	1	0	3	4	12
		INV	1	15	0	1	0	8	0	6
Hembras	PL	MS	3	3	0	1	0	0	1	0
		INV	2	2	0	0	0	1	0	0
	LO	MS	4	5	1	0	0	0	1	8
		INV	0	6	0	1	0	1	0	1

7.5.1. MIGRACIÓN AL SUR

En la tabla VI se resumen las pruebas realizadas para comparar si la proporción de adultos y juveniles marcados en un sitio, difería con la proporción de éstos pero avistados o recapturados en el sitio opuesto. En base a los avistamientos, el número de machos adultos que se movió de las Lagunas de Oxidación a la Playa fue significativamente mayor que el de juveniles (tabla VI). El resto de las pruebas indican que en función del número de individuos marcados en cada sitio, el movimiento entre éstos fue homogéneo por clases de edad.

Tabla VI. Resultados de las pruebas de contingencia χ^2 . * denota diferencias significativas. NA: no se realizaron análisis por tamaños de muestra muy bajos o nulos.

	Dirección del movimiento							
	PL → LO				LO → PL			
	Avistamientos		Recapturas		Avistamientos		Recapturas	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Migración al sur	$\chi^2 = 0.22$ $p > 0.90$	NA	$\chi^2 = 2.09$ $P = 0.19$	NA	$\chi^2 = 3.59$ $p = 0.05^*$	$\chi^2 = 0.04$ $p > 0.90$	$\chi^2 = 0.88$ $p = 0.62$	NA
Invernación	NA	NA	NA	NA	$\chi^2 = 0.55$ $p = 0.68$	$\chi^2 = 0.71$ $p > 0.90$	NA	NA

Por otra parte, de acuerdo a los índices de movimiento obtenidos a partir de los avistamientos, se observó una tendencia en los machos y hembras adultos a moverse más que los juveniles de las Lagunas de Oxidación a la Playa, así como de la Playa a las Lagunas de Oxidación (figuras 12a, b y 13a). Lo anterior concuerda con un mayor número de juveniles que permanecen en las Lagunas de Oxidación y en la Playa (figuras 12b y 13a).

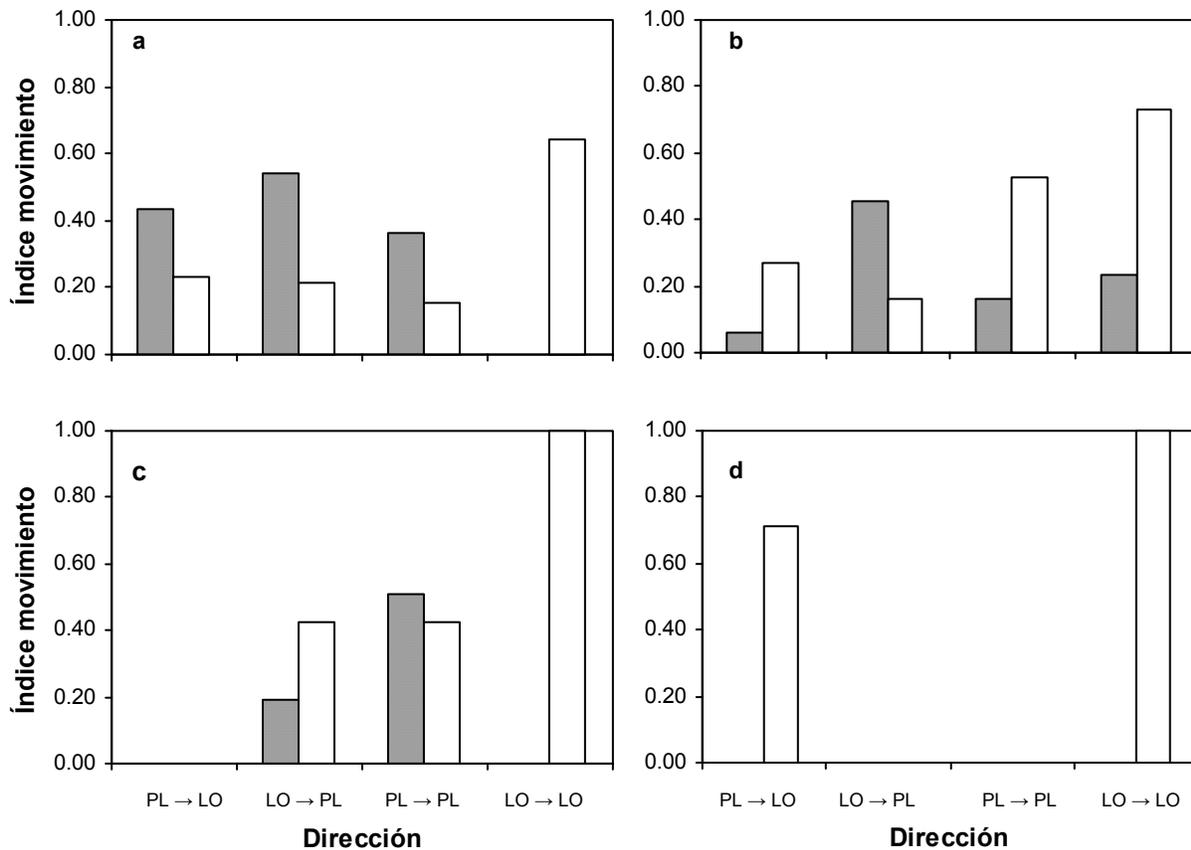


Figura 12. Índice de movimiento para los machos mediante avistamientos (a y c) y recapturas (b y d). Arriba: migración al sur, abajo: invernación. ■ Adultos, □ Juveniles.

7.5.2. INVERNACIÓN

Durante esta temporada el número de avistamientos y recapturas fue menor que en la migración al sur (tabla V), lo que impidió realizar análisis estadísticos en la mayoría de los casos (tabla VI).

Sólo se registraron movimientos de la Playa a las Lagunas de Oxidación por parte de machos juveniles (figura 12d). Aunado a esto, los adultos en la Playa tuvieron una tendencia ligeramente mayor que los juveniles a permanecer en este humedal (figura 12c). En los machos y hembras, la proporción de adultos y juveniles capturados en las Lagunas de Oxidación, fue homogénea con la proporción en que fueron avistados en la Playa (tabla VI). El valor del índice de

movimiento de las Lagunas de Oxidación a la Playa fue más alto en los juveniles que en los adultos. Sin embargo, al analizar los resultados de aves marcadas en las Lagunas de Oxidación (avistadas o recapturadas) en el mismo sitio, los juveniles también mostraron una fuerte tendencia a permanecer en éstas (figura 12c, d y 13b).

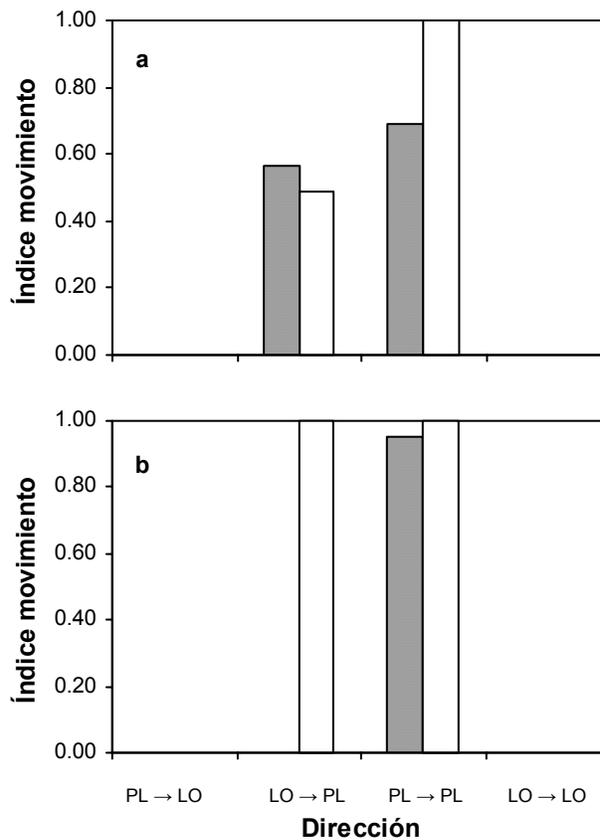


Figura 13. Índice de movimiento para las hembras mediante avistamientos. (a) migración al sur, (b) invernación. ■ Adultos, □ Juveniles.

8. DISCUSIÓN

8.1. ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

La abundancia de *Calidris mauri* en la Playa durante la migración al sur, se mantuvo relativamente estable y con números bajos (menos de 2500 aves; figura 2), similar a lo registrado en estudios anteriores (Fernández et al. 1998, Brabata 2000). Debido a que los censos pueden subestimar el uso de una zona, particularmente durante los movimientos migratorios, las abundancias durante estos períodos deben ser consideradas como mínimas, en tanto no se conozcan las tasas de recambio (Fernández et al. 1998). Es decir, además de determinar el número de aves presentes en un momento dado, es necesario estimar el tiempo que permanecen en la zona.

Durante lo que ha sido considerado como el período de invernación (noviembre- febrero), Brabata (2000) en 1996-1997, registró abundancias de poco más de 2000 individuos a principios de invierno (noviembre y diciembre), un incremento notorio hasta 9000 aves en la primera quincena de enero, y abundancias alrededor de 3000 para febrero. Ella explica el gran incremento en enero como resultado de los movimientos migratorios hacia el sur a lo largo de la Península de Baja California: en octubre y noviembre se registran los mayores números de *C. mauri* en el Estero de Punta Banda, B.C., mismos que disminuyen en diciembre (Buenrostro 1996), cuando en la Salinera de Guerrero Negro se observa la mayor abundancia (Danemann et al. 2002); ésta a su vez disminuye hacia enero y ocasiona el incremento que observó en la Ensenada de La Paz. Esto mismo puede explicar el alto número de individuos observados hacia finales

de noviembre y durante diciembre (figura 2), como ocurrió en 1992-1993 (Fernández et al. 1998).

No obstante, del tamaño de la población estimada en diciembre (aproximadamente 10,000 aves), en enero se registró un descenso aproximado del 40%, mientras que volvió a aumentar hacia febrero en la misma proporción (figura 2). Estudios realizados durante 21 años en la Laguna Bolinas, California, han revelado que durante la temporada invernal la población de *Calidris alpina* puede decrecer en más del 50% (Warnock 1994), debido a que abandonan el área costera hacia humedales interiores y tierras de cultivo, por condiciones ambientales adversas como frío extremo, lluvias y vientos fuertes que afectan la disponibilidad del alimento (Evans 1976). No se cuenta con información al respecto de condiciones climáticas adversas o fuera de lo común, durante diciembre de 2001 y enero de 2002 para la Ensenada de La Paz, pero se sabe que en estos meses, los vientos predominantes (noroestes) son fuertes y fríos (García y Mosiño 1968). Por otra parte, también se ha reportado que en un solo año, las aves rapaces pueden disminuir las poblaciones de *C. alpina* hasta en un 34% (Page y Whitacre 1975). Aunque en la Playa se ha registrado la presencia y ataques por parte de halcones como *Falco mexicanus*, *F. columbarius* y *F. peregrinus* (Brabata 2000, obs. pers.), no se ha estimado el efecto de las aves rapaces sobre la población de *C. mauri* en esta zona.

Otra explicación al descenso de la población en enero, no necesariamente excluyente de las anteriores, es la posibilidad de que algunos individuos continúen la migración hacia otras regiones fuera de la Península de Baja California. Esta suposición la apoya el hecho de que un macho adulto, anillado a principios de

agosto, fue avistado el 8 de diciembre en la Playa y el 12 de enero de 2002 se observó en San Blas, Nayarit. Es decir, aparentemente aún en diciembre ocurrieron movimientos hacia el sur.

Por otra parte, aunque febrero es considerado como parte de la temporada invernal (Wilson 1994) o como un mes de preparación pre-migratoria, es probable que el incremento observado sea resultado de individuos que no invernaron en el área y que estén de paso debido al período de migración al norte. Es necesario señalar que los conteos se realizaron en la última semana de ese mes, lo cual apoya el planteamiento de que los movimientos hacia el norte pueden comenzar tan temprano como febrero en latitudes tropicales (Delgado y Butler 1993) e inclusive norteñas (Fernández et al. 2001).

La migración al norte fue evidente en marzo y abril (figura 2) y al igual que en estudios anteriores para la zona (Fernández et al. 1998, Brabata 2000) y otros sitios (Recher 1966, Butler et al. 1987, Page et al. 1992, Danemann et al. 2002) fue más corta que la migración de otoño. Se ha planteado que este comportamiento, común en todas las especies de playeros neárticos, está en función de los factores ambientales en las regiones norteñas (tormentas, bajas temperaturas) y sociales (las altas abundancias de muchas especies que coinciden en sitios específicos pueden incrementar conductas como la agresión) que reducen la eficiencia de alimentación durante esta etapa (Recher y Recher 1969, Burger et al. 1979); además, la sincronía es determinante pues las condiciones adecuadas para la reproducción ocurren en un intervalo de tiempo muy corto (O'Reilly y Wingfield 1995).

Es de resaltar que las abundancias en marzo y abril, estuvieron muy por arriba de las registradas durante la migración al sur (figura 2), lo cual coincide con lo registrado por Fernández (1996) en el Estero de Punta Banda, pero contrario a lo reportado en otros estudios en los humedales peninsulares (Buenrostro 1996, Fernández et al. 1998, Brabata 2000, Danemann et al. 2002), donde el paso migratorio hacia el norte siempre ha sido de menor importancia. En función de lo anterior, Carmona et al. (1999), plantean que las aves que invernaron en regiones más sureñas (fuera de la Península de Baja California) “evitan” el salto que supone el Golfo de California y migran por las costas de Sonora y Sinaloa, donde existen extensas zonas de humedales que soportan hasta 850,000 individuos de *C. mauri* durante la migración al norte (Mellink et al. 1997, Engilis et al. 1998). Dicho planteamiento, no necesariamente tendría que ser cierto en todos los años. En humedales de las costas de California, Columbia Británica y Alaska se han reportado variaciones interanuales en los picos de abundancia durante esta temporada, lo cual sugiere que en cada año, las aves no usan el Corredor Migratorio del Pacífico de la misma forma (Iverson et al. 1996). Otro hecho que apoya lo anterior fue el avistamiento a finales de marzo (donde se registró un ligero repunte de la abundancia; figura 2) del individuo reportado en Nayarit, y de un individuo con “banderas” plásticas, probablemente capturado en Panamá (Butler et al. 1996).

En cuanto a las Lagunas de Oxidación, la abundancia quincenal varió sin mostrar un patrón definido (figura 2) como fue reportado por Zamora-Orozco (2001). En cierta medida, la presencia y variación en el número de individuos que usan este humedal ha sido atribuida al efecto del nivel de marea en el humedal

costero (Playa), al menos durante los meses de migración al sur (Carmona et al. 2003). Estudios similares en otros sitios han determinado que el nivel de marea es un factor importante en la distribución de las aves playeras (Colwell y Sundeen 2000) por la influencia que ejerce en el área disponible para la alimentación y descanso (Warnock y Takekawa 1995, Scheiffarth et al. 1996), humectación del sustrato y actividad de las presas (Evans 1976, Burger et al. 1977, Nehls y Tiedemann 1993, Yates et al. 1993).

También fue evidente que la presencia de *C. mauri* en las Lagunas de Oxidación estuvo asociada a los meses de migración, particularmente durante los movimientos al sur, cuando se registraron las mayores abundancias (figura 2). Aunado a lo anterior, la mayor densidad de individuos ocurrió en las Lagunas de Oxidación durante la migración al sur, y durante la invernación en la Playa (figura 3). Este patrón de uso temporal ha sido recurrente por al menos durante tres años (Zamora-Orozco 2001, R. Carmona datos no publicados) y puede ser resultado de uno o varios factores que, probablemente, actúen en conjunto: 1) la migración es un proceso altamente costoso en términos energéticos (Lindström 1991, Butler et al. 1997), por lo que muchos playeros usan sitios de alimentación alternos para satisfacer esta demanda (Davidson y Evans 1986, Masero et al. 2000, Múrias et al. 2002). 2) Las mareas en la Ensenada de La Paz son de menor amplitud durante los meses de migración al sur (Grivel y Grivel 1991), lo cual se refleja en una menor área disponible para la alimentación. En este punto cabe añadir que, no obstante las diferencias, éstas deben ser tomadas con cautela, dado que las densidades fueron calculadas con un área constante. 3) La producción de alimento en las Lagunas de Oxidación puede ser mayor o estar restringida a los

meses de migración al sur, aunque la variación estacional en el tipo de tratamiento y flujo del agua, también podrían influir en los ciclos de reproducción de las presas y/o en el hábitat disponible para la alimentación; no obstante, se sabe que el tratamiento siempre es realizado a base de bacterias y el nivel del agua se mantiene casi constante en todo el año (A. Solano com. pers., “Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de La Paz”). 4) Las Lagunas de Oxidación pueden ser menos “benéficas” durante el invierno, en términos de presas disponibles, competencia y riesgo de depredación (Lima y Dill 1990, Grand y Dill 1999, Grand 2002).

8.2. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN

Las poblaciones de aves a menudo exhiben patrones de migración complejos que involucran a las clases de sexo y edad, en cuanto a la sincronía de los movimientos, o en la distribución geográfica durante la temporada no reproductiva (Myers 1981, Ketterson y Nolan 1983).

Durante la migración al sur, los adultos de *C. mauri* abandonan las áreas reproductivas un mes antes que los juveniles. De ellos, son las hembras el primer grupo en salir, al menos una semana antes que los machos (Holmes 1972). Por otra parte, en la migración al norte, debido a que los machos establecen territorios para anidar, arriban primero que las hembras a las zonas de reproducción (Holmes 1972). De lo anterior se deriva que, conforme avanzan las temporadas de migración en las diferentes zonas de paso, las clases de sexo y edad pueden ser detectadas de acuerdo a las cronologías de salida y de llegada a las zonas de reproducción, en la migración hacia el sur y norte, respectivamente.

Similar a lo reportado por Brabata (2000) durante la migración al sur, el paso de las hembras no fue evidente en el área de estudio (figura 5). Es probable que el pico de abundancia de hembras se presente en julio, de acuerdo a la cronología migratoria que ha sido observada en la Columbia Británica y California (Page et al. 1972, Butler et al. 1987), o a que utilicen otra ruta de migración. Además, los adultos predominaron al inicio de la migración al sur (Page et al. 1972, Butler et al. 1987) y disminuyeron su importancia conforme avanzó esta temporada (figura 6). Este patrón fue notorio en ambos humedales, independientemente del sexo de los individuos (figuras 7 y 8).

Al considerar por separado las proporciones por sexo (figura 5) y clase de edad (figura 6) durante la migración al norte, se observó que éstas no difirieron de las proporciones observadas durante el invierno (excepto en el mes de febrero, donde la proporción de adultos fue menor al 20%). Esto puede indicar que el arribo de aves a la Península de Baja California, en la migración al norte, es poco o nulo (Carmona et al. 1999). Sin embargo, otra explicación surge al observar la baja proporción de adultos en febrero (aunque el tamaño de muestra fue de 30 individuos), particularmente la de machos (figura 8), que probablemente se deba a la llegada de juveniles que no invernaron en el área; o bien, a la salida anticipada de adultos hacia las zonas de reproducción. El incremento en el número de individuos en febrero (figura 2) apoya la primera idea, pero la proporción observada proviene de capturas realizadas a inicios de febrero y los conteos se realizaron a finales de ese mes. El pico de abundancia de febrero y el ligero repunte hacia finales de marzo, tal vez influyó en la relación adulto: juvenil observada en este último mes, aunque en mucho menor medida que en febrero, los adultos fueron menos abundantes en marzo (figura 8).

De esta forma, parece más probable que los machos adultos hayan abandonado primero el área de estudio, en función de que en el Estero de Punta Banda los individuos más viejos tienden a salir antes (Fernández et al. 2001) y son éstos los primeros en detectarse en latitudes norteñas (Senner et al. 1981, Butler et al. 1987) y en llegar a las zonas de reproducción (Holmes 1972). No obstante, se requiere información al respecto de las fechas de salida de los individuos invernantes en la Ensenada de La Paz, para clarificar estas observaciones.

Al igual que en los períodos de migración, la proporción de machos en el invierno fue mayor que la de hembras (figura 5). Esto se relaciona con el patrón de segregación latitudinal que ocurre en esta especie, donde los machos son más abundantes en la parte norte de la distribución invernal (Page et al. 1972, Buenrostro 1996, Brabata 2000) mientras que las hembras son más abundantes al sur (Page et al. 1972, Harrington y Haase 1994, Naranjo et al. 1994). Myers (1981) plantea tres hipótesis para explicar por qué los machos y hembras de una misma población exhiben diferencias en su distribución invernal: 1) la competencia por recursos obliga al sexo subordinado a invernar más al sur; 2) los individuos de un sexo, generalmente los machos, obtienen ventaja al invernar al norte de la distribución porque la selección sexual favorece a los que llegan primero a las áreas de reproducción y 3) las diferencias fisiológicas relacionadas al tamaño corporal, permiten al sexo que tiene la talla más grande tolerar climas severos. *C. mauri* parece comportarse de acuerdo con la segunda hipótesis, aunque Nebel et al. (2002) argumentan que el invernar más al norte tal vez no es un factor importante, si se considera que algunos individuos podrían iniciar la migración al norte mucho antes que otros que invernaron en latitudes más altas (Fernández et al. 2001). Otra alternativa es que la segregación latitudinal esté relacionada con las diferencias en el tamaño del culmen entre machos y hembras, lo cual permite que éstas puedan explotar recursos a mayores profundidades (ya que las temperaturas ambientales se incrementan más cerca del ecuador y pueden afectar la distribución vertical de las presas en el sedimento) y reducir la competencia (Nebel et al. 2002).

Por otra parte, en cuanto a las clases de edad, la relación adulto: juvenil durante el invierno se mantuvo alrededor de 1:1 (figura 6). Dicha relación no es la esperada para la latitud en la que se encuentra la Ensenada de La Paz, según el patrón encontrado por Nebel et al. (2002) durante la temporada invernal, donde en sitios relativamente cercanos (p. ej. Columbia Británica) y lejanos (p. ej. Ecuador) de las áreas de reproducción, las proporciones de juveniles son más altas que las que ocurren en sitios a distancias intermedias (p. ej. Bahía Santa María, Sinaloa). La Ensenada de La Paz y Bahía Santa María se encuentran a la misma latitud, sin embargo, la relación adulto: juvenil en Bahía Santa María es aproximadamente de 4:1 a favor de los adultos (Nebel et al. 2002). En el Estero de Punta Banda, la proporción de edades es similar (Nebel et al. 2002) a la registrada en este trabajo (figura 6). Fernández et al. (2003) sugieren que el Estero de Punta Banda podría estar por debajo de la calidad promedio como sitio de invernación para los machos adultos de *C. mauri*, ya que sus tasas de supervivencia aparente son menores a las de otros sitios, además de que son más propensos a cambiar sus patrones de residencia de invernante a transeúnte (Fernández et al. 2001). De acuerdo a esto, la diferencia en la proporción de edades entre la Ensenada de La Paz y Bahía Santa María, podrían estar relacionadas a la calidad de los hábitats y/o a los requerimientos de cada clase de edad, independientemente de la latitud a la que se encuentre el sitio. Existen dos posibles mecanismos que lograrían esta diferencia (Santa María vs La Paz), uno es la separación, por edades, en la región norteña peninsular y otro es una partida diferencial de los grupos que arriban a las áreas en la migración al sur. Esto es, que en Sinaloa parta hacia el sur una proporción mayor de juveniles en comparación con lo que sucede en La Paz.

En cuanto a la comparación entre humedales, durante el período en que las Lagunas de Oxidación fueron utilizadas, la proporción total de machos fue significativamente mayor en la Playa (figura 4). Esto probablemente se debió al incremento del tamaño de muestra, ya que no existieron diferencias entre los sitios a lo largo del tiempo (figura 5).

Las diferencias más importantes (y estadísticamente significativas) resultaron entre clases de edad, al considerar o no el sexo de los individuos (tabla IV, figuras 7 y 8), ya que los adultos fueron hasta un 80% más abundantes en la Playa que en las Lagunas de Oxidación.

Se han reportado distintos factores o mecanismos que determinan en gran medida que las distintas clases de edad seleccionen un hábitat en particular. La agresión intraespecífica entre adultos y juveniles ha sido considerada como uno de los factores que causan diferencias en el uso del hábitat. Por ejemplo, durante el invierno, los juveniles de varias especies de playeros (*Haematopus ostralegus*, *Arenaria interpres* y *Calidris alpina*), experimentan más interferencias y agresiones mientras se alimentan y son forzados por los adultos a ocupar hábitats de menor calidad (Groves 1978, Goss-Custard y Durell 1987a y b, Warnock 1994). En *C. mauri* las conductas territorialistas ocurren a menudo (Davis y Smith 1998) y los individuos pueden llegar a defender agresivamente sus sitios de alimentación durante varios días (Recher y Recher 1969); particularmente, los machos adultos tienden a ser más agresivos (Becerril 1998). En la Bahía de San Francisco y en el Estero de Punta Banda, se ha determinado que los adultos se distribuyen preferentemente en áreas donde el alimento es más abundante (Warnock y Takekawa 1995, Buenrostro 1996). De acuerdo a lo anterior, si bien en el presente

trabajo no se abordaron aspectos conductuales ni se evaluó la “calidad” de los dos humedales, en la mayoría de las conductas agresivas que se presentaron en la Playa, los agresores fueron adultos (obs. pers.). Además, si consideramos que las planicies lodosas, como las que presenta la Playa, son el hábitat primario de alimentación para *Calidris mauri* (Ashmole 1970, Wilson 1994), es probable que una fracción de los juveniles haya sido relegada a las Lagunas de Oxidación.

Otro factor importante es la experiencia de los individuos para evitar áreas en las que la probabilidad de ser depredados sea mayor; sin embargo, estas áreas a menudo también proveen las tasas más altas de ganancia de energía (Lima y Dill 1990). Generalmente, los adultos tienden a minimizar el riesgo de depredación más que a maximizar sus tasas de alimentación (Cresswell 1994), por lo que evitan áreas con riesgos de depredación elevados (Cresswell y Whitfield 1994, Warnock et al. 1997). El riesgo de un hábitat, además de la abundancia de depredadores potenciales, ha sido atribuido a rasgos fisiográficos como la presencia de árboles o arbustos que reducen la visibilidad de los playeros y que permiten a los depredadores atacar de manera sorpresiva (Metcalf 1984, Cresswell 1996). En este sentido, la menor proporción de adultos en las Lagunas de Oxidación puede relacionarse a un mayor riesgo, ya que están bordeadas por árboles y vegetación acuática en las pequeñas áreas lodosas donde se alimentan las aves. Además, la presencia y ataques de halcones que cazan por sorpresa como *Falco peregrinus* y *F. columbarius* (Cresswell 1996) fue más frecuente en las Lagunas de Oxidación (obs. pers.) En contraste, la Playa es un sitio abierto, sólo en algunas zonas se presenta vegetación de manglar, y los ataques de depredadores no fueron tan frecuentes.

Por otra parte, la adquisición de experiencia (maduración) de los juveniles puede influir en el cambio de algunas conductas (Marchetti y Price 1989 en: Warnock 1994). Se ha observado en *Haematopus ostralegus* que las habilidades de alimentación en los juveniles (relativas a las de adultos) mejoran de otoño a invierno (Goss-Custard y Durell 1987a); adicionalmente, en *C. alpina* se ha registrado que su posición en las parvadas cambia conforme se incrementa la edad, de la periferia (más vulnerables a depredación) al interior de la misma (menos vulnerables) (Kus 1985 en: Warnock 1994). Si este proceso de aprendizaje ocurre en *C. mauri*, sería una razón más que explique el abandono de las Lagunas de Oxidación a mediados del invierno. Es decir, esto supone que los juveniles desarrollaron las habilidades necesarias para alimentarse y competir en la Playa, y/o para evitar el humedal que tiene el mayor riesgo de depredación (Lagunas de Oxidación).

8.3. MORFOMETRÍA

A nivel interespecífico, las diferencias en la longitud y forma de algunas estructuras en las aves (*v. gr.* culmen, tarso, ala y cuello) comúnmente han sido asociadas a las características del hábitat en que se presentan las especies (*v. gr.* profundidad del agua, tipos de sustratos, vegetación) (Recher 1966, Baker 1979, Elphick y Oring 1998, Colwell y Taft 2000, Isola et al. 2000).

Muchas especies de aves playeras presentan dimorfismo sexual en cuanto al tamaño corporal y/o longitud del culmen; en la mayoría de los casos, las hembras son más grandes (Durell 2000). Los juveniles tienden a ser más pequeños que los adultos, hasta que alcanzan su talla final (Durell 2000).

La longitud del culmen se ha relacionado frecuentemente con diferencias en la dieta (tamaños y tipos de presa) y modos de alimentación, entre machos y hembras (Harrington 1982, Withfield 1990, Smith y Nol 2000) y entre clases de edad (Goss-Custard y Durell 1987b, Durell 2000). Esto podría explicar la diferencia en longitudes de culmen observada en los humedales, entre los machos adultos capturados en invierno y los juveniles capturados durante la migración al sur e invierno (figura 9). Es probable que un culmen más largo en la Playa, le permita a los adultos explotar eficientemente el tipo de presas que se encuentran ahí, mientras que el culmen pequeño de los juveniles sea más eficiente en las Lagunas de Oxidación. La posibilidad de esta eficiencia diferencial por clase de edad en cada humedal explicaría también que la proporción de machos adultos sea mayor en la Playa y que la mayor proporción de juveniles se registre en las Lagunas de Oxidación. *C. mauri* utiliza dos modos de alimentación que le permiten explotar epifauna (picoteo) o infauna (sondeo) (Sutherland et al. 2000). Cada uno de éstos

puede ser preferentemente usado de acuerdo a la longitud del culmen (Lifjeld 1984, Durell 2000). En las Lagunas de Oxidación, se ha observado que *C. mauri* se alimenta frecuentemente de moscas (dípteros) (obs. pers.), sin necesidad de penetrar el sustrato, por lo que un culmen corto le resultaría más eficiente.

A diferencia de otros grupos de aves (v. gr. láridos) donde el culmen es utilizado como instrumento de agresión (Coulter 1977), *C. mauri* exhibe las conductas más agresivas mediante el contacto corporal (Becerril 1998). El análisis del índice de tamaño corporal no indica diferencias significativas en ningún caso. Por lo anterior, es más probable que la diferencia del culmen se relacione con la eficiencia alimenticia que los adultos y juveniles experimentan en cada humedal.

Por otra parte, recientemente O'Hara et al. (en revisión) encontraron que durante el invierno existen diferencias latitudinales en el tamaño de *C. mauri*, donde las aves son más grandes en Panamá que en el Estero de Punta Banda. Esto sugiere que en la Playa, la diferencia temporal de la longitud del tarso de las hembras, puede relacionarse a que las aves de tarsos más grandes sólo estuvieron de paso hacia latitudes más bajas (figura 10).

8.4. DIFERENCIAS EN PESO

La mayoría de las especies de playeros de la región neártica realizan movimientos entre sus zonas de reproducción en el norte y las de invernación en regiones templadas y tropicales (Myers et al. 1987, Helmers 1992). El peso 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 las tasas de incremento en peso son muy altas (Lindström 1991, Butler et al. 1997). En este sentido, el peso de las aves en migración es muy alto (O'Reilly y Wingfield 1995, 2003).

En este trabajo, los adultos y juveniles de ambos sexos fueron más pesados durante la migración al sur que en el invierno (figura 11), lo cual está asociado a los diferentes requerimientos energéticos de cada período (O'Reilly y Wingfield 1995).

Durante la migración al sur, los machos y hembras adultos fueron notoriamente más pesados que los juveniles. En otras especies de playeros se reportan patrones similares y en todos los casos, se asocian a la baja eficiencia alimenticia de los juveniles (Page y Middleton 1972, van der Have et al. 1984, Summers et al. 1990, Summers et al. 1992). Otras causas pueden estar relacionadas a la segregación latitudinal por edad durante el invierno (Nebel et al. 2002) o a la muda del plumaje. En cuanto a la primera, es probable que la mayoría de los adultos capturados estuvieran acumulando grasa para continuar la migración hacia latitudes más bajas (O'Reilly y Wingfield 2003), ya que de los individuos anillados durante la migración al sur se avistaron proporcionalmente más juveniles que adultos durante el invierno (D. Galindo datos no publicados). La

segunda se apoya en el hecho de que sólo los adultos mudan las plumas de las alas posterior a cada migración al sur (Prater et al. 1977), lo cual supone, previo a la muda, la acumulación de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plumas.

Por diversas causas, generalmente se asume que los juveniles son menos eficientes para alimentarse y por lo tanto, el incremento en peso (reservas de grasa) es menor en relación a los adultos (Summers et al. 1992). Sin embargo, en el presente trabajo, las hembras juveniles presentaron un peso mayor que las adultas durante el invierno; en los machos existió una tendencia similar, aunque no fue significativa (figura 11). En poblaciones de aves que están sujetas a diferentes condiciones climáticas, se ha observado que en las que tienen más riesgo de enfrentar climas adversos o alimento limitado, los individuos acumulan grandes reservas de grasa (Summers et al. 1990). Esto sugiere que si las condiciones de alimentación fueron impredecibles durante el invierno, éstas no afectaron en el mismo grado a los adultos y juveniles, particularmente a las hembras. Davidson et al. (1986) encontraron que bajo condiciones climáticas adversas, los juveniles de *C. alpina* tienen reservas de grasa mayores que los adultos. La hipótesis de que el riesgo de depredación depende del peso de los individuos, establece que debe existir un balance entre las reservas corporales adicionales para reducir el riesgo de inanición y el peso mínimo posible para maximizar la oportunidad de no ser depredado (Lima 1986 en Cresswell 2003). Cresswell (2003) plantea que si la habilidad para alimentarse determina las oportunidades de alimentación cuando los recursos son limitados, los individuos con reservas corporales relativamente bajas serán también los más eficientes. En

esta perspectiva, las diferencias en peso entre adultos y juveniles pueden ser explicadas si se asume que los adultos son más eficientes para alimentarse que los juveniles; es decir, se pueden “permitir” ser más ligeros, en función de sus habilidades de alimentación y su tendencia a minimizar el riesgo de depredación.

8.5. MOVIMIENTOS

Durante la migración al sur, al considerar sólo los avistamientos, el número de adultos (particularmente machos) que realizaron movimientos entre los dos humedales fue mayor que el de juveniles. En términos estadísticos, sólo el caso de los machos que se movieron de las Lagunas de Oxidación a la Playa fue significativo. Dicho patrón puede ser un indicativo de que los adultos requirieran acumular grasa para continuar la migración, o bien, para llevar a cabo la muda de plumas primarias. Sobre todo si consideramos que en los meses de migración al sur, el área disponible en la Playa está restringida por los niveles de marea (Grivel y Grivel 1991). Las dos razones no son contrapuestas, por lo que pudiera tratarse de una combinación de ellas.

Durante la invernación el patrón fue inverso, ya que los machos juveniles realizaron más movimientos entre sitios. Estudios realizados con telemetría en la Bahía de San Francisco, sugieren que durante el invierno los juveniles de *C. mauri* tienen ámbitos hogareños más amplios que los adultos (Warnock y Takekawa 1996). Este patrón es común en otras especies de playeros (Rehfish et al. 1996) y al igual que en *C. mauri*, lo atribuyen a la inexperiencia y al bajo estatus social de los juveniles (Rehfish et al. 1996).

9. CONCLUSIONES

- La abundancia temporal de *C. mauri* en la Playa, mostró números bajos pero estables durante la migración al sur, abundancias máximas en invierno y, a diferencia de estudios previos para la zona, la abundancia durante la migración al norte fue mayor que durante la migración al sur.
- La presencia de *C. mauri* en las Lagunas de Oxidación estuvo restringida a los meses de migración al sur e inicios del invierno. Este patrón de uso temporal puede ser resultado de la disponibilidad del humedal costero, de los ciclos de producción de alimento, competencia, riesgo de depredación y/o cambios en la conducta de las aves.
- Fue evidente la cronología migratoria por clases de edad durante la migración al sur, donde los adultos preceden a los juveniles.
- La estructura de la población por sexo correspondió con el patrón de distribución latitudinal durante el invierno, con una relación de 4:1 en términos de los machos.
- La estructura de la población por edad durante el invierno (1:1) fue diferente a la esperada de acuerdo a la latitud de la Ensenada de La Paz. Esto sugiere diferencias en la calidad de los hábitats y/o en los requerimientos de cada clase de edad, independientemente de la latitud a la que se encuentre el sitio.
- La proporción de machos y hembras durante el invierno fue igual entre los dos humedales.
- En el invierno la estructura de la población por edad fue diferente en cada humedal. En la Playa fueron más abundantes los adultos (80%), mientras que en las Lagunas de Oxidación lo fueron los juveniles (80%).

- Las causas de tal segregación, no mutuamente excluyentes, pueden ser la competencia, riesgo de depredación o la eficiencia alimenticia que los individuos experimentan en cada humedal.
- En el invierno, los machos adultos de la Playa tuvieron el culmen más largo que los juveniles de las Lagunas de Oxidación. Tales diferencias pueden deberse a la eficiencia alimenticia que cada longitud de culmen proporcione en cada humedal.
- Las diferencias temporales en el peso de *C. mauri* se relacionaron con la migración y la preparación para la muda del plumaje.
- Los adultos fueron más ligeros que los juveniles en el invierno, lo cual posiblemente se relacione con sus habilidades para alimentarse y como respuesta al riesgo de depredación.
- Durante la migración al sur, los adultos mostraron una tendencia mayor que los juveniles a moverse entre los dos humedales, presumiblemente porque requieren acumular grasa para migrar y mudar.
- En invierno, los machos juveniles realizaron más movimientos entre humedales, probablemente por su inexperiencia y/o bajo estatus social.

10. SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

Un descubrimiento interesante de este trabajo fue la diferencia en la estructura poblacional por clase de edad entre los sitios de estudio, así como la recurrencia del patrón de uso temporal de las Lagunas de Oxidación. Por lo anterior, se sugiere:

- Evaluar la “calidad” de los humedales, por ejemplo, en términos de su disponibilidad a través del tiempo, abundancia y accesibilidad del alimento, riesgo de depredación depredadores, competidores y su efecto en la conducta de *C. mauri*.
- Este es el primer trabajo en Baja California Sur en el cual se marcaron a las aves. Continuar con el anillado de individuos y realizar esfuerzos de avistamiento mayores, permitirá evaluar de manera fehaciente como los individuos utilizan a la Ensenada de La Paz.
- A partir del presente trabajo, se abre la posibilidad de realizar estudios de supervivencia, fidelidad a la zona, tiempos de llegada y partida, entre otros.

11. LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ-ARELLANO, A. D., H. ROJAS-SORIANO Y J. J. PRIETO-MENDOZA. 1997. Geología de la Bahía de La Paz y áreas adyacentes. 13-29 En: J. Urbán-Ramírez y M. Ramírez-Rodríguez (Eds.). La Bahía de La Paz. Investigación y Conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. México. 345p.
- AMERICAN ORNITHOLOGIST'S UNION (A.O.U.). 1983. Check-list of North American Birds. 6th ed. American Ornithologist's Union, Washington, D.C. 877p.
- ASHMOLE, M. J. 1970. Feeding of Western and Semipalmated Sandpipers in Peruvian winters quarters. *Auk* 87:131-135.
- BACKWELL, P. R. Y., P. D. O'HARA Y J. H. CHRISTY. 1998. Prey availability and selective foraging in shorebirds. *Animal Behaviour* 55:1659-1667.
- BAKER, M. C. 1979. Morphological correlates of habitat selection in a community of shorebirds (Charadriiformes). *Oikos* 33:121-126.
- BECERRIL, F. 1998. Interacción ecológica: conducta de forrajeo y territorialidad entre *Calidris mauri* y *Calidris minutilla* (Charadriiformes: Scolopacidae) en el Estero Punta Banda (B.C., México), en la temporada invernal de 1996-1997. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, B.C. México. 80p.
- BRABATA, G. 2000. La Ensenada de La Paz, B.C.S., como parte de la ruta migratoria de *Calidris mauri* (Charadriiformes: Scolopacidae): su estancia a lo largo de un año. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S. México. 64p.
- BUENROSTRO, M. A. 1996. Estructura de la población y uso de hábitat de *Calidris mauri* en la temporada invernal 1994-1995 en el Estero Punta Banda, Ensenada, Baja California, México. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, B.C. México. 70p.
- BURGER, J. 1984. Shorebirds as marine animals. 5:17-82 En: J. Burger y B.L. Olla (Eds.). *Behavior of Marine Animals*. Plenum Press. New York.

- BURGER, J., D. C. HAHN Y J. CHASE. 1979. Aggressive interactions in mixed-species flocks of migrating shorebirds. *Animal Behaviour* 27:459-469.
- BURGER, J., M. A. HOWE, D. C. HAHN Y J. CHASE. 1977. Effects of tide cycles on habitat selection and habitat partitioning by migrating shorebirds. *Auk* 94:743-758.
- BUTLER, R. W., G. W. KAISER Y G. E. J. SMITH. 1987. Migration chronology, length of stay, sex ratio, and weight of Western Sandpipers, (*Calidris mauri*) on the south coast of British Columbia. *Journal of Field Ornithology* 58:103-111.
- BUTLER, R. W., F. S. DELGADO, H. DE LA CUEVA, V. PULIDO Y B. K. SANDERCOCK. 1996. Migration routes of the Western Sandpiper. *Wilson Bulletin* 108:662-672.
- BUTLER, R. W., T. D. WILLIAMS, N. WARNOCK Y M. A. BISHOP. 1997. Wind assistance: a requirement for migration of shorebirds?. *Auk* 114:456-466.
- CARMONA, R. Y G. D. DANEMANN. 1998. Distribución espaciotemporal de aves en la Salina de Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 24:389-408.
- CARMONA, R., G. D. DANEMANN, G. FERNÁNDEZ. Y G. BRABATA. 1999. Utilización de la Península de Baja California en la migración de las aves playeras. *Memorias del VI Congreso de Ornitología Tropical*. Monterrey y Saltillo.
- CARMONA, R., A. ÁLVAREZ, A. CUÉLLAR-BRITO Y M. ZAMORA-OROZCO. 2003. Uso estacional de dos áreas, marina y dulceacuícola, por aves playeras en función al nivel de marea, en Baja California Sur, México. *Ornitología Neotropical* 14:-.
- CASTILLO-GUERRERO, J. A. 2000. Composición temporal de aves acuáticas en el tanque de almacenamiento de aguas tratadas, Ejido El Centenario, Municipio de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. B.C.S. México. 53p.
- CASTILLO-GUERRERO, J. A., M. ZAMORA-OROZCO Y R. CARMONA. 2002. Aves acuáticas andantes en dos cuerpos dulceacuícolas artificiales, adyacentes a la ciudad de La Paz, B.C.S., México. *Hidrobiológica* 12:85-87.

- CETENAL. 1970. Carta Climática, La Paz 12R-VIII. Dirección de Planeación. La Paz, B.C.S. México.
- CHÁVEZ, H. 1985. Aspectos biológicos de las lisas (*Mugil* spp.) de la Bahía de La Paz, B.C.S., México, con referencia especial a juveniles. Investigaciones Marinas CICIMAR 2:1-22.
- COLWELL, M. A. Y S. L. LANDRUM. 1993. Nonrandom shorebird distribution and fine-scale variation in prey abundance. Condor 95:94-103.
- COLWELL, M. A. Y K. D. SUNDEEN. 2000. Shorebirds distributions on ocean beaches of northern California. Journal of Field Ornithology 71:1-15.
- COLWELL, M. A. Y O. W. TAFT. 2000. Waterbirds communities in managed wetlands of varying water depth. Waterbirds 23:45-55.
- COULTER, M. C. 1977. Growth, mortality and the third chick disadvantage in the Western Gull *Larus occidentalis*. Tesis Doctoral. University of Pennsylvania. 182p.
- CRESSWELL, W. 1994. Age-dependent choice of Redshank (*Tringa totanus*) feeding location: profitability or risk?. Journal of Animal Ecology 63:589-600.
- CRESSWELL, W. 1996. Surprise as a winter hunting strategy in Sparrowhawks *Accipiter nisus*, Peregrines *Falco peregrinus* and Merlins *F. columbarius*. Ibis 138:684-692.
- CRESSWELL, W. 2003. Testing the mass-dependent predation hypothesis: in European blackbirds poor foragers have higher overwinter body reserves. Animal Behaviour 65:1035-1044.
- CRESSWELL, W. Y D. P. WHITFIELD. 1994. The effects of raptor predation on wintering wader populations at the Tynninghame estuary, southeast Scotland. Ibis 136:223-232.
- DANEMANN, G. D., R. CARMONA Y G. FERNÁNDEZ. 2002. Migratory shorebirds in the Guerrero Negro saltworks, Baja California Sur, México. Wader Study Group Bulletin 97:36-41.

- DAVIDSON, N. C. Y 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* 92:176-188.
- DAVIDSON, N. C., J. D. UTTLEY Y J. D. EVANS. 1986. Geographic variation in the lean mass of Dunlins wintering in Britain. *Ardea* 74:191-198.
- DAVIS, C. A. Y L. M. SMITH. 1998. Behavior of migrant shorebirds in Playas of the southern High Plains, Texas. *Condor* 100:266-276.
- DE ALBA, R., M. K. YOSHIDA Y R. MORENO. 1982. Estudio hidrobiológico de la Ensenada de La Paz. *Biol. Inf. C.I.D.I. UABCS* 1:5-7.
- DELGADO, F. Y R. W. BUTLER. 1993. Shorebirds in Parita Bay, Panama. *Wader Study Group Bulletin* 67:50-53.
- DURELL, S. E. A. LE V. DIT. 2000. Individual feeding specialization in shorebirds: population consequences and conservations implications. *Biological Reviews* 75:503-513.
- DURELL, S. E. A. LE V. DIT, J. D. GOSS-CUSTARD Y R. W. G. CALDOW. 1993. Sex-related differences in diet and feeding method in the oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Journal of Animal Ecology* 62:205-215.
- ELPHICK, C. S. Y L. W. ORING. 1998. Winter management of California rice fields for waterbirds. *Journal of Applied Ecology* 35:95-108.
- ENGILIS, A. JR., L. W. E. ORING, J. CARRERA, W. NELSON, Y A. MARTINEZ LÓPEZ. 1998. Shorebird surveys in Ensenada Pabellones and Bahia Santa Maria, Sinaloa, Mexico: critical winter habitats for Pacific Flyway shorebirds. *Wilson Bulletin*. 110:332-241.
- ERWIN, R. M., M. COULTER Y H. COGSWELL. 1986. The use of natural vs. man-modified wetlands by shorebirds and waterbirds. *Colonial Waterbirds* 9:137-138.
- ESPINOZA, A. 1977. Los principales parámetros físico-químicos de las aguas de la Ensenada de La Paz, B.C.S. Informe de Labores CIB-Nor. La Paz.

- 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.
- FERNÁNDEZ, G. J. 1996. Tasas de retorno y residencia de *Calidris mauri* (Charadriiformes: Scolopacidae) en el Estero Punta Banda (B.C., México), en la temporada invernal de 1995-1996. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada B. C. 99p.
- FERNÁNDEZ, G., R. CARMONA Y H. DE LA CUEVA. 1998. Abundance and seasonal variation of Western Sandpipers (*Calidris mauri*) in Baja California Sur, Mexico. *Southwestern Naturalist* 43:57-61.
- FERNÁNDEZ, G., H. DE LA CUEVA Y N. WARNOCK. 2001. Phenology and length of stay of transient and wintering Western Sandpipers at Estero Punta Banda, Mexico. *Journal of Field Ornithology* 72:509-520.
- FERNÁNDEZ, G., H. DE LA CUEVA, N. WARNOCK Y D. B. LANK. 2003. Apparent survival rates of Western Sandpiper (*Calidris mauri*) wintering in northwest Baja California, México. *Auk* 120:55-61.
- FREEMAN, S. Y W. M. JACKSON. 1990. Univariate metrics are not adequate to measure avian body size. *Auk* 107:69-74.
- GARCÍA, E. Y P. MOSIÑO. 1968. Los climas de Baja California. Decenio Hidrológico Internacional. Memoria 1966-1967. Instituto de Geofísica UNAM 29-55p.
- GILL, J. A., K. NORRIS, P. M. POTTS, T. G. GUNNARSSON, P. W. ATKINSON Y W. J. SUTHERLAND. 2001. The buffer effect and large-scale population regulation in migratory birds. *Nature* 412:436-438.
- GRAND, T. C. 2002. Alternative forms of competition and predation dramatically affect habitat selection under foraging-predation risk trade-offs. *Behavioral Ecology* 13:280-290.
- GRAND, T. C. Y L. M. DILL. 1999. Predation risk, unequal competitors and the ideal free distribution. *Evolutionary Ecology Research* 1:389-409.

- GREEN, A. J. 2001. Mass/length residuals: Measures of body condition or generators of spurious results?. *Ecology* 82:1473-1483.
- GRIVEL, F. P. Y F. V. GRIVEL (Eds.). 1991. Tablas de predicción de mareas 1992, puertos del Océano Pacífico. Instituto de Geofísica UNAM 113-127p.
- GOSS-CUSTARD, J. D. Y S. E. A. LE V. DIT DURELL. 1987a. Age-related effects in Oystercatchers, *Haematopus ostralegus*. Feeding on mussels, *Mytilus edulis*. I. Foraging Efficiency and Interference. *Journal of Animal Ecology* 56:521-536.
- GOSS-CUSTARD, J. D. Y S. E. A. LE V. DIT DURELL. 1987b. Age-related effects in Oystercatchers, *Haematopus ostralegus*. Feeding on mussels, *Mytilus edulis*. II. Aggression. *Journal of Animal Ecology* 56:521-536.
- GROVES, S. 1978. Age related differences in Ruddy turnstone foraging and aggressive behavior. *Auk* 95:95-103.
- GUZMÁN, J., R. CARMONA, E. PALACIOS Y M. BOJÓRQUEZ. 1994. Distribución temporal de aves acuáticas en el Estero de San José del Cabo, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 20:93-103.
- HARRINGTON, B. A. 1982. Morphometric variation and habitat use of Semipalmated Sandpipers during a migratory stopover. *Journal of Field Ornithology* 53:258-262.
- HARRINGTON, B. A. Y B. HAASE. 1994. Latitudinal differences in sex ratios among nonbreeding Western Sandpipers in Puerto Rico and Ecuador. *Southwestern Naturalist* 39:188-189.
- HELMERS, D. L. 1992. Shorebird management manual. Western Hemisphere Shorebird Reserve Network. Manomet, MA. 58p.
- HICKLIN, P. W. Y P. C. SMITH. 1984. Selection of foraging sites and invertebrate prey by migrant Semipalmated Sandpipers, *Calidris pusilla* (Pallas), in Minas Basin, Bay of Fundy. *Canadian Journal of Zoology* 62:2201-2210.

- HOLMES, R. T. 1972. Ecological factors influencing the breeding season schedule of Western Sandpipers (*Calidris mauri*) in subarctic Alaska. *American Midland Naturalist* 87:472-491.
- HOWES, J. Y D. BAKEWELL. 1989. *Shorebirds Studies Manual*. Asian Wetland Bureau. Publication No. 55. Kuala Lumpur, Malasia. 362p.
- ISOLA, C. R., M. A. COLWELL, O. W. TAFT Y R. J. SAFRAN. 2000. Interspecific differences in habitat use of shorebirds and waterfowl foraging in managed wetlands of California's San Joaquin Valley. *Waterbirds* 23:196-203.
- IVERSON, G. C., S. E. WARNOCK, R. W. BUTLER, M. A. BISHOP Y 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. Y B. A. HARRINGTON. 1989. *Manual de Campo para el Estudio de Playeros*. Manomet Bird Observatory (MBO). Ensenada, B.C. México. 134p.
- KETTERSON, E. D. Y V. JR. NOLAN. 1983. The evolution of differential bird migration. *Current Ornithology* 1:357-402.
- LIFJELD, J. T. 1984. Prey selection in relation to body size and bill length of five species of waders feeding in the same habitat. *Ornis Scandinavica* 15:217-226.
- LIMA, S. L. Y L. M. DILL. 1990. Behavioral decision made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology* 68:619-640.
- LINDSTRÖM, Å. 1991. Maximum fat deposition rates in migrating birds. *Ornis Scandinavica* 22:12-19.
- LLINAS, J. Y M. L. JIMÉNEZ. 1997. Recent records of the Least Grebe *Tachybaptus dominicus* in Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie Zoológica* 68:187-191.
- MAIMONE-CELORIO, M. R. Y E. MELLINK. 2003. Shorebirds and benthic fauna of tidal mudflats in Estero de Punta Banda, Baja California, México. *Bulletin of Southern California Academy of Sciences* 102:26-38.

- MASERO, J. A., A. PÉREZ-HURTADO, M. CASTRO Y G. M. ARROYO. 2000. Complementary use of intertidal mudflats and adjacent salinas by foraging waders. *Ardea* 88:177-191.
- MELLINK, E., E. PALACIOS Y S. GONZÁLEZ. 1997. Non-breeding waterbirds of the Delta of the Río Colorado, México. *Journal of Field Ornithology* 68:113-123.
- METCALFE, N. 1984. The effects of habitat on the vigilance of shorebirds: is visibility important?. *Animal Behaviour* 32:981-985
- MORRISON, R. I. G. 1984. Migratory systems of New World shorebirds. Vol. 6. 271-322. En: J. Burger y B. L. Olla (Eds.). *Behavior of Marine Animals*. Plenum Press, New York.
- MORRISON, R. I. G., R. K. ROSS, Y J. GUZMÁN. 1994. Aerial surveys of nearctic shorebirds wintering in México: Preliminary results of surveys of the southern half of the Pacific coast, states of Chiapas to Sinaloa. *Canadian Wildlife Service*. 1-45.
- MORRISON, R. I. G., R. E. JR. GILL, B. A. HARRINGTON, S. SKAGEN, G. W. PAGE, C. L. GRATO-TREVOR Y S. M. HAIG. 2001. Estimate of shorebird populations in North America. *Occasional Paper*, no. 104. *Canadian Wildlife Service*. Ottawa, Ontario.
- MÚRIAS, T., J. A. CABRAL, R. LÓPES, J. C. MARQUES Y 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. 1981. A test of three hypotheses for latitudinal segregation of the sexes in wintering birds. *Canadian Journal of Zoology* 59:1527-1534.
- MYERS, J. P., R. I. G. MORRISON, P. Z. ANTAS, B. A. HARRINGTON, T. E. LOVEJOY, M. SALLABERRY, S. L. SENNER Y A. TARAK. 1987. Conservation strategy for migratory species. *American Scientist* 75:19-26.
- NARANJO, L. G., R. FRANKE Y W. BELTRÁN. 1994. Migration and wintering of Western Sandpipers on the Pacific coast of Colombia. *Journal of Field Ornithology* 65:194-200.

- NEBEL, S., D. B. LANK, P. D. O'HARA, G. FERNÁNDEZ, B. HAASE, F. DELGADO, F. A. ESTELA, F. MERCIER, L. J. E. OGDEN, B. HARRINGTON, B. E. KUS, J. E. LYONS, B. ORTEGO, J. Y. TAKEKAWA, N. WARNOCK Y S. E. WARNOCK. 2002. Western Sandpipers during the non-breeding season: spatial segregation on a hemispheric scale. *Auk* 119:922-928.
- NEHLS, G. Y R. TIEDEMANN. 1993. What determines the densities of feeding birds on tidal flats? A case study on Dunlin, *Calidris alpina*, in the Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 31:375-384
- O'HARA, P. D., D. B. LANK Y F. S. DELGADO. 2002. Is the timing of moult altered by migration? Evidence from a comparison of age and residency classes of Western Sandpipers *Calidris mauri* in Panamá. *Ardea* 90:61-70.
- O'HARA, P. D., G. FERNÁNDEZ, H. DE LA CUEVA, B. HAASE Y D. B. LANK. En revisión. Differential migration of Western Sandpipers (*Calidris mauri*) with respect to body size and wing length.
- O'REILLY, K. M. Y J. C. WINGFIELD. 1995. Spring and autumn migration in Arctic shorebirds: same distance, different strategies. *American Zoologist* 35:222-233.
- O'REILLY, K. M. Y 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. Y B. FEARIS. 1971. Sexing Western Sandpipers by bill length. *Bird-Banding* 42:297-298.
- PAGE, G. Y A. L. A. MIDDLETON. 1972. Fat deposition during autumn migration in the Semipalmated Sandpiper. *Bird-Banding* 43:85-96.
- PAGE, G. Y D. F. WHITACRE. 1975. Raptor predation on wintering shorebirds. *Condor* 77:73-83.
- PAGE, G., B. FEARIS Y R. M. JUREK. 1972. Age and sex composition of Western Sandpipers on Bolinas Lagoon. *California Birds* 3:79-86.

- PAGE, G. W., W. D. SHUFORD, J. KJELMER Y L. E. STENZEL. 1992. Shorebirds numbers in wetlands of the Pacific Flyway: a summary of counts from April 1988 to January 1992. A report of Point Reyes Bird Observatory. Stinson Beach, California. 20p.
- PALACIOS, E. 1988. Requerimientos y hábitos reproductivos de la golondrina marina de California (*Sterna antillarum browni*, Mears, 1916), en la Ensenada de La Paz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. 73p.
- PALACIOS, E. Y A. ESCOFET. 1990. Notas sobre humedales de la Península de Baja California. En: Anónimo. Taller de Campo sobre Ambientes Acuáticos, Técnicas de Estudio, Captura, Marcado y Manejo de Playeros Migratorios. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y Manomet Bird Observatory. Ensenada, B.C. México.
- PAULSON, D. 1993. Shorebirds of the Pacific Northwest. University of British Columbia Press. Vancouver, B.C. 406p.
- PIERSMA, T. Y N. C. DAVIDSON. 1991. Confusions of mass and size. *Auk* 108:441-444.
- PRATER, T., J. MARCHANT Y J. VUORINEN. 1977. Guide to the Identification and Ageing of Holarctic Waders. British Trust for Ornithology Field Guide, no. 17. Tring, United Kingdom.
- RECHER, H. F. 1966. Some aspects of the ecology of migrant shorebirds. *Ecology* 47:393-407.
- RECHER, H. F Y J. A. RECHER. 1969. Some aspects of the ecology of migrant shorebirds. II. Aggression. *Wilson Bulletin* 81:140-154.
- REHFISCH, M. M., N. A. CLARK, R. H. W. LANGSTON Y J. J. D. GREENWOOD. 1996. A guide to the provision of refuges of waders: an analysis of 30 years of ringing data from the Wash, England. *Journal of Applied Ecology* 33:673-687.
- SAS INSTITUTE. 2001. JUMP IN version 4.0.4. SAS Institute, Inc. Cary, South Carolina.

- SCHEIFFARTH, G., G. NEHLS Y I. AUSTENI. 1996. Modelling distribution of shorebirds on tidal flats in the Wadden Sea and visualisation of results with the GIS IDRISI. En: E. Lorup y J. Strobl (Eds.). Salzburger Geographische Materialien, Heft 25. Selbstverlag des Institutes für Geographie der Universität Salzburg. Austria. 6p.
- SENNER, S. E., G. C. WEST Y D. W. NORTON. 1981. The spring migration of Western Sandpipers and Dunlins in southcentral Alaska: numbers, timing, and sex ratios. *Journal of Field Ornithology* 52:271-389.
- SILLET, T. S. Y R. T. HOLMES. 2002. Variation in survivorship of a migratory songbird throughout its annual cycle. *Journal of Animal Ecology* 71:296-308.
- SKAGEN, S. K. Y F. L. KNOPF. 1993. Toward conservation of midcontinental shorebird migrations. *Conservation Biology* 7:533-541.
- SKAGEN, S. K. Y H. D. OMAN. 1996. Dietary flexibility of shorebirds in the Western Hemisphere. *Canadian Field Naturalist* 110:419-444.
- SMITH, A. C. Y E. NOL. 2000. Winter foraging behavior and prey selection of the Semipalmated Plover in coastal Venezuela. *Wilson Bulletin* 112:467-472.
- STATSOFT. 1995. STATISTICA for Windows version 5.0. StatSoft Inc. Tulsa, Oklahoma.
- SUTHERLAND, T. F., P. C. F. SHEPHERD Y R. W. ELNER. 2000. Predation on meiofaunal and macrofaunal invertebrates by Western Sandpipers (*Calidris mauri*): evidence for dual foraging modes. *Marine Biology* 137:983-993.
- SUMMERS, R. W., K. B. STRANN, R. RAE Y H. HEGGÅS. 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 Y 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.

- URBÁN, J., A. JARAMILLO, A. AGUAYO, P. LADRÓN DE GUEVARA, M. SALINAS, C. ÁLVAREZ, L. MEDRANO, J. K. JACOBSEN, K. C. BALCOMB, D. E. CLARIDGE, J. CALAMBOKIDIS, G. H. STEIGER, J. M. STRALEY, O. VON ZIEGESAR, J. M. WAITE, S. MIZROCH, M. E. DAHLHEIM, J. D. DARLING Y C. S. BAKER. 2000. Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. *Journal Of Cetacean Research and Management* 2:101-110.
- VAN DER HAVE, T. M., E. NIEBOER Y G. C. BOERE. 1984. Age-related distribution of Dunlin in the Dutch Wadden Sea. 160-176 En: P. R. Evans, J. D. Goss-Custard y W. G. Hale (Eds.). *Coastal waders and wildfowl*. Cambridge University Press. New York.
- WARNOCK, N. 1994. Biotic and abiotic factors affecting the distribution and abundance of a wintering population of Dunlin. Tesis Doctoral. University of California and San Diego State University. San Diego, California. 145p.
- WARNOCK, N., G. W. PAGE Y B. K. SANDERCOCK. 1997. Local survival of Dunlin wintering in California. *Condor* 99:906-915.
- WARNOCK, S. E. Y 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. Y 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.
- WEBSTER, M. S., P. MARRA, S. M. HAIG, S. BENSCH Y R. T. HOLMES. Links between worlds: unraveling migratory connectivity. *Trends in Ecology and Evolution* 17:76-83.
- WHITFIELD, D. P. 1990. Individual feeding specializations of wintering Turnstone *Arenaria interpres*. *Journal of Animal Ecology*. 59:193-211.
- WILSON, W. H. 1994. Western Sandpiper. No. 90 En: A. Poole y F. Gill (Eds.). *The Birds of North America*. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Washington, D.C. The American Ornithologists' Union.

YATES, M. G., J. D. GOSS-CUSTARD, S. MCGRORTY, K. H. LAKHANI, S. E. A. LE V. DIT DURELL, R. T. CLARKE, W. E. RISPIN, I. MOY, T. YATES, R. A. PLANT Y A. J. FROST. 1993. Sediment characteristics, invertebrate densities and shorebird densities on the inner banks of the Wash. *Journal of Applied Ecology* 30:599-614.

ZAMORA-OROZCO, E. M. 2001. Distribución espacio-temporal de aves acuáticas en las Lagunas de Oxidación de la Ciudad de La Paz, B.C.S. México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México. 50p.

ZAR, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 663p.

12. ANEXOS

ANEXO 1. Análisis utilizado para determinar si se controlaba por el tamaño estructural para comparar los pesos de los individuos.

Se ha reportado que ciertos supuestos clave del análisis de residuales son violados cuando se trata de utilizarlo para estandarizar el peso de los organismos, en función de alguna medida linear de tamaño; algunos de estos supuestos son menos probables de ser violados cuando se utilizan los valores del CP1 de un análisis de componentes principales sobre varias medidas (Green 2001). En este sentido, se utilizaron los valores del componente principal 1 obtenidos a partir de las medidas de culmen y tarso de los machos y hembras, para realizar una regresión lineal entre esos valores y el peso bruto de cada individuo. De dicha relación se estimaron residuales (pesos estandarizados), los cuales son referidos como una medida de condición corporal.

Por último, se analizó la relación entre el peso bruto y el peso estandarizado, y en ambos casos el coeficiente de correlación resultó alto (0.96 para los machos y 0.90 para las hembras); esto significó que el tamaño solo explica el 4% y 10% del peso de machos y hembras, respectivamente.

ANEXO 2. Resultados de los análisis de varianza realizados para el culmen, tarso, índice de tamaño corporal (CP1) y peso, de los machos y hembras. * denota diferencias significativas.

Tabla ANDEVA para la variable CULMEN de los machos.

Efecto	Grados de libertad	F	Valor p
Sitio	1	7.62	0.005*
Estación	1	1.72	0.18
Edad	1	1.35	0.24
Sitio x estación	1	1.77	0.18
Sitio x edad	1	2.75	0.09
Estación x edad	1	0.17	0.67
Sitio x estación x edad	1	5.61	0.01*
Error	704		

Tabla ANDEVA para la variable TARSO de los machos.

Efecto	Grados de libertad	F	Valor p
Sitio	1	0.73	0.39
Estación	1	2.66	0.10
Edad	1	1.88	0.16
Sitio x estación	1	1.51	0.21
Sitio x edad	1	0.28	0.59
Estación x edad	1	0.11	0.73
Sitio x estación x edad	1	2.58	0.10
Error	704		

Tabla ANDEVA para la variable TAMAÑO CORPORAL (CP1) de los machos.

Efecto	Grados de libertad	F	Valor p
Sitio	1	1.34	0.24
Estación	1	3.23	0.07
Edad	1	2.40	0.12
Sitio x estación	1	2.44	0.11
Sitio x edad	1	0.46	0.49
Estación x edad	1	0.21	0.64
Sitio x estación x edad	1	0.21	0.64
Error	704		

ANEXO 2, continuación...

Tabla ANDEVA para la variable PESO de los machos.

Efecto	Grados de libertad	F	Valor p
Sitio	1	2.04	0.15
Estación	1	28.7	<0.0001*
Edad	1	4.19	0.04*
Sitio x estación	1	3.19	0.07
Sitio x edad	1	1.43	0.23
Estación x edad	1	6.01	0.01*
Sitio x estación x edad	1	1.27	0.25
Error	703		

Tabla ANDEVA para la variable CULMEN de las hembras.

Efecto	Grados de libertad	F	Valor p
Sitio	1	0.15	0.68
Estación	1	0.35	0.55
Edad	1	0.20	0.65
Sitio x estación	1	0.08	0.77
Sitio x edad	1	0.09	0.75
Estación x edad	1	0.74	0.38
Sitio x estación x edad	1	1.15	0.28
Error	289		

Tabla ANDEVA para la variable TARSO de las hembras.

Efecto	Grados de libertad	F	Valor p
Sitio	1	2.80	0.09
Estación	1	6.37	0.01*
Edad	1	2.26	0.13
Sitio x estación	1	6.60	0.01*
Sitio x edad	1	0.61	0.43
Estación x edad	1	0.76	0.38
Sitio x estación x edad	1	1.45	0.22
Error	289		

ANEXO 2, continuación...

Tabla ANDEVA para la variable TAMAÑO CORPORAL (CP1) de las hembras.

Efecto	Grados de libertad	F	Valor p
Sitio	1	1.43	0.23
Estación	1	3.25	0.07
Edad	1	1.28	0.25
Sitio x estación	1	1.69	0.19
Sitio x edad	1	0.07	0.78
Estación x edad	1	1.02	0.31
Sitio x estación x edad	1	1.76	0.18
Error	289		

Tabla ANDEVA para la variable PESO de las hembras.

Efecto	Grados de libertad	F	Valor p
Sitio	1	0.19	0.65
Estación	1	29.8	<0.0001*
Edad	1	0.02	0.87
Sitio x estación	1	0.003	0.95
Sitio x edad	1	2.29	0.13
Estación x edad	1	7.94	0.005*
Sitio x estación x edad	1	1.11	0.29
Error	289		