INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

PATRONES DE USO DURANTE LA ÉPOCA NO REPRODUCTIVA DE *Limosa fedoa* (AVES: SCOLOPACIDAE), EN GUERRERO NEGRO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

TESIS

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

PRESENTA

VICTOR OMAR AYALA-PÉREZ

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2010.

SIP-14 BIS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de **La Paz, B.C.S.,** siendo las **12:00** horas del día **04** del mes de **Noviembre** del **2010** se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de **CICIMAR** para examinar la tesis titulada:

"PATRONES DE USO DURANTE LA ÉPOCA NO REPRODUCTIVA DE *Limosa fedoa* (AVES: SCOLOPACIDAE), EN GUERRERO NEGRO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

AYALA	**PÉREZ**	**VÍCTOR OMAR**
Apellido paterno	materno	nombre(s)

Con registro: | **B** | **0** | **8** | **1** | **2** | **4** | **9** |

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DR. LEANDRO ROBERTO CARMONA PIÑA
Director de Tesis

DR. ROBERTO FÉLIX URAGA
Director de Tesis

DR. CASIMIRO QUIÑONEZ VELÁZQUEZ

MC. FELIPE NERI MELO BARRERA

DR. ADRIAN HAYES FARMER, Jr.

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE

PODER EJECUTIVO FEDERAL ESTADOS UNIDOS MEXICANOS MÉXICO D.F

I P N
CICIMAR
DIRECCION

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **La Paz, B.C.S.,** el día **17** del mes **Noviembre** del año **2010** , el (la) que suscribe **B.M. VÍCTOR OMAR AYALA PÉREZ** alumno(a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS** con número de registro **B081249** adscrito al **CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS** manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: **DR. L. ROBERTO CARMONA PIÑA y DR. ROBERTO FÉLIX URAGA,** y cede los derechos del trabajo titulado:

"PATRONES DE USO DURANTE LA ÉPOCA NO REPRODUCTIVA DE *Limosa fedoa* (AVES: SCOLOPACIDAE), EN GUERRERO NEGRO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

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

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ayala.vic@hotmail.com - beauty@uabcs.mx - rfelix@ipn.mx
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ayala Perez Victor

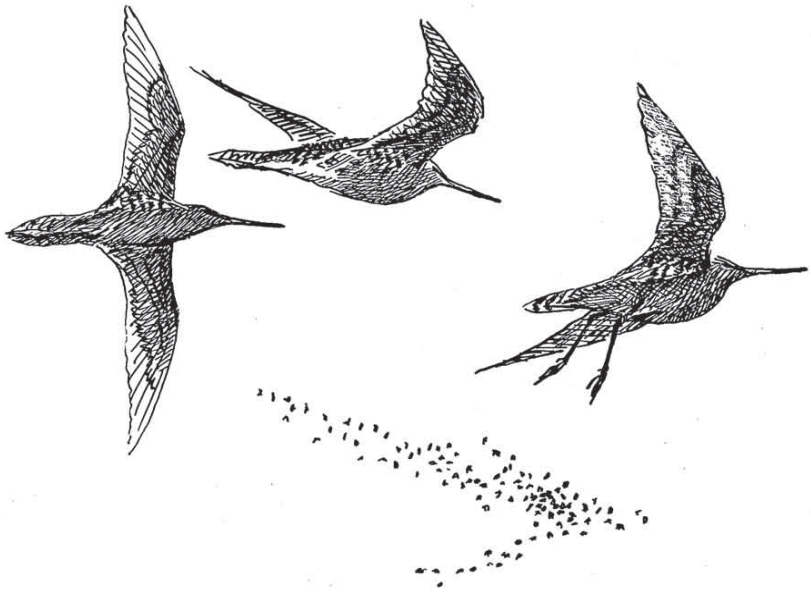
B.M. VÍCTOR OMAR AYALA PÉREZ
nombre y firma

DEDICATORIA

A mi hijo Santiago quien me prestó el tiempo que le pertenecía para terminar este trabajo. Desde que llegaste a mi vida la has colmado de felicidad y nuevas experiencias y ser tu padre es una de las más grandes y bellas experiencias. ¡Gracias, mi infiernito!

A Nallely Arce, mi pareja, amiga, musa, confidente y madre de mi queridísimo hijo, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. A final de cuentas este trabajo también es resultado de tu esfuerzo y sacrificio. ¡Gracias por todo lo compartido y lo vivido!

A mis padres Víctor Manuel Ayala Briones y Maria Pérez Arreola (los mejores padres que un hijo puede desear), a mis hermanas Edith Ayala y Thanya Ayala, y abuelos, los que siguen con nosotros (Juana y Dolores y los que se nos adelantaron en el camino (Ester y Amando). En general a mi familia por todo el apoyo, consejos y cariño que me han brindado desde siempre, por creer en mí e impulsarme a hacer lo que más me gusta.



"Uno puede inferir respecto al comportamiento o a cierto patrón de abundancia y sus posibles causas en las aves, uno puede creer que es así como ocurre y puede llegar incluso a tener razón, sin embargo los pájaros pueden estar pensando en otra cosa (si es que piensan) y a final de cuentas hacen siempre lo que les da su gana"

María Pérez Arreola

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres por su apoyo incondicional sus consejos y palabras de aliento. Más aún por ser un ejemplo de vida y superación. Gracias por ser unos padres excepcionales.

A mis hermanas, amigas e incluso confidentes Edith y Thanya por todas las vivencias compartidas, por sus palabras de ánimo y todos sus consejos y porque al igual que mis padres siempre han sido mi soporte.

A Nallely por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es. Nunca te podré estar suficientemente agradecido. A Santiago mi hijo, sin duda lo mejor que me ha pasado, gracias por endulzar y hacer más amena mi vida, desde que llegaste a nuestras vidas la has transformado en una nueva aventura. A los dos los amo.

A la Vida y a Dios por las oportunidades, experiencias y vivencias, por lo bueno y por lo malo a lo largo de este trabajo y por permitirme hacer lo que más me gusta…trabajar con aves.

Al Dr. Roberto Carmona por permitirme seguir formando parte de su equipo de trabajo, por su camaradería, por apoyarme, instruirme, animarme y permitirme desarrollar este trabajo de investigación. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con él por todo lo recibido, sin lugar a duda ha sido y seguirá siendo un excelente padre académico, muchas gracias por todo.

Al Dr. Roberto Felix Uraga por el apoyo dentro de CICIMAR, por su ayuda y comentarios a lo largo de este trabajo.

A mi comité revisor, al Dr. Roberto Carmona, Dr. Roberto Felix Uraga, Dr. Casimiro Quiñónez, al MC Felipe Neri Melo y al Dr. Adrian Farmer, por sus comentarios, sugerencias y críticas, que enriquecieron el presente trabajo.

Al personal del laboratorio de aves de la UABCS, pasado y presente: Roberto Carmona, Nallely Arce, Lorena Morales, Pablo Lobera, Andrea Cuéllar, Denisse Morales, Israel Martínez, Rosalba Vázquez, Fabiola Molina, Luis Mendoza, Gerardo Marrón, Hugo Ortiz, Rafael Cruz, Adriana Hernández y Gabriela Gutiérrez, mas los que se me hallan podido olvidar, ya que su participación en el trabajo de campo fue parte fundamental de esta tesis, por todos sus comentarios, sugerencias y ánimo en todo momento, además de los muy buenos ratos en campo donde quiera que este haya sido.

A Pronatura Noroeste A. C., en especial a Gustavo Danemann, responsable del proyecto: “Conservation of the Brant (*Branta bernicla*) and other migratory waterbirds in the Guerrero Negro-Ojo de Liebre coastal lagoon complex, Baja California Sur, México”, proyecto del cual surge la presente investigación. Gracias por todo su

apoyo. También a todo el personal de esta institución que estuvo involucrado de manera indirecta en el desarrollo de este proyecto como Maria de Jesús de la Cerda ("Mary Chuy") y Socorro Muñoz.

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

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

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

Al Súper Equipo del departamento de Ecología de Exportadora de Sal: Fabián Castillo ("El roca"), Ramiro Zaragoza ("Rami bisnes") y Joaquín Rivera ("El reforzado"), por todo su apoyo logístico en campo y por facilitar en muchas ocasiones el trabajo.

Al postgrado de CICIMAR y sus profesores, por permitirme continuar con mi formación académica.

Al CONACYT y a PIFI, por las becas que me permitieron realizar este estudio de postgrado.

Al Dr. Allan Baker, y a Oliver Haddrath por su apoyo, paciencia y enseñanza al momento de realizar los análisis moleculares de este trabajo en el "Royal Ontario Museum" y en especial a Mark Peck y a su familia por su amistad, hospitalidad y por hacer más placentera mi estancia en Canadá.

A mi buen amigo Antonio Gutiérrez por toda su hospitalidad en Guerrero Negro, que aunque ahora se encuentre en "breeding" siempre es un gusto platicar y compartir experiencias y por hacer de la observación de aves un fascinante pasatiempo, por compartir sus experiencias como observador de aves y por los nuevos "lifers".

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

Y por último aunque no menos importante a todos los individuos de *L. fedoa* del complejo de humedales de Guerrero Negro por su participación y cooperación ya que sin ustedes veo difícil que este trabajo pudiera ser.

ÍNDICE **Página**

LISTA DE FIGURAS **iv**

LISTA DE TABLAS **vii**

GLOSARIO **viii**

RESUMEN **ix**

ABSTRACT **xii**

1. INTRODUCCIÓN **1**

2. ANTECEDENTES **4**

3. JUSTIFICACIÓN **9**

4. OBJETIVO **11**

4.1 METAS **11**

5. ÁREA DE ESTUDIO **12**

6. MATERIALES Y MÉTODOS **15**

6.1 TRABAJO DE CAMPO **15**

6.1.1 Censos **15**

6.1.2 Capturas **16**

6.2 ANALISIS MOLECULARES DE LAS MUESTRAS DE SANGRE **17**

6.3 ANÁLISIS DE DATOS **17**

6.3.1 Abundancia y distribución temporal de *L. fedoa* durante la primer temporada (2006-07). **17**

6.3.2 Desarrollo del Plan de Monitoreo **18**

6.3.3 Cambios temporales en la abundancia de *L. fedoa* en las tres temporadas de estudio (2006-09) **19**

6.3.4 Establecimiento de los criterios para la identificación del sexo por medio de caracteres morfométricos **19**

6.3.5 Estructura poblacional por sexo **20**

6.3.6 Morfometría **20**

6.3.7 Cambios temporales de la masa corporal por sexo **21**

6.3.8 Cronologia de la muda de las plumas primarias **22**

7. RESULTADOS **23**

Página

7.1 ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE L. fedoa DURANTE LA PRIMER TEMPORADA (2006-07). **23**

7.2 DESARROLLO DEL PLAN DE MONITOREO **25**

7.3 CAMBIOS TEMPORALES EN LA ABUNDANCIA DE *L. fedoa* EN LAS TRES TEMPORADAS DE ESTUDIO (2006-09) **29**

7.4 CAPTURAS **30**

7.5 ANÁLISIS MOLECULARES **31**

7.6 ESTABLECIMIENTO DE LOS CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL SEXO POR MEDIO DE CARACTERES MORFOMÉTRICOS **31**

7.7 ESTRUCTURA POBLACIONAL POR SEXO **36**

7.8 MORFOMETRIA **37**

7.9 CAMBIOS TEMPORALES DE LA MASA CORPORAL POR SEXO **38**

7.9.1 Machos **38**

7.9.2 Hembras **40**

7.10 CRONOLOGIA DE LA MUDA DE LAS PLUMAS PRIMARIAS **40**

8. DISCUSIÓN **42**

8.1 ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION TEMPORAL DE *L. fedoa* DURANTE LA PRIMER TEMPORADA (2006-07). **42**

8.2 DESARROLLO DEL PLAN DE MONITOREO **45**

8.3 CAMBIOS TEMPORALES EN LA ABUNDANCIA DE *L. fedoa* EN LAS TRES TEMPORADAS DE ESTUDIO (2006-07, 2007-08 y 2008-09). **47**

8.4 ESTABLECIMIENTO DE LOS CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL SEXO POR MEDIO DE CARACTERES MORFOMÉTRICOS **49**

8.5 ANÁLISIS MOLECULARES **51**

8.6 ESTRUCTURA POBLACIONAL POR SEXO **51**

Página

8.7 MORFOMETRIA **54**

8.8 CAMBIOS TEMPORALES DE LA MASA CORPORAL POR SEXO **54**

8.9 CRONOLOGIA DE LA MUDA DE LAS PLUMAS PRIMARIAS **57**

8.10 DISCUSIÓN GENERAL **58**

9. CONCLUSIONES **60**

10. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS **62**

11. BIBLIOGRAFÍA CITADA **63**

12. ANEXOS **73**

LISTA DE FIGURAS **Página**

Figura 1. El Picopando canelo (*Limosa fedoa*) con plumaje básico en el complejo de humedales de Guerrero Negro. **4**

Figura 2. Área de estudio. Se resalta en gris y negro las áreas del complejo de humedales de Guerrero Negro en los que se realizaron los censos. **14**

Figura 3. Abundancia mensual de *L. fedoa* por sección en el complejo de humedales de Guerrero Negro durante la temporada 2006-2007. **24**

Figura 4. Abundancia estacional de *L. fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro, la barra gris oscuro muestra las abundancias máximas y la gris claro muestra las abundancia promedio y su intervalo de confianza al 95%, las literales indican los grupos homogéneos **24**

Figura 5. Área de estudio en donde se resalta en gris y negro las áreas seleccionadas para realizar el monitoreo **26**

Figura 6. (A) Relación entre la abundancia total de *L. fedoa* en el área de estudio y en las 23 zonas elegidas mensualmente. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. (B) Tendencia de los coeficientes de determinación y los residuales de las relaciones entre la abundancia total y la abundancia acumulada en las 23 zonas elegidas. **28**

Figura 7. Abundancia de *L. fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro por temporada de estudio. En gris claro se muestra el máximo observado para cada temporada y en gris oscuro la media correspondiente y su respectivo intervalo de confianza al 95%, las literales indican los grupos homogéneos. **29**

Figura 8. Abundancia de *L. fedoa* por temporada y estación del año en el complejo de humedales de Guerrero Negro. En gris claro se muestra el máximo observado y en gris oscuro la media correspondiente y su respectivo intervalo de confianza al 95%, las literales indican los grupos homogéneos **30**

Figura 9. Diferencias de las longitudes de culmen por sexo. (A) intervalos de confianza al 95%. (B) Muestra de las diferencias en tamaño del culmen en machos(*) y hembras(**) de *L. fedoa*. **33**

Figura 10. Distribución general de la frecuencia de la longitud del culmen de todos los individuos de *L. fedoa* capturados de agosto de 2007 a abril 2009. Se muestran las curvas normales por sexo y se indican los intervalos propuestos para la identificación morfométrica del sexo. Se muestra en A: (*) el porcentaje de efectividad para cada sexo, (**) el porcentaje de individuos mal identificado para cada sexo y (***) el porcentaje de individuos no identificado para cada sexo. **35**

Figura 11. Proporción de machos de *L. fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro por temporada y por estación del año. Se indican en paréntesis los tamaños de muestra para cada caso. **36**

Figura 12 Masa corporal (g) de los machos de *L. fedoa* por estación (A), y por la interacción temporada-estación (B). En ambos casos las literales indican los grupos homogéneos. **39**

Figura 13. Pesos (g) de las hembras de *L. fedoa* por estación del año, se muestran los intervalos de confianza al 95%, las literales indican los grupos homogéneos. **40**

Figura 14. Cronología mensual de muda para *L. fedoa* en el Complejo de Humedales de Guerrero Negro. SM= Sin Muda, M=Mudando y MC= Muda Completa. **41**

Figura 15. Abundancia promedio de *L. fedoa* (barras) y temperatura ambiente mínima promedio (línea) en (A) Invierno y (B) Primavera (Estación Meteorológica de Exportadora de Sal) en el Complejo de humedales de Guerrero Negro. **48**

Figura 16. Imagen de la electroforesis del gel de agar con los fragmentos amplificados de ADN de los cromosomas sexuales. Se muestran cinco hembras (dos bandas, ZW) y tres machos (una banda, ZZ). **77**

LISTA DE TABLAS **Página**

Tabla I. Numero total de registro y abundancia porcentual durante el ciclo anual de las 23 áreas seleccionadas dentro del plan de monitoreo, se indica su ubicación (LOL=Laguna Ojo de Liebre, LGN=Laguna de Guerrero Negro, ES=Exportadora de Sal) y el tipo de ambiente. **27**

Tabla II. Total de individuos capturados de *L. fedoa* por temporada y estación del año en el complejo de humedales de Guerrero Negro. **31**

Tabla III. Media y desviación estándar de los datos morfométricos por sexo (vía molecular) de los individuos de *L. fedoa*. Se muestran los valores del estadístico t, el valor de p y el porcentaje de diferencia promedio entre sexos. **32**

Tabla IV. Media y desviación estándar de las medidas morfométricas por sexo. Se muestran también los valores del estadístico t, el valor de p y el porcentaje de diferencia del tamaño de las hembras respecto al tamaño de los machos. **37**

Tabla V. Resultados de los análisis de varianza de dos vías de las estructuras morfométricas consideradas para machos y hembras. Se muestra el valor del estadístico de prueba, los grados de libertad y el nivel de significancia (p). **38**

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 y de aguas interiores.

Cromosomas sexuales: cromosomas donde se encuentran insertados los genes que controlan la expresión de los caracteres sexuales primarios y secundarios, entre estos últimos está la expresión de caracteres como tamaño y colorido. En el caso de las aves son los cromosomas Z y W (ZZ machos y ZW hembras).

Censo: método que consiste en el conteo o estimación numérica de las aves, separadas por especie, que utilizan determinada zona en determinado tiempo.

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

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

Dimorfismo sexual: diferencias en la forma, coloración y tamaños entre hembras y machos de una misma especie.

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

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.

Sitio de Invernación: Lugar utilizado por diferentes organismos (incluidas las aves) para pasar el invierno. Regularmente, para aves migratorias se trata de lugares con climas más benignos que los de sus áreas de reproducción.

Migración: movimientos estaciónales de los individuos entre las áreas de reproducción y las de Invernación, mediante esta estrategia evitan los climas severos.

Monitoreo: se define como un seguimiento intermitente (regular o irregular) llevado a cabo para determinar los posibles cambios en algún o algunos de los parámetros poblacionales. El monitoreo incluye la recopilación de información que permita hacer conjeturas sobre las causas de los cambios observados. Pese a que es un neologismo proveniente del inglés no aceptado por la Real Academia de la Lengua Española, dicha palabra ha sido aceptada en su uso diario por la comunidad ornitológica de habla hispana.

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

Picopando canelo (*Limosa fedoa*): ave playera migratoria de tamaño grande (46 cm), que presenta un culmen ligeramente recurvado y bicolor, rosado en la base y negro en la punta, tarsos oscuros y una coloración canela en la mayor parte de su plumaje.

Red cañón: tipo de red desarrollada en los últimos 20 años y que brinda excelentes resultados para capturar aves medianas y grandes. En general esta red es colocada en los sitios de posadero, durante mareas altas, posteriormente la red es impulsada por medio de dos piezas de metal que son despedidas por dos cañones, provocando que la red se extienda en el aire y caiga sobre las aves, capturándolas.

PATRONES DE USO DURANTE LA EPOCA NO REPRODUCTIVA DE *Limosa fedoa* (AVES: SCOLOPACIDAE), EN GUERRERO NEGRO, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO.

RESUMEN

El complejo de humedales de Guerrero Negro (GN), es uno de los sitios de mayor importancia para las aves playeras en México y el más importante en el mundo para la invernación de *Limosa fedoa*. Sin embargo, en México no hay trabajos enfocados a esta especie, aunque diferentes instancias indican la necesidad de monitorear el estado poblacional y sus tendencias en los sitios de invernacion. Por lo que en el presente trabajo se determinaron los patrones de uso de *L. fedoa* en GN durante la época no reproductiva. Mediante censos mensuales se determinó la abundancia durante un año (2006-2007). Se realizaron cerca de 560,000 registros (máximo 84,524 aves en diciembre), dicho máximo representa el 50% del estimado poblacional de la especie. Las aves presentaron abundancia alta durante el invierno, media en otoño y primavera y baja, aunque importante, en verano (20% del total de aves invernantes). Se desarrolló un Plan de Monitoreo (PM) el cual permitió reducir un 44% el esfuerzo original, seleccionando sólo las áreas más importantes (71% de la abundancia acumulada) y garantizando un 96% la confiabilidad. Al considerar la importancia del sitio, dicho PM permitirá eventualmente detectar cambios en las tendencias poblacionales. Al poner en practica el PM en las dos temporadas siguientes (2007-09), se observó que estas fueron diferentes entre si con las menores abundancias en la ultima temporada. Las diferencias anteriores probablemente están relacionadas con la temperatura ambiente, ya que a mayor temperatura se registraron las menores abundancias, quizás porque las aves pudieron invernar más al norte. Por otro lado se capturaron 959 individuos de *L. fedoa* de los cuales a 770 se les colectó una muestra de sangre, sólo a 577 individuos se les pudo identificar el sexo por la vía molecular (75% de efectividad de la técnica). A partir de estos resultados se establecieron los criterios para la identificación del sexo, utilizando la longitud del culmen, ya que fue la estructura que presentó las mayores diferencias entre sexos (hembras 21% más grandes que los

machos). Así se plantea que los machos presentan cúlmenes ≤ a 105 mm y las hembras cúlmenes ≥108 mm; con probabilidades de error menores al 1% y pérdida de datos menor al 3% (individuos indeterminados). En GN la proporción de machos fue de 68%, notoriamente mayor que la de las hembras (32%; 2M:1H), la cual se mantuvo por estaciones del año y por temporadas de estudio, sugiriendo así una segregación invernal por sexo, o una población en donde son más abundantes los machos. En cuanto a la masa corporal, tanto para los machos como para las hembras, los pesos mayores estuvieron asociados a las épocas de mayor demanda energética (migración), mientras que los pesos menores se presentaron en invierno para ambos sexos, pues en esta época las aves no requieren de una acumulación notoria de grasa.

USE PATTERNS DURING THE NON-BREEDING PERIOD OF *Limosa fedoa* (SCOLOPACIDAE), IN GUERRERO NEGRO, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.

The Guerrero Negro wetland complex (GN) is one of the most important places for shorebirds in Mexico and the most important wintering place in the world for the Marbled Godwit (MAGO, *Limosa fedoa*). Nevertheless, in Mexico there are no that have focused on this species, and because of the importance of the GN complex it seems important to monitor the population and its tendencies. This study began such a monitoring program by determining the use patterns of the MAGO in GN during the non-breeding period. Using monthly surveys the abundance was determined during a single year (2006-2007). To be 560,000 individuals (maximum 84,524 birds in December). The maximum number observed in december represented 50% of the total population of this species. MAGO abundance was highest during the winter, moderate in autumn and spring and lowest in summer (20% of the total of wintering birds). A monitoring Plan (MP) was developed that would allow a 44% reduction from the original effort, selecting only the most important areas (71% of the accumulated abundance) and guaranteeing a 96% the reliability. This MP will allow detection of changes in population size. By putting into practice the PM during tow following seasons (2007-09), differences were detected among seasons. These differences may have been related to interannual variation in temperature, because the birds could winter further north during a warmer season. In total, 959 individuals of MAGO were captured. From this, 770 samples of blood was collected from 770 different individuals, of which the sex of 577 individuals could be determined by the molecular route (75% of effectiveness of the technique). From these results a technique of identification of sex was developed using the length of culmen, since it was the structure that presented the major difference between sexes (females 21% greater than the males). Also the results suggest that males have a culmen ≤ to 105 mm and the females

a culmen ≥108 mm; and this new technique present a smaller probability of error to the 1% and smaller loss of data to the 3% (indeterminate individuals). In GN the proportion of males was of 68% (2M:1F), and this proportion was the same for all seasons and years of study, suggesting a winter segregation by sex, or a population where the males are more abundant. With respect to the corporal mass, for males and females, the greater weights were associated with seasons of greater energetic demand (migration), and the lower weights were associated with the winter period, because at this time the birds do not require a fat accumulation.

1. INTRODUCCION

Los playeros (Charadrii) son uno de los grupos más variados de aves migratorias que se conocen (Pfister *et al*., 1992; O' Reilly & Wingfield, 1995). En el Continente Americano la mayoría de las especies migran largas distancias desde sus zonas de reproducción en el Ártico y Subártico, hasta sus zonas de invernación en México, Centro y Sudamérica (Palacios *et al*., 1991; Skagen & Knopf, 1993). En el Continente Americano existen tres grandes corredores migratorios: el del Pacífico, el del Atlántico y a través del continente. El corredor migratorio del Pacífico es el más importante por el número de aves y de especies que lo utilizan (Myers *et al*., 1987).

Para poder cumplir con la alta demanda de energía requerida durante sus vuelos migratorios, las aves playeras utilizan diferentes sitios de descanso y alimentación como: pastizales, marismas y aguas someras interiores (Schneider & Mallary, 1982; Skagen & Knopf, 1993). Muchos de los humedales utilizados por las aves playeras son ahora empleados por el hombre para diferentes actividades (Erwin *et al*., 1986; Myers *et al.,* 1987), ocasionando una importante reducción de dichas áreas. Por ejemplo en Estados Unidos se menciona que se ha perdido más del 40% de los ambientes acuáticos interiores (Myers *et al*., 1987). Esta pérdida ha provocado que las poblaciones de algunas aves playeras se hayan reducido en los últimos años, incluido entre ellas el Picopando canelo (*Limosa fedoa*; Beintema, 1986; Melcher *et al.,* 2006). Debido a que estas reducciones poblacionales han ocurrido de manera global, existe una preocupación internacional que ha enfocado su principal atención en las áreas de escala crítica durante su migración, así como en sus sitios de invernación (Tsipoura y Burger, 1999).

En contraste, algunas modificaciones de paisaje hechas por el hombre han resultado benéficas para las comunidades aviares, compensando, al menos en parte, las pérdidas mencionadas (Masero & Pérez-Hurtado, 2001). Diferentes estudios han comprobado que ambientes modificados, como salinas, campos de cultivo, estanques de acuacultura y lagunas de oxidación, entre otros; son utilizados como sitios de alimentación alternos durante períodos de alta demanda

energética o de baja disponibilidad de alimento (Burger, 1984; Davidson & Evans, 1986; Masero, 2003).

En México más de un tercio del litoral se relaciona con algún humedal costero; pese a su innegable importancia ecológica, la información disponible sobre estas zonas para la supervivencia de las aves migratorias es puntual y escasa (Fernández, 2005). México es un sitio importante de invernación y de paso para las aves que migran hacia Centro y Sudamérica. En nuestro país diferentes trabajos que incluyen conteos aéreos limitados a la época de invernación (Morrison *et al*., 1992; Morrison *et al*., 1994; Page *et al*., 1997), han evidenciado que la región más importante para las aves playeras es el Noroeste (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit), se estima que cerca de 700,000 individuos invernan en la zona, lo que se debe principalmente al gran numero de humedales con presencia de grandes extensiones de planicies lodosas. Así mismo, pese a que por comparación el noroeste de México es la región donde se han llevado a cabo más trabajos con aves playeras (Mellink, 2005), existe una carencia generalizada de información, tanto para diferentes sitios como para especies en particular.

En el Noroeste de México la Península de Baja California ha sido señalada por su importancia para las aves playeras por diferentes autores (e. g. Page *et al*.,,1997; Danemann *et al*., 2002), puesto que una fracción importante de las poblaciones de algunas especies inverna en esta región (e. g. 50% de la población de *L. fedoa*, 10% de *Tringa semipalmata*, 7% de *Calidris alpina* y 4% de *C. mauri*; Page *et al*., 1997).

En la porción media occidental de dicha península se encuentra la zona conocida como Bahía Sebastián Vizcaíno, donde se localizan la salina de Guerrero Negro y el complejo lagunar Ojo de Liebre-Guerrero Negro, la importancia de la zona para diferentes especies de aves acuáticas ha sido puesta de manifiesto en variadas fuentes (e.g. Massey & Palacios, 1994; Page *et al*., 1997; Danemann *et al*., 2002), incluidas las aves playeras (Morrison *et al*., 1992; Page *et al*., 1997). De hecho este sitio es uno de los más importantes para dichas aves en México (Danemann *et al.,* 2002; SEMARNAT, 2008). A pesar de su reconocida importancia y a que se trata de una de las zonas con mayor número

de publicaciones respecto a las aves playeras en el país (*p. e.* Carmona *et al*., 2006, Castillo-Guerrero *et al*., 2009), para diferentes especies no existen investigaciones más allá de los conteos invernales.

Una de las especies que más sobresale por su abundancia en la región es el Picopando canelo (*Limosa fedoa*), con cerca de 70,000 aves invernantes (Melcher *et al*., 2006). Debido a esto el área es por mucho el sitio de mayor importancia para la invernación de esta especie, no sólo en la región, sino en el mundo, pues la abundancia máxima observada representa más del 50% de su población global (Morrison *et al.,* 2006). A pesar de la importancia de la zona para el Picopando canelo, no existen investigaciones que permitan conocer aspectos básicos de su migración y estancia invernal en la zona y el uso que la especie hace de ella, así como su distribución espacio-temporal y la estructura de su población, entre otros.

2. ANTECEDENTES

El Picopando canelo (*Limosa fedoa*) es un ave playera grande que se caracteriza por presentar tarsos oscuros y un culmen ligeramente recurvado y bicolor, rosado en la base y negro en la punta (Gratto-Trevor, 2000; Fig 1); alcanza un peso promedio es de 330 g y mide cerca de 46 cm de longitud total (Gratto-Trevor, 2000). Es un ave que no exhibe dimorfismo sexual evidente, aunque se ha señalado una diferencia en tallas y pesos, donde las hembras son más grandes y más pesadas que los machos (Gratto-Trevor, 2000).

Figura 1. El Picopando canelo (*Limosa fedoa*) con plumaje básico en el complejo de humedales de Guerrero Negro

Todas sus poblaciones son migratorias (Skagen & Knopf, 1993). Anida en el norte de E.U.A. y sur de Canadá, en la porción central del continente (*L. fedoa fedoa)*, con algunos grupos poblacionales aislados en Alaska (*L. fedoa beringiae*). *Limosa fedoa* inverna desde las costas de California hasta El Salvador (Gratto-Trevor, 2000). Existe evidencia de que esta especie alcanza su madurez

reproductiva hasta el segundo o tercer año de vida, de tal forma que es probable que muchas de las aves que pasan el verano en los sitios de invernación sean juveniles (Mellink *et al*., 1997; Danemann *et al.,* 2002).

Recientemente se han estudiado a detalle algunos aspectos de su biología reproductiva y poblacional, aunque prácticamente todos los trabajos se han realizado en los Estados Unidos y Canadá, muchos de ellos enfocados principalmente a cuestiones relacionadas con su reproducción y sólo una parte realizados durante la época no reproductiva (migración e invernación; Gratto-Trevor, 2000).

Algunos de los estudios durante la época reproductiva describen su comportamiento y la importancia de los vuelos de escaparate de los macho en la formación de las parejas, así mismo describen que el macho realiza diferentes cavidades en el suelo y la hembra es quien aprueba o desaprueba la cavidad que posteriormente se ubicará el nido (Nowicki, 1973). Ryan *et al*., (1984), examinaron el hábitat reproductivo y establecieron que el territorio reproductivo de cada pareja es muy amplio, ya que puede abarcar hasta 90 ha, e incluye tanto sitios de alimentación, como el área de anidación, por lo que la densidad de parejas en los sitios reproductivos es muy baja, de entre 0.2-0.7 parejas/km^2, al menos para el norte de Dakota. En Alberta, Gratto-Trevor (1999) observó que en áreas con agua disponible se presentó una mayor densidad, de hasta 7.4 parejas/km^2, mientras que en áreas secas fue de 1.1 a 1.7 parejas/km^2.

Para la época no reproductiva sobresalen algunos trabajos sobre el comportamiento alimenticio y selección de hábitat, varios de los cuales se han llevado a cabo en California (Dodd & Colwell, 1996; Colwell & Dodd, 1997). Uno de los trabajos más relevantes para la época invernal es el de Kelly y Cogswell (1979) quienes proporcionan los primeros datos sobre movimientos locales y migratorios en la Bahía de San Francisco, Cal., encontraron un ámbito hogareño (*home range*) restringido entre sus sitios de alimentación y de descanso y una fidelidad al sitio de invernación de un 35%.

Estudios relacionados con sus hábitos alimenticios, muestran que los poliquetos conforman el principal alimento en otoño, los bivalvos durante el

invierno y cangrejos y bivalvos durante la primavera (Gratto-Trevor, 2000). Trabajos sobre la selección del hábitat durante la migración y el invierno mencionan que la especie utiliza diferentes ambientes como la zona intermareal, playas lodosas o arenosas, estuarios, marismas y manglares e incluso humedales interiores, aunque también puede utilizar como sitios de descanso o alimentación ambientes alternos como: campos de cultivo, salinas y lagunas de oxidación (Shuford *et al.*,1989; Gratto-Trevor, 2000). Adicionalmente se ha demostrado que la especie muestra fidelidad a las áreas de alimentación y descanso (Melcher *et al.*, 2006).

Gratto-Trevor (2002) menciona que el marcaje de individuos de *L. fedoa* entre 1995-1998 en Alberta Canadá (sitio de reproducción), mostró que algunos individuos viajaron a las costas de California EE.UU. y otros pocos a las costas de la Península de Baja California. Teniendo en cuenta el tiempo de los avistamientos y la cantidad de observadores de aves en California, comparados con los de México, es probable que un alto número de las aves que se reprodujeron en Alberta pasen el invierno en las costas de México y más probablemente en las de la Península de Baja California.

En México la información sobre esta especie es muy escasa, pese a que el noroeste mexicano es la región con la mayor abundancia invernal (Gratto-Trevor, 2000; Melcher *et al.*, 2006). Algunos datos de censos puntuales en diferentes sitios de la Península de Baja California, indican que en humedales como Bahía San Quintín (7,500 aves), Laguna San Ignacio (8,000), Bahía Magdalena (3,000) y el Complejo Lagunar Ojo de Liebre-Guerrero Negro (70,000) inverna cerca del 65% del total de la población mundial estimada (Morrison *et al*., 1992; Mellink *et al*., 1997; Page *et al*., 1997; Carmona & Danemann, 1998). Guerrero Negro es, por mucho, el sitio de mayor importancia para la invernación de esta especie. Sin embargo, como ya se mencionó esta información fue generada a partir de censos puntuales realizados sólo en invierno (Morrison *et al*., 1992; Page *et al.*, 1997; Engilis *et al*., 1998), por lo que no permite visualizar los cambios temporales en la utilización de la zona.

Además de los censos puntuales, algunos trabajos que se han llevado a cabo con aves playeras en la región incluyen a la especie *Limosa fedoa*. Entre

estos se encuentra el realizado por Brabata y Carmona (1998) quienes analizaron la conducta alimenticia de cuatro especies de escolopácidos, entre ellos *L. fedoa* en la Ensenada de La Paz. Dicho trabajo muestra que el uso de las planicies de marea está influenciado por los ciclos de marea. Con respecto a la conducta alimenticia *L. fedoa* se alimentó siempre en la línea de marea o dentro del agua, utilizando más el método por sondeo durante las mareas vivas y el picoteo múltiple y el sondeo en mareas muertas, formando siempre grupos monoespecíficos,

Castillo-Guerrero *et al.* (2009) realizaron un estudio sobre el uso de hábitat de dos especies de aves playeras en la salina de Guerrero Negro, incluida *L. fedoa*. En dicho trabajo se demostró que las fluctuaciones en la abundancia estuvieron determinadas por la conducta migratoria, así mismo se indica que el tipo de hábitat y la hora del día influyeron en el patrón de actividad de los individuos, mientras que la marea no influyó en la conducta. Además se observó que el hábitat artificial fue tan importante como el natural.

Ayala-Pérez (2008) evaluó el efecto del nivel del mar sobre la abundancia y conducta alimenticia de aves playeras en Guerrero Negro, durante una temporada no reproductiva. *L. fedoa* fue una de las especies más abundantes. La abundancia de *L. fedoa* en el ambiente artificial se vio afectada por el nivel de marea en las tres estaciones del año que se consideraron (otoño, invierno y primavera), mientras que en el ambiente natural sólo se vio afectada en invierno y primavera. En lo que se refiere al número de individuos alimentándose, se observó que el ambiente artificial en invierno sirvió como sitio de alimentación complementaria, mientras que en otoño y primavera el sitio fue utilizado sólo para descansar. En el ambiente natural el número de individuos alimentándose estuvo más relacionado con la disponibilidad de la planicie por efecto del nivel de marea. Se indica que el uso de ambos ambientes estuvo determinado en parte por el nivel de marea, pero que existen otros factores como la hora del día, el viento y la competencia entre otros.

Otro de los trabajos que sobresale por su importancia es el Plan de Conservación para *L. fedoa* (Melcher *et al*., 2006), que tiene como principal objetivo servir de herramienta para brindar información necesaria en el desarrollo

de estrategias de conservación de la especie, ya que identifica los sitios de mayor importancia (e.g. Bahía de James, Región de las Planicies Centrales, las costas del Pacifico de EE.UU. y la Península de Baja California), sus amenazas (e.g. pérdida, fragmentación y degradación del hábitat, contaminación y disturbio humano), algunas estrategias de conservación (*e.i.* restauración, manejo y protección del hábitat, programas de monitoreo) y brinda un panorama acerca de las necesidades en la investigación y monitoreo**.**

3. JUSTIFICACION

El Picopando canelo presenta una población global relativamente pequeña (170,000 aves; Morrison *et al.*, 2006), además sus tendencias poblacionales y su ecología han sido poco estudiadas y muchos de sus sitios de invernación se han perdido o se han degradado (Gratto-Trevor, 2000; Melcher *et al*., 2006). Además, la especie es del interés de diferentes instancias tanto nacionales como internacionales. *L. fedoa* está considerada por el Plan de Conservación de Aves Playeras de Estados Unidos y Canadá (Donaldson, 2001; Brown *et al*., 2001), así como por la Red Hemisférica de Reserva de Aves playeras como una especies de alta prioridad, mientras que el Plan de Conservación del Sonoran Join Venture la catalogada como una especie de alta vulnerabilidad, mismo nivel de vulnerabilidad que le asigna el Gobierno Mexicano (SEMARNAT, 2008).

Dentro de los programas de manejo y conservación de esta especie existe una necesidad crítica de desarrollar e implementar programas de monitoreo que permitan conocer el estado poblacional, sus tendencias, su distribución y uso de hábitat, tanto en los sitios de invernación como en los sitios de paso. Dicha información es relevante para la elaboración de planes de manejo y protección (Melcher *et al*., 2006).

Es importante remarcar que existe una falta de información en cuestiones sobre su ecología poblacional, especialmente en los sitios de invernación y de paso, sin la cual es difícil determinar dónde es necesario enfocar los esfuerzos de monitoreo y conservación. Por ejemplo es necesaria una mejor comprensión de la calidad del hábitat, la condición de las aves (tasas de cambio de las masas corporales), determinar de que manera se segregan las clases de sexo y edad o hasta que punto estas aves exhiben fidelidad al sitio de invernación (Gratto-Trevor, 2000; Melcher *et al.*, 2006).

Así mismo, la inexistencia de un método practico y poco invasivo que permita la identificación del sexo de los individuos, ha dificultado incluir dentro de las investigaciones temas relacionados con diferentes parámetros poblacionales de la historia de vida relacionados con el sexo, tales como la proporción de sexos, historias de vida de cada sexo, tiempos de migración, segregación por sexo en su

intervalo de distribución invernal y mas especifico segregación espacial dentro de un mismo sitio de invernación (Gratto-Trevor, 2000; Melcher *et al*., 2006). Se ha demostrado que, para especies similares, el complementar datos de campo (morfometria) y métodos de laboratorio (análisis genéticos) permite desarrollar y probar métodos poco invasivos y eficientes para la identificación del sexo (Baker *et al*., 1999; Gunnarsson *et al*., 2006; Ottvall & Gunnarsson, 2007).

Aunado a lo anterior, al considerar que el complejo de humedales de Guerrero Negro (incluyendo en él a las laguna Ojo de Liebre y Guerrero Negro y a la salina Exportadora de Sal), es el sitio de invernación más importante registrado a nivel mundial para *L. fedoa* (Gratto-Trevor, 2000; Melcher *et al*., 2006), el trabajo aquí presentado, representa un acercamiento adecuado para comprender el papel de Guerrero Negro en la migración e invernación de esta especie, sobre todo al considerar que el área ofrece una amplia variedad de ambientes naturales y modificados, que son utilizados como áreas de alimentación alternativa y descanso.

4. OBJETIVO

Determinar los patrones de uso de *Limosa fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro, durante la época no reproductiva.

4.1. METAS

A través de censos:

(1) Estimar y comparar los cambios temporales en la abundancia de *L. fedoa* en todo el complejo de humedales de Guerrero Negro a lo largo de una temporada de trabajo (julio 2006-junio 2007);

(2) Determinar las áreas de mayor importancia para *L. fedoa* dentro del complejo de humedales de Guerrero Negro y establecer un plan de monitoreo;

(3) Monitorear a la especie a lo largo de dos ciclos anuales (2007-09) y comparar los cambios temporales en la abundancia de *L. fedoa* durante las tres temporadas de estudio.

Mediante capturas:

(4) Determinar, con muestras de sangre, el sexo de los individuos mediante el análisis genético con extracción del ADN

(6) Establecer los criterios morfométricos que permitan la identificación del sexo en campo, validada mediante el análisis genético con extracción de ADN.

(5) Determinar cambios temporales morfométricos por sexo

(6) Determinar cambios temporales de la masa corporal por sexo

(7) Obtener el patrón de muda de las plumas primarias de *L. fedoa* en Guerrero Negro.

5. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la porción media occidental de la Península de Baja California, México, en la zona conocida como Bahía de Sebastián Vizcaíno (Wyllie, 1961; Fig. 2). En dicha bahía se localizan dos cuerpos de agua:

(1) Laguna de Guerrero Negro con una superficie de 2,100 ha y una longitud norte-sur de casi 13 km. La anchura máxima es de 8 km y se comunica al mar abierto por una boca que mide cerca de 4.5 km. El sedimento se conforma de arena intercalada con aluvión; sobre la superficie de granos fosilíferos se encuentran estratos de arenisca (Contreras, 1985). La salinidad en verano fluctúa entre 35.5 y 37.5 ups, mientras que en invierno presenta valores entre 34.7 y 35.6 ups. Las máximas corrientes de marea alcanzan los 5 km/h en la parte interna de la laguna. Este sistema lagunar se clasifica, según Lankford (1977), como una laguna tipo III-A: con barreras arenosas extensas, escorrentías de ríos o arroyos ausentes o muy localizadas, morfología y batimetría modificada por la acción de las mareas, energía relativamente baja excepto en los canales y durante condiciones de tormenta, salinidad variable, dependiendo del clima de la zona.

(2) Laguna Ojo de Liebre con una superficie de 57,100 ha (Lluch-Cota *et al*., 1993). La mayoría del sedimento es fino a muy fino, con arena media en los canales; los limos y arcillas se presentan en el interior de la laguna (Phleger & Ewing, 1962). Las variaciones de temperatura y salinidad se deben principalmente a las mareas, llegándose a registrar salinidades de 47 ups en la parte interna (Contreras, 1985). Las corrientes predominantes no sobrepasan los 4 km/h, pero pueden ser muy turbulentas, con el intervalo de mareas ubicado entre 1.20 y 2.7 m. Las profundidades máximas de la laguna son de casi 25 m. Según Lankford (1977), la laguna es del tipo I-C: con barreras arenosas, desembocaduras de ríos ausentes o poco frecuentes, forma y batimetría variable modificada por procesos costeros.

La vegetación en ambas lagunas es del tipo matorral halófilo y de dunas costeras, con marismas formadas de *Spartina foliosa y Salicornia pacifica,* que

crecen en la orilla interna de las áreas intermareales, y especies sumergidas, como *Zostera marina, Phyllospadix scouleri y Ruppia maritima* (León *et al.,* 1991).

Adyacentes a la laguna Ojo de Liebre hacia la parte sureste de la misma se encuentra la salina de Guerrero Negro (Exportadora de Sal S. A. de C. V., en adelante ESSA) con 33,000 ha de humedales artificiales (Fig. 2), ésta es la empresa salinera más grande del mundo y basa su producción en la evaporación solar y por viento que favorecen la evaporación del agua de mar. El proceso implica el bombeo de agua marina en dos puntos (estaciones), Área 1 (A1) y Salitrales 1-A (S1-A), a partir de los cuales el agua pasa a las áreas de concentración, que abarcan 33,000 ha. En las dos primeras áreas (A1 y S1-A) las condiciones del agua son muy similares a las de la laguna (35-38 ups). A partir de estas áreas comienza el proceso de evaporación, en el cual el agua circula por el resto de las 13 áreas de concentración, hasta alcanzar salinidades cercanas a las 250 ups. Posteriormente la salmuera así formada pasa a una serie de vasos de cristalización, en donde la sal se precipita y es cosechada. Las áreas de concentración se encuentran separadas entre sí por una serie de diques, en su mayoría transitables y la salinidad dentro de cada una se mantiene constante. Observaciones anteriores indican que en general, las aves no utilizan los vasos de cristalización ni las áreas de concentración con mayores salinidades (Carmona & Danemann, 1998).

El área de estudio presenta una alta heterogeneidad en el tipo de ambientes, pudiéndose observar planicies lodosas, ambientes rocosos, dunas, playas arenosas, planicies de marisma y pozas hipersalinas. Los tres humedales (Ojo de Libre-Guerrero Negro-Exportadora de Sal), se encuentran en el extremo de un plano aluvial entre la sierra de San Borja y la sierra de San Andrés, pertenecen a la región fisiográfica de Sebastián Vizcaíno (Padilla *et al.,* 1991). El litoral se encuentra ubicado dentro de la provincia Sandieguense (templada-cálida) de la región Californiana (Briggs, 1974). El clima de la región es desértico muy seco, semicálido con una temperatura media anual de entre los 18 y 22°C, con un régimen de lluvia intermedio invernal cercano a los 70 mm y una oscilación térmica extremosa que varía entre 7 y 28°C (Datos obtenidos de la Estación Meteorológica de Exportadora de Sal).

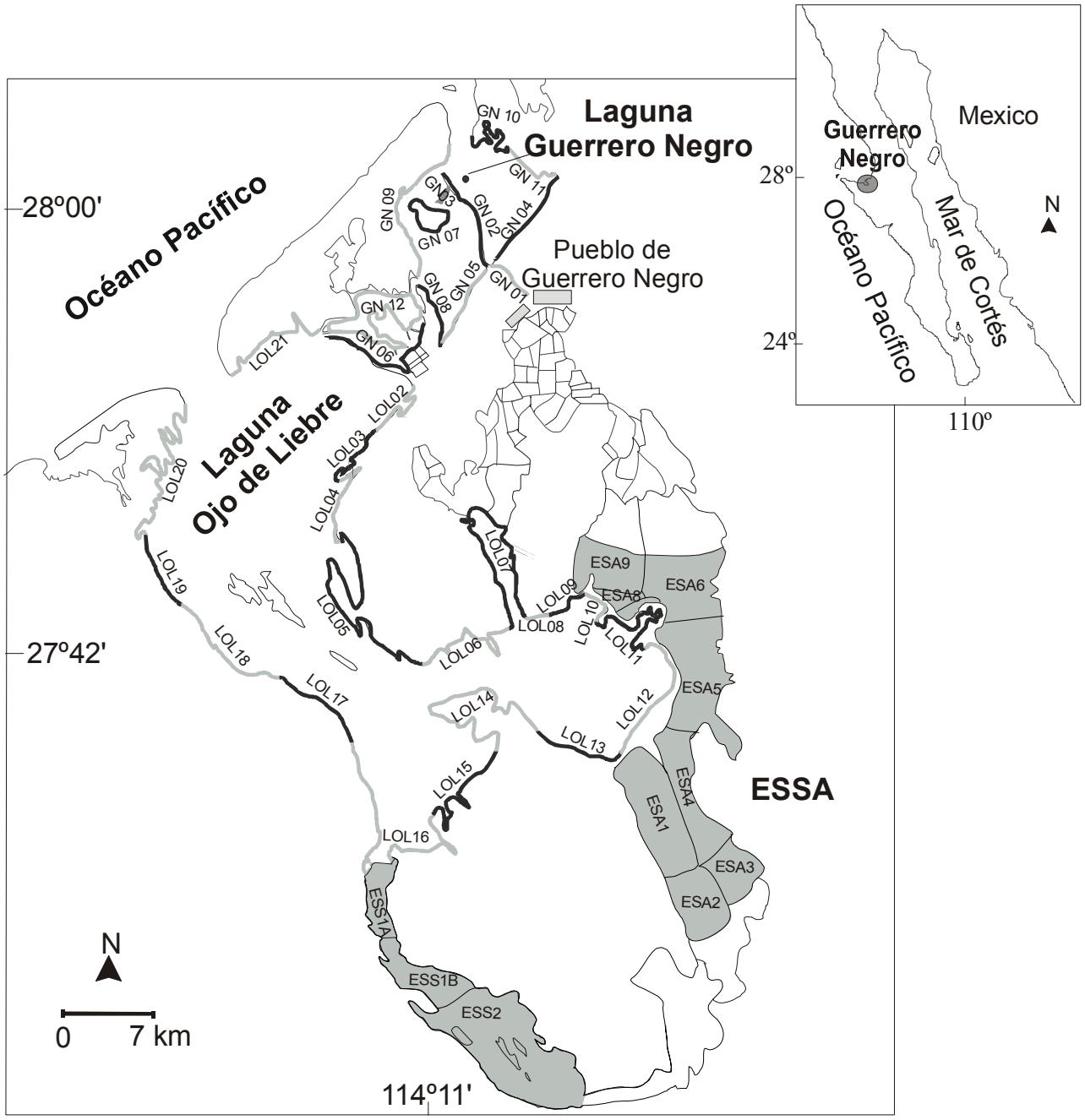


Figura 2. Área de estudio. Se resalta en gris y negro las áreas del complejo de humedales de Guerrero Negro en los que se realizaron los censos.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo en campo incluyó visitas mensuales de 7 días de trabajo al área de estudio desde julio 2006 hasta junio 2009, en donde para poder cumplir con el objetivo propuesto se planteó realizar dos actividades de campo básicas: censos de julio 2006 a junio 2007 y posterior a ello de julio 2007 a junio 2009 excluyendo de estas dos ultimas temporadas los meses de mayo y junio (verano) y capturas con redes de cañón de agosto 2007 a abril 2009, sin considerar mayo y junio de cada año (para mas detalle en cuanto a las fechas ver Anexo I).

6.1.1 Censos

Se realizaron 12 censos entre julio 2006 y junio 2007, dado el esfuerzo requerido sólo se realizó un censo mensualmente. Los censos se llevaron a cabo en todo el complejo de humedales de Guerrero Negro (laguna Ojo de Liebre-laguna Guerrero Negro-Exportadora de Sal). Se consideraron 12 áreas del ambiente artificial, atendiendo a sus diferentes salinidades. Mientras que las lagunas fueron divididas en 21 (Ojo de Liebre) y 12 zonas (Guerrero Negro). Dichas divisiones se realizaron con base al tipo de ambiente (lodoso, arenoso, dunas y marismas) y su origen (natural y artificial), obteniéndose 45 áreas en total. (Anexo II).

Los censos se llevaron a cabo desde automóviles, cuatrimotocicletas y lanchas, dependiendo de la naturaleza del terreno. Para realizar los conteos se utilizaron binoculares (10x) y telescopios (15-60x). En cada una de las 45 divisiones en que se dividió el área de estudio, las parvadas se contaron directamente cuando sus números no sobrepasaron los 300 individuos aproximadamente, parvadas mayores se estimaron utilizando el método de bloques sugerido por Howes y Bakewell (1989). El método de bloques implica contar una parte o un bloque de la parvada, posteriormente se usara la abundancia del bloque como modelo para contar el resto de la parvada de aves. El tamaño del bloque puede variar dependiendo el tamaño total de la parvada, en este caso el bloque varió de 10 a 1000 individuos (Howes & Bakewell, 1989). Cabe destacar que, además de lo

anterior, cada parvada fue estimada por dos observadores al mismo tiempo; si las estimaciones difirieron sustancialmente, se repitió el ejercicio nuevamente.

En la segunda y tercera temporada de julio 2007 a junio 2009 (excluyendo mayo y junio en ambos años) sólo se realizó el recorrido de las zonas consideradas dentro del plan de monitoreo, para así dar seguimiento a las abundancias del Picopando canelo en el complejo de humedales de Guerrero Negro.

6. 1. 2 Capturas

Para poder capturar a las aves se tramitó la autorización de la Dirección General de Vida Silvestre según el oficio: SGPA/DGVS/06712/07. Las capturas se llevaron a cabo de agosto de 2007 a abril de 2009, sin considerar mayo y junio de cada año, utilizando una red cañón de 12.2 x 7 m con luz de malla de 3.2 cm. Esta red es impulsada por medio de dos piezas de metal que son despedidas por dos cañones, provocando que la red se extienda en el aire y caiga sobre las aves dejándolas atrapadas. Esta técnica ha resultado efectiva para capturar aves playeras de mediano y gran tamaño que con otros métodos ha resultado difícil de capturar. La red fue colocada en los lugares en los que la especie se congrega a descansar durante las mareas altas.

Una vez capturadas, las aves se desenredaron y transportaron en cajas plásticas a una zona de trabajo alejada de la red, para posteriormente realizar la toma de datos. Los datos considerados incluyeron el peso y las siguientes longitudes: culmen expuesto, cabeza, tarso y longitud del ala. Cabe mencionar, que para la cabeza se midió la cabeza más el culmen, por lo que para obtener la medida de la cabeza se restó la medida respectiva del culmen. Para obtener el peso se utilizó una balanza analítica (±0.1 g); el culmen expuesto, la cabeza y el tarso se midieron con un vernier electrónico (±0.1 mm); por último, la cuerda alar se determinó con la ayuda de una regla (±1 mm).

Para establecer la cronología de muda de las aves, se incluyeron las categorías siguientes: sin muda, mudando y muda completa; según la condición de la cinco plumas primarias externas de las alas. Para identificar el sexo de cada

uno de los individuos se recolectó una muestra pequeña de sangre de la vena braquial del ala, llevando a cabo una punción con ayuda de una lanceta y recolectando la muestra de sangre en un rectángulo de papel filtro tipo Whitman, mismo que se guardó en un tubo Eppendorf, bajo congelación hasta el momento de ser analizado mediante el análisis molecular de cariotipo para así identificar el sexo de cada uno de los individuos (Malago *et al.*, 2002; Matta *et al.*, 2008). Posterior a esto las aves fueron liberadas.

6. 2 ANALISIS MOLECULARES DE LAS MUESTRAS DE SANGRE

El autor del trabajo presente viajó al Museo de Historia Natural de Ontario a cargo del Dr. Allan Baker, para analizar las muestras de sangre colectadas de las aves capturadas, mediante el análisis genético con extracción de ADN y así identificar del sexo de cada individuo. Los detalles del protocolo del análisis de cariotipo se presentan en el anexo III.

6. 3 ANALISIS DE DATOS

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete STATISTICA 6.0. Se llevaron a cabo pruebas de normalidad (Bondad de ajuste X^2 o Kolmogorov-Smirnov, dependiendo del número de datos de cada caso) y homocedasticidad (Barlett), para poder justificar el uso de estadística paramétrica (Zar, 1999). En su defecto se emplearon los equivalentes no paramétricos (Zar, 1999). Todas las diferencias significativas de los análisis se detectaron con pruebas *a posteriori* (Tukey o Nemenyi, según el caso; Zar, 1999). Los análisis se llevaron a cabo en todos los casos al 95% de confianza (α=0.05).

6. 3. 1. Abundancia y distribución temporal de *L. fedoa* durante la primer temporada (2006-07).

Con los datos de abundancia de *L. fedoa* de la primera temporada (julio 06-junio 07) en todo el complejo de humedales de Guerrero Negro, se realizó una descripción mensual de los datos. Posteriormente las abundancias mensuales se agruparon por estación del año, considerando la siguiente temporalidad: otoño de julio a octubre; invierno, de noviembre a febrero; y primavera marzo y abril; excluyendo los censos de mayo y junio. El criterio biológico considerado para

poder hacer las agrupaciones de los meses en las estaciones del año se basó en los cambios temporales del peso y de las abundancias observadas en el presente trabajo (ver resultados) y cabe destacar que coinciden con los criterios para otras especies de aves playeras en la zona (e.*g. Calidris mauri*, Arce, 2008; *C. canutus*, Carmona *et al*., 2008). Las abundancias por estación se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía, (Zar, 1999), considerando como tratamientos las estaciones del año.

6. 3. 2. Desarrollo del Plan de Monitoreo

Con la información proveniente de los censos de la temporada 2006-07 y como una herramienta para el desarrollo de un plan de monitoreo de *L. fedoa*, se realizó un ejercicio de priorización de zonas, con base en los resultados de la distribución espacio-temporal de las abundancias. Se consideraron dos criterios fundamentales para la inclusión de las diferentes zonas, la abundancia acumulada y la localización geográfica de cada una en el complejo. Con este plan se pretende reducir lo más posible el esfuerzo del muestreo, para facilitarlo pero manteniendo un alto margen de confiabilidad (superior al 90%).

La pertinencia de la elección de las zonas fue probada mediante un análisis de regresión lineal (Zar, 1999), en el que se relacionó la abundancia para todas las áreas (variable dependiente) y la determinada para las zonas seleccionadas (variable independiente). El modelo generado por dicho análisis pretende estimar la abundancia total en el complejo lagunar, determinando únicamente la existente en las zonas seleccionadas.

Así mismo, se realizaron tantos análisis de regresión lineal simple como numero de zonas seleccionadas (Zar 1999), con la finalidad de observar los cambios de los coeficientes de determinación y de la suma de cuadrados residual, conforme se incrementaron el número de zonas. Para realizar estos análisis, se ordenaron las abundancias totales de zonas seleccionadas de mayor a menor. En todos los casos la variable dependiente fue la abundancia total. En el primer análisis re relacionó esta última con la abundancia de la zona que presentó la mayor concentración de individuos (variable independiente), en el segundo

análisis se relacionó con la abundancia acumulada de las dos zonas más importantes y así sucesivamente.

6. 3. 3. Cambios temporales en la abundancia de *L. fedoa* en las tres temporadas de estudio (2006-09)

El plan de monitoreo desarrollado se puso en practica durante las temporadas 2007-08 y 2008-09, recorriendo sólo las zonas incluidas dentro del mismo. Con las abundancias de las zonas recorridas y con el modelo generado del plan de monitoreo se estimó la abundancia de *L. fedoa* para todo el complejo de humedales de Guerrero Negro (Guerrero Negro, Ojo de Liebre y ESSA). Las abundancias mensuales estimadas se agruparon por temporada y por estación del año, atendiendo a la temporalidad antes mencionada. Los datos de abundancia estacional se analizaron mediante un análisis de varianza de dos vías (Zar, 1999), considerando a las estaciones del año (otoño, invierno y primavera) y a las temporadas de trabajo (tres temporadas: 2006-07, 2007-08, 2008-09) como los tratamientos.

6. 3. 4. Establecimiento de los criterios para la identificación del sexo por medio de caracteres morfometricos

Del total de muestras de sangre colectadas, sólo de 577 muestras se obtuvieron resultados positivos en el Laboratorio del Royal Ontario Museum. De las 577, se seleccionó aleatoriamente una muestra de 77 individuos, los cuales se excluyeron de los análisis, para poder ser utilizados como referencia, para evaluar la efectividad de la técnica de sexado basada en caracteres medidos.

Para los 500 individuos de los que se conocía el sexo por la vía molecular (excluyendo los 77 antes mencionados) se compararon las medidas de las diferentes estructuras morfométricas (culmen, cabeza, tarso y peso). Los datos fueron previamente separados por sexo, las comparaciones se realizaron mediante pruebas t de diferencia de medias (Zar, 1999). Esta fue la base para seleccionar la estructura en la que se presentara la mayor diferencia entre sexos y con ella establecer los criterios para la identificación del sexo.

Con la variable seleccionada se genero su distribución normal a partir de su media y varianza. A partir de las dos distribuciones normales para cada estructura (una por sexo) se determinó la sobreposición entre ambas. El intervalo de indeterminados (aquel en el que no es posible determinar el sexo), se ubicó de tal manera que permitiera minimizar la probabilidad de error (identificar un macho por hembra y viceversa) y considerando lo anterior, se propuso lo más pequeño posible, para también minimizar la probabilidad de no identificar el sexo; logrando así maximizar la probabilidad de éxito en el sexado individual (Page y Fearis, 1971).

La efectividad de esta técnica se probó con las 76 aves no incluidas en el análisis anterior, para lo cual también se determinaron los porcentaje de éxito, error y de no sexado.

6. 3. 5. Estructura poblacional por sexo

Con base en los resultados de la técnica morfométrica para el sexado de los individuos, se asignó el sexo a cada una de las aves capturadas. Para evaluar la probabilidad de diferencia en la proporción de sexos en el área de estudio, se llevó a cabo una prueba t de proporciones de una población comparando la proporción de uno de los sexos contra una proporción teórica de 0.50 para cada sexo (1H:1M), caso teórico en el cual las proporciones son iguales. También se comparo la estructura poblacional por sexo mediante un análisis de independencia Xi^2 múltiple, considerando como tratamientos la estación del año y las temporadas de estudio (Zar, 1999).

6. 3. 6. Morfometría

Se llevaron a cabo pruebas t de student (pruebas de hipótesis de diferencia de medias; Zar, 1999) para comparar entre sexos todas las estructuras consideradas (culmen, tarso, cabeza y masa corporal), tratando de evidenciar la posible existencia de un dimorfismo sexual en talla de los individuos de *L. fedoa*. Debido a que se observaron diferencias entre los sexos en todas las medidas consideradas (ver resultados), la comparación entre estos es innecesaria, por lo que los datos de los machos y las hembras se analizaron por separado. Cada

estructura medida se comparó mediante un análisis de varianza de dos vías (estación del año y temporada de trabajo); esto es ocho análisis en total (dos sexos y cuatro medidas). En todos los casos de ser necesarias se aplicaron pruebas *a posteriori* de Tukey (Zar, 1999).

6.3.7. Cambios temporales de la masa corporal por sexo.

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

Para lo anterior, se llevo a cabo un análisis de componentes principales de las medidas del culmen, cabeza y tarso para cada sexo y se utilizaron los valores del componente principal 1 para realizar una regresión lineal simple entre esos valores y el peso bruto de cada individuo. De dicha relación se estimaron los residuales (pesos estandarizados), los cuales son referidos como una medida de condición corporal (Green, 2001).

Por último, se analizó la relación entre el peso bruto y el peso estandarizado para cada sexo y en ambos casos el coeficiente de correlación (r) resultó alto (0.99 para los dos sexos); esto indica que el tamaño sólo explicó el 1% de la variación en peso de ambos sexos. Por lo que se decidió utilizar el peso bruto para llevar a cabo los análisis.

El peso se analizó por separado para cada sexo, mediante un análisis de varianza de dos vías (estación del año y temporada de estudio). En caso de rechazar alguna (o algunas) hipótesis del análisis, las diferencias verdaderamente significativas fueron determinadas mediante pruebas *a posteriori* de Tukey (Zar,1999).

6.3.8. Cronologia de la muda de las plumas primarias.

Para la cronología de muda se consideró el estado de las plumas de las aves en las dos temporadas de captura y para su análisis se llevo a cabo una prueba de Xi^2 de independencia, para saber sí la categoría del patrón de muda a considerar era dependiente o no del mes de captura.

7. RESULTADOS

7.1 ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE *L.* fedoa DURANTE LA PRIMER TEMPORADA (2006-07).

En la primer temporada de trabajo (julio 06-junio 07) se llevaron a cabo 563,250 registros de *L. fedoa* en todo el complejo de humedales de Guerrero Negro. De manera general la sección más importante fue la laguna Ojo de Liebre (72% del total de los registros), mientras que en ESSA se registraron los menores números (4.5% del total de los registros).

Respecto a la abundancia temporal general, las aves incrementaron su abundancia en julio y continuaron aumentando, presentándose una oleada otoñal importante en septiembre. Posteriormente las abundancias se mantuvieron altas y constantes, hasta alcanzar su máximo en diciembre (84,500 aves; Fig. 3). La abundancia se mantuvo alta hasta febrero, mes a partir del cual comenzaron a disminuir los números, hasta alcanzar sus valores mínimos en junio con 13,000 individuos (Fig. 3), La abundancia observada entre mayo y junio representa una fracción aproximada del 20% del total de individuos invernantes, los cuales permanecieron en el sitio veraneando (*oversummering*), pues no realizaron su migración hacia los sitios de reproducción

Por sitio las abundancias máximas en ESSA se presentaron en noviembre (7,300 individuos), en la laguna de Guerrero Negro en enero (20,200) y en la laguna Ojo de Liebre en diciembre (64,000); de manera general en todo el complejo de humedales la máxima abundancia se presentó en diciembre con 84,500 individuos. Cabe destacar que tanto de manera general como por humedal, las máximas abundancias se presentaron durante el invierno.

Al agrupar la abundancia por estaciones del año, el análisis de los datos detectó diferencias significativas entre éstas ($F_{3,8}$=8.01, $p<0.01$; Fig. 4), de tal forma que en el invierno se presentaron abundancias altas y medias en otoño y primavera (Fig. 4).

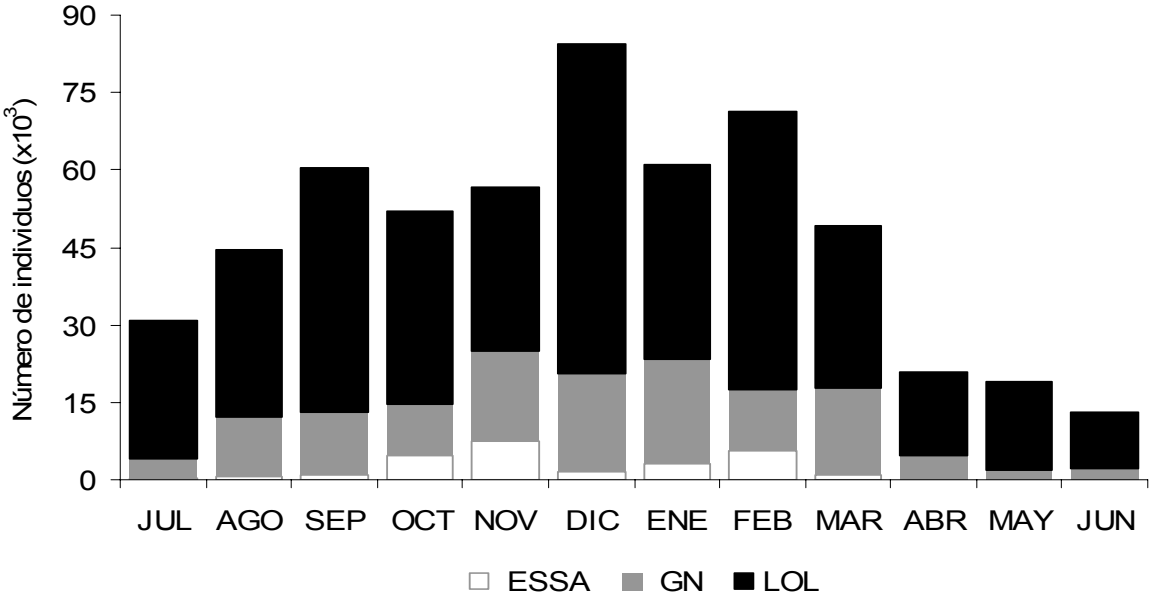


Figura 3. Abundancia mensual de *L. fedoa* por sección en el complejo de humedales de Guerrero Negro durante la temporada 2006-2007.

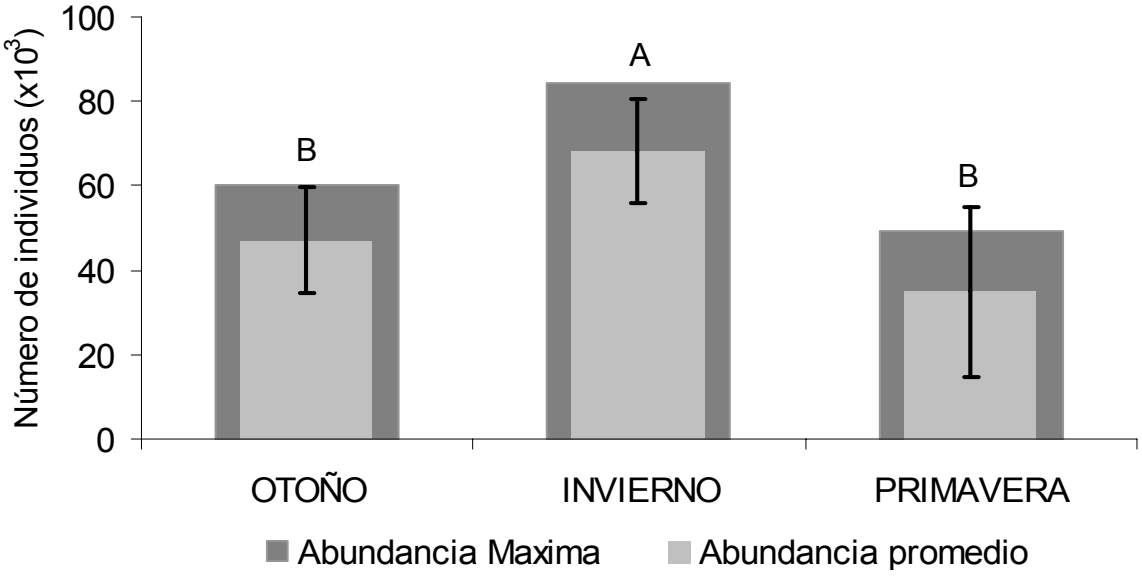


Figura 4. Abundancia estacional de *L. fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro, la barra gris oscuro muestra las abundancias máximas y la gris claro muestra las abundancia promedio y su intervalo de confianza al 95%, las literales indican los grupos homogéneos

7.2 DESARROLLO DEL PLAN DE MONITOREO

Para desarrollar el plan de monitoreo de las 45 áreas en las que se dividió el complejo de humedales se seleccionaron 23 de ellas, en las cuales se agrupó el 72% del total de los registros (Tabla I; Fig. 5). Cabe destacar que todas las áreas seleccionadas presentan características fisiográficas similares, con vegetación de marisma y sustratos que van de lodosos a arenosos.

La evaluación de la pertinencia de la elección de las zonas (análisis de regresión lineal) indicó que considerando la abundancia determinada para las 23 áreas seleccionadas, es posible predecir adecuadamente el número de individuos de la especie en todo el complejo lagunar ($F_{1,10}$=279, $p<0.001$), explicando el modelo el 96% de la variación observada (Fig. 6A). Una vez determinada la abundancia en las 23 áreas bastaría aplicar la ecuación obtenida (Fig. 6), para determinar la abundancia total, reduciendo con esto el esfuerzo a un 50% respecto al original (de seis días de trabajo a solo tres y de 44 zonas a solo 23).

Así mismo, al llevar a cabo los 23 análisis de regresión de las zonas elegidas, se aprecia como conforme se incrementaron el numero de zonas al plan de monitoreo, el coeficiente de determinación fue incrementándose mientras que los valores de los residuales de manera inversa disminuyeron gradualmente (Fig. 6B).

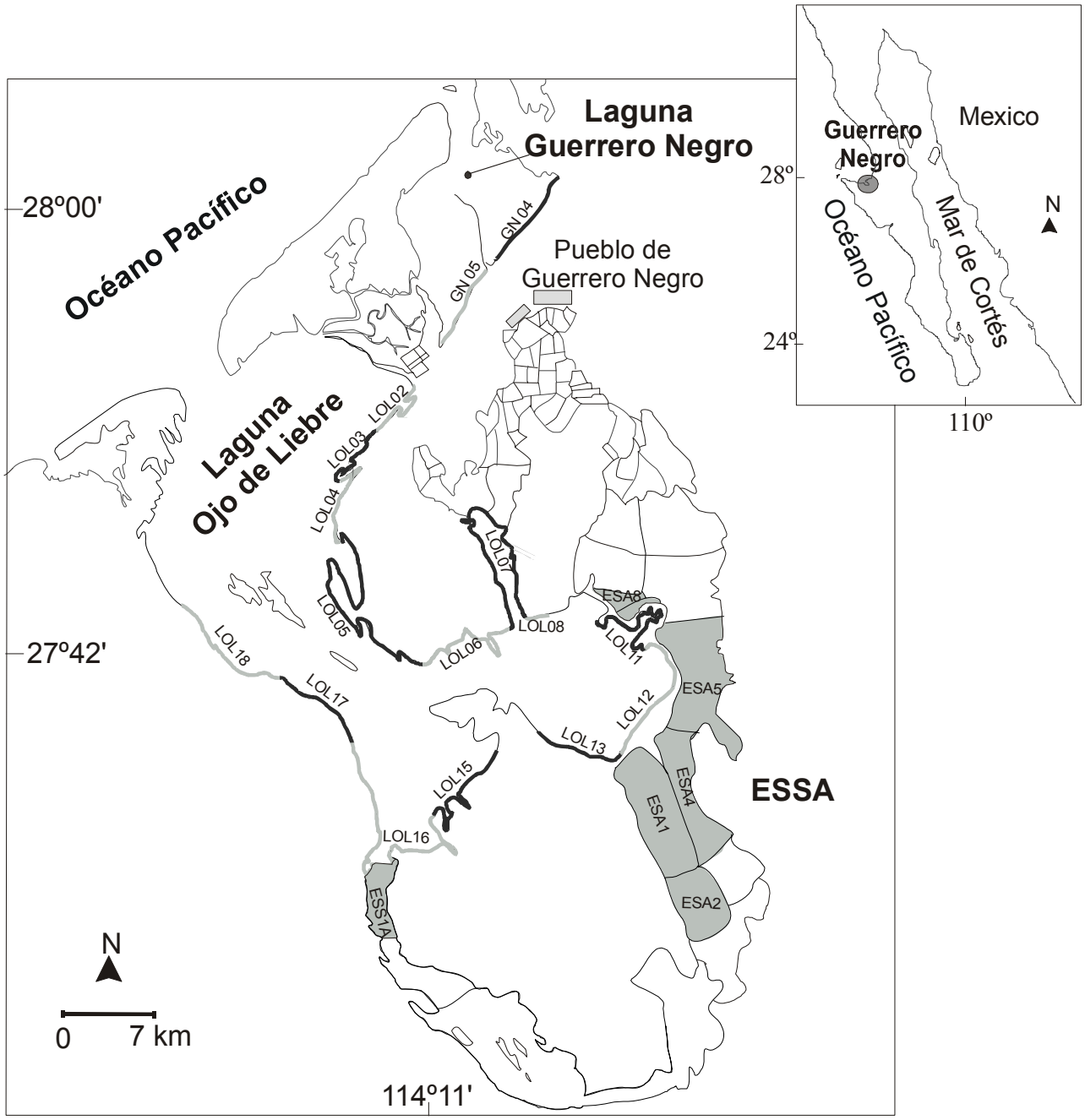


Figura 5. Área de estudio en donde se resalta en gris y negro las áreas seleccionadas para realizar el monitoreo.

Tabla I. Numero total de registro y abundancia porcentual durante el ciclo anual de las 23 áreas seleccionadas dentro del plan de monitoreo, se indica su ubicación (LOL=Laguna Ojo de Liebre, GN=Laguna de Guerrero Negro, ES=Exportadora de Sal) y el tipo de ambiente.

Zona	Total	Abundancia relativa	Tipo de Ambiente
LOL05	68,382	12.14	Marisma, playa lodosa
LOL18	39,573	7.03	Playa arenosa
GN04	37,630	6.68	Playa lodosa y marisma
LOL16	32,073	5.69	Playa arenosa
LOL12	31,962	5.67	Playa arenosa
LOL11	29,105	5.17	Playa lodosa
LOL15	24,545	4.36	Playa arenosa y marisma
LOL13	23,674	4.20	Marisma
LOL07	20,590	3.66	Playa lodosa y marisma
LOL04	19,162	3.40	Playa arenosa y marisma
GN05	18,529	3.29	Playa lodosa y marisma
ESS1A	15,077	2.68	Artificial, lodoso y marisma
LOL06	11,301	2.01	Playa arenosa y marisma
LOL03	9,050	1.61	Playa lodosa y marisma
LOL08	4,670	0.83	Playa arenosa y marisma
ESA1	4,609	0.82	Artificial, porción arenosa
LOL17	4,171	0.74	Playa arenosa
LOL02	4,052	0.72	Playa arenosa
ESA7	3,700	0.66	Artificial
ESA8	1,792	0.32	Artificial
ESA5	73	0.013	Ambiente modificado
ESA4	44	0.008	Ambiente modificado
ESA2	11	0.002	Ambiente modificado
TOTAL	**403,775**	**71.68**	

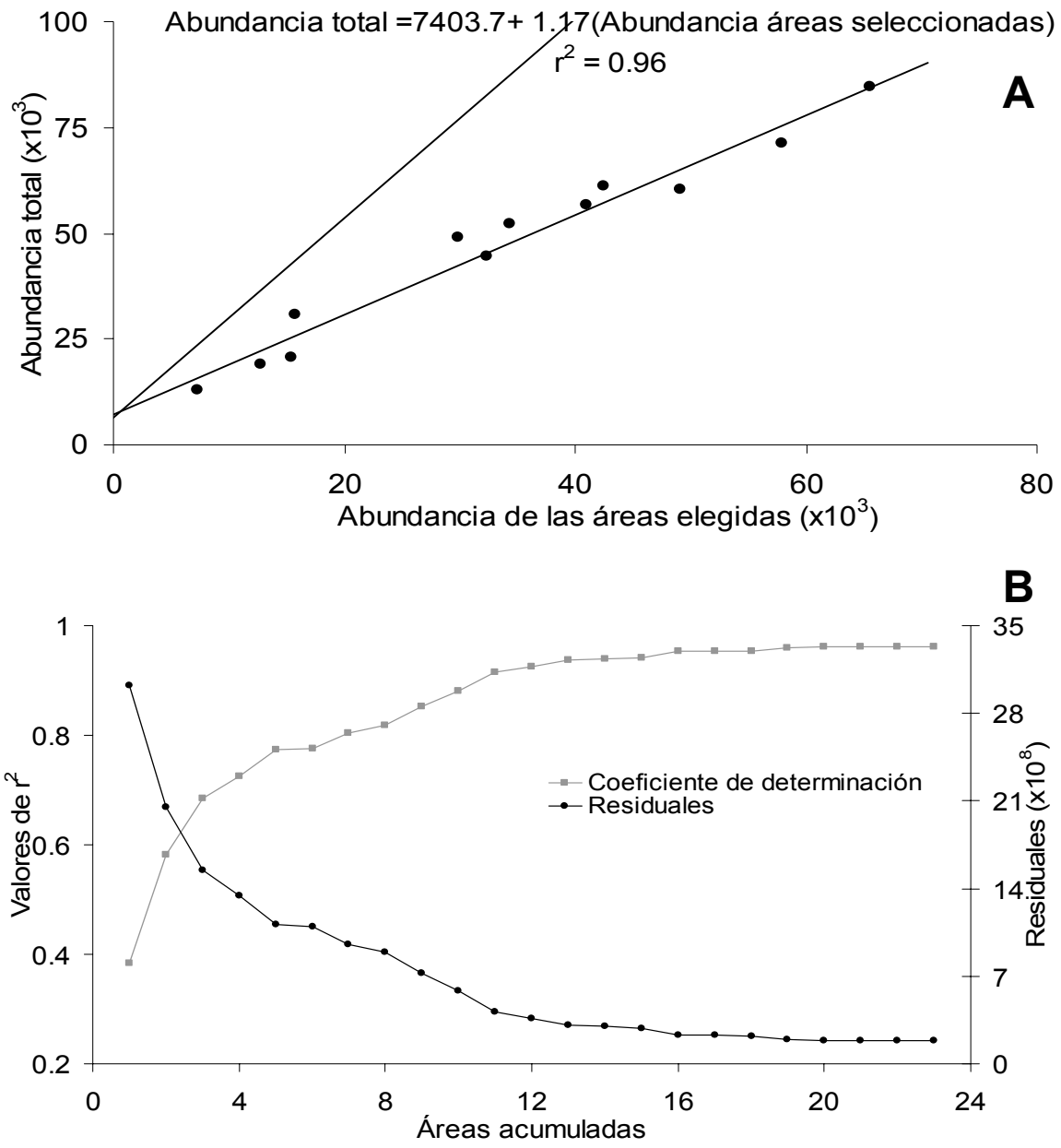


Figura 6. (A) Relación entre la abundancia total de *L. fedoa* en el área de estudio y en las 23 zonas elegidas mensualmente. Se muestra la ecuación obtenida y su coeficiente de determinación. (B) Tendencia de los coeficientes de determinación y los residuales de las relaciones entre la abundancia total y la abundancia acumulada en las 23 zonas elegidas.

7.3 CAMBIOS TEMPORALES EN LA ABUNDANCIA DE *L. fedoa* EN LAS TRES TEMPORADAS DE ESTUDIO (2006-09)

Las abundancias de *L. fedoa* en las tres temporadas de trabajo fueron significativamente diferentes ($F_{2,21}$=5.26, p=0.01; Fig. 7), presentándose las menores abundancias en la ultima temporada (Fig. 7). En cuanto a la abundancia de *L. fedoa* por estación del año, estas no presentaron diferencias significativas ($F_{2,21}$=2.05, p=0.15), mientras que la interacción entre la abundancia observada en las temporadas de trabajo y las estaciones del año si mostraron ser significativamente diferentes ($F_{4,21}$=3.09, p=0.04; Fig. 8), las diferencias se presentaron entre el invierno de 2006 y la primavera de 2009. La abundancia máxima observada de *L.fedoa* en cada una de las temporadas de trabajo no varió mucho entre éstas, ya que fue de los 85,000 a los 90,000 individuos, lo que representaría entre el 50 y el 53% de su población total (Fig. 7). Cabe destacar que la máxima abundancia no se presentó siempre en la misma estación en las diferentes temporadas (Fig. 8).

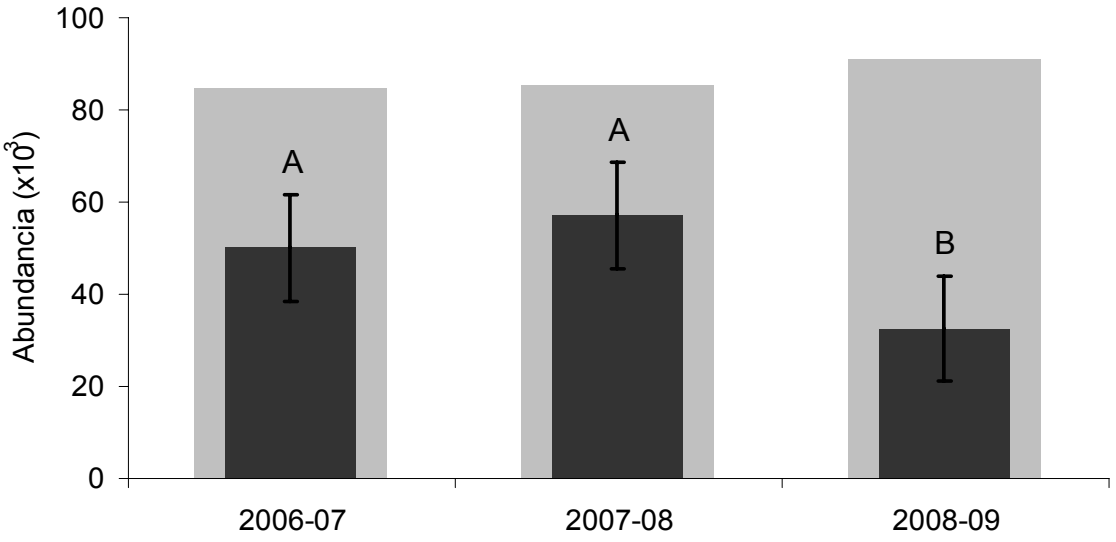


Figura 7. Abundancia de *L. fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro por temporada de estudio. En gris claro se muestra el máximo observado para cada temporada y en gris oscuro la media correspondiente y su respectivo intervalo de confianza al 95%, las literales indican los grupos homogéneos.

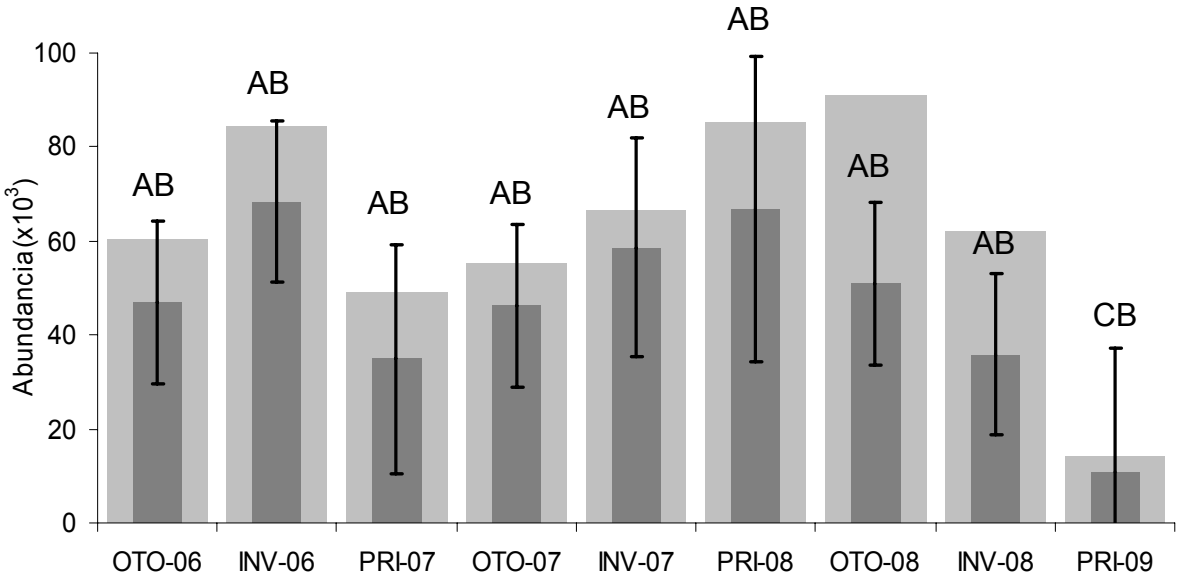


Figura 8. Abundancia de *L. fedoa* por temporada y estación del año en el complejo de humedales de Guerrero Negro. En gris claro se muestra el máximo observado y en gris oscuro la media correspondiente y su respectivo intervalo de confianza al 95%, las literales indican los grupos homogéneos.

7.4 CAPTURAS

Se capturaron un total de 959 individuos de *L. fedoa.* Del total de aves capturadas se les colectó la muestra de sangre a 770 individuos para los análisis de cariotipo. El esfuerzo a lo largo del periodo de capturas fue el mismo y se tienen representadas las dos temporadas de estudio (2007-08, 2008-09) y las tres estaciones del año (otoño, invierno y primavera; Tabla II)

Tabla II. Total de individuos capturados de *L. fedoa* por temporada y estación del año en el complejo de humedales de Guerrero Negro.

TEMPORADA	ESTACIÓN	CAPTURADAS POR ESTACIÓN	CAPTURADAS PÓR TEMPORADA
2007-08	OTOÑO	204	465
	INVIERNO	231	
	PRIMAVERA	30	
2008-09	OTOÑO	125	494
	INVIERNO	296	
	PRIMAVERA	73	
TOTAL			**959**

7.5 ANÁLISIS MOLECULARES

De las 770 muestras de sangre analizadas en el Laboratorio de Genética del Royal Ontario Museum de Toronto, Canadá, sólo se pudo identificar el sexo de 577 individuos de manera confiable, obteniéndose un 75% de efectividad.

7.6 ESTABLECIMIENTO DE LOS CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL SEXO POR MEDIO DE CARACTERES MORFOMÉTRICOS

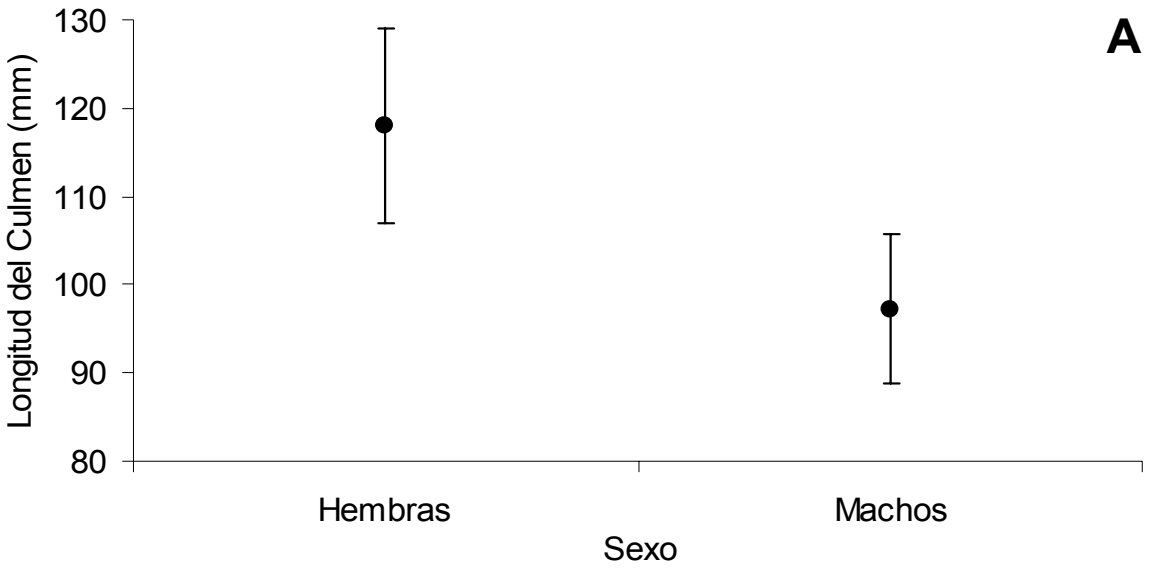
De las 500 muestras analizadas, 328 individuos fueron machos y 172 hembras, Todas las estructuras a considerar mostraron ser diferentes entre sexos (Tabla III). El culmen fue la estructura que mostró mayores diferencias. Las hembras presentaron, en promedio, un culmen 21.5% más grande que los machos, mientras que la cabeza fue la que presentó la menor diferencia, puesto que en esta medida las hembras fueron apenas un 3.5% más grandes que los machos (Tabla III).

Tabla III. Media y desviación estándar de los datos morfométricos por sexo (vía molecular) de los individuos de *L. fedoa*. Se muestran los valores del estadístico t, el valor de p y el porcentaje de diferencia promedio entre sexos.

Biometría	Media (± desv. est)		t	p	Porcentaje de diferencia
	Hembra (n=172)	Macho (n=328)			
Masa corporal (g)	403.56 (±33.55)	336.76 (±31.71)	21.93	<0.01	19.84
Culmen (mm)	118.05 (±5.63)	97.22 (±4.31)	42.48	<0.01	21.43
Cabeza (mm)	40.86 (±1.66)	39.47 (±1.92)	10.13	<0.01	3.52
Tarso (mm)	76.84 (±3.75)	71.57 (±3.22)	12.55	<0.01	7.36

Se seleccionó la longitud del culmen para el desarrollo de una técnica morfométrica que permitiera una identificación rápida y precisa del sexo, pues al realizar la gráfica de distribución de frecuencias del tamaño del culmen, previa a la separación por sexo, basado en el análisis genético, ésta medida mostró una clara distribución bimodal, como un aparente reflejo del dimorfismo sexual en *L. fedoa* (Fig. 10).

Así mismo el culmen fue la estructura que mostró la mayor diferencia en las tallas promedio entre los sexos (Tabla V; Fig. 9A). Al realizar la prueba t de student y como un reflejo del dimorfismo sexual en tallas se observó una clara separación (Fig. 9B), razón por la cual sólo se consideró esta estructura para el desarrollo de la técnica morfométrica.



B

Figura 9. Diferencias de las longitudes de culmen por sexo. (A) intervalos de confianza al 95%. (B) Muestra de las diferencias en tamaño del culmen en machos(*) y hembras(**) de *L. fedoa*.

El intervalo propuesto para considerar a las aves como indeterminadas se ubicó entre los 105 y los 108 mm, éste permite maximizar la correcta identificación del sexo y minimizar tanto el porcentaje de individuos cuyo sexo esté mal identificado como el de las aves indeterminadas. De tal forma se encontró que un

96.5% de machos y sólo el 1% de hembras presentaron longitudes del culmen ≤ 105 mm, además el 96.3% de las hembras y únicamente el 0.6% de los machos presentaron una longitud del culmen ≥ 108 mm, por último el 2.9 y 2.7% de machos y hembras, respectivamente presentaron longitudes entre los 105.1 y los 107.9 mm, es decir se considerarían como indeterminados (Fig. 10). Resumiendo, en promedio, con los intervalos propuestos se puede identificar correctamente el sexo del 96.4% de las aves, el 2.8% de los individuos no se pueden clasificar (sexo indeterminado) y al 0.8% de las aves se le identificaría erróneamente el sexo.

Al determinar morfométricamente el sexo de las restantes 77 aves, de las cuales ya se conocía éste por el análisis de cariotipo, se observó que al 95% de las muestras (71) se les pudo identificar el sexo correctamente, mientras que un 2.5% (2 individuos) se consideró indeterminado (1.25% (1 individuo) hembras y 1.25% (1 individuo) machos) y un 2.5% (2 individuos) se determino el sexo erróneamente (1.25% de hembras dadas por machos y 1.25% de machos dados por hembras).

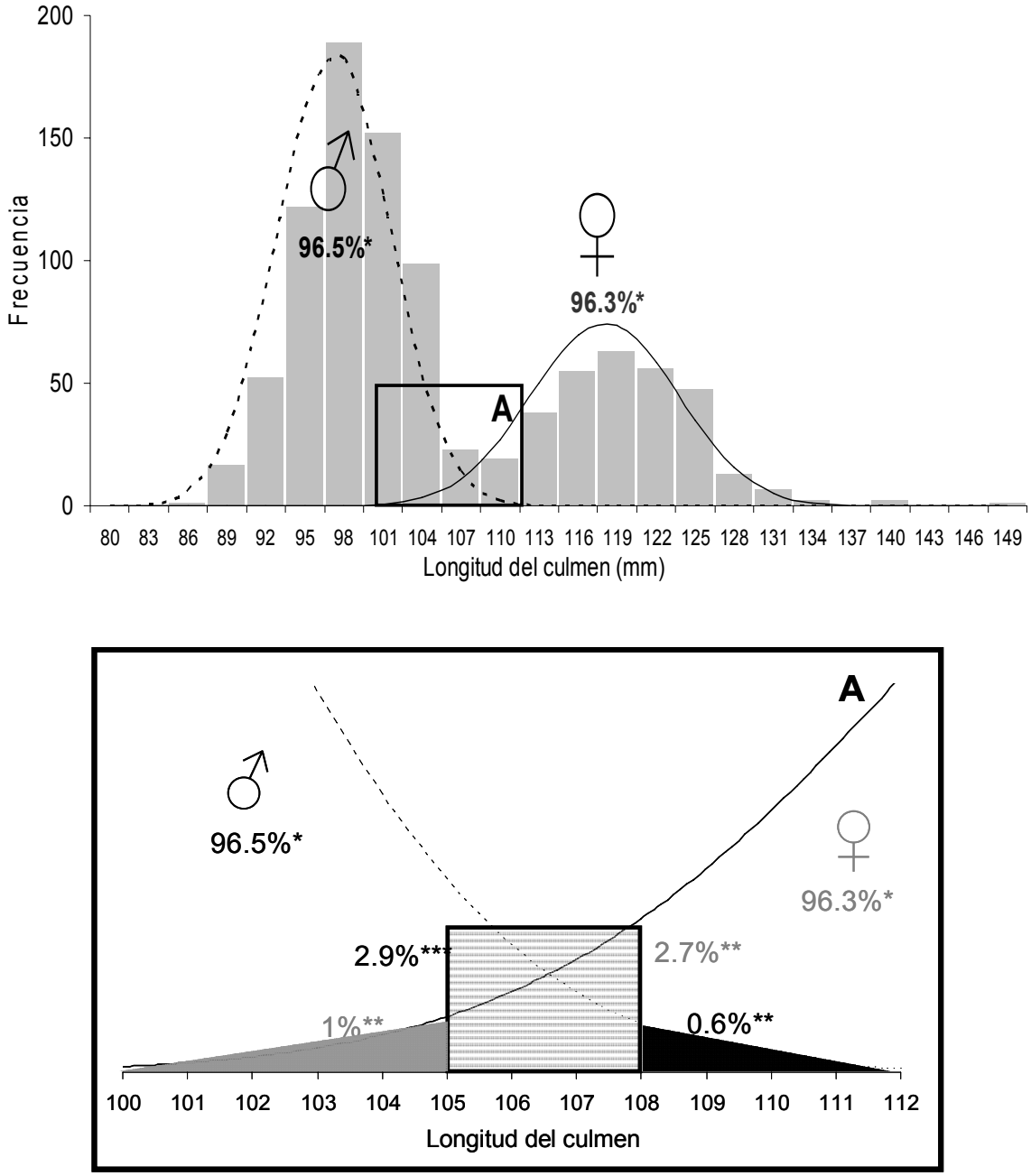


Figura 10. Distribución general de la frecuencia de la longitud del culmen de todos los individuos de *L. fedoa* capturados de agosto de 2007 a abril 2009. Se muestran las curvas normales por sexo y se indican los intervalos propuestos para la identificación morfométrica del sexo. Se muestra en A: (*) el porcentaje de efectividad para cada sexo, (**) el porcentaje de individuos mal identificado para cada sexo y (***) el porcentaje de individuos no identificado para cada sexo.

7.7 ESTRUCTURA POBLACIONAL POR SEXO

De los 959 individuos capturados en total, sólo a 15 (1.5%) no se les pudo determinar el sexo con los criterios sugeridos a través de la longitud del culmen. Estas aves fueron excluidas de los análisis restantes. La proporción de sexos de *L. fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro, considerando las estaciones y las temporadas en conjunto, fue significativamente diferente a la predicha de 1H:1M (t_{943}=11.06; p<0.01). Por lo que la proporción de machos fue de 68%, notoriamente mayor que la de las hembras (32%), dando una relación aproximada de 1H:2M.

Al analizar la frecuencia de sexos entre las dos temporadas (2007-08 y 2008-09) y las estaciones del año (otoño, invierno y primavera), se observo que dicha frecuencia por sexos no fue independiente de los factores mencionados (Xi^2_{7gl}=51.39, p<0.01).

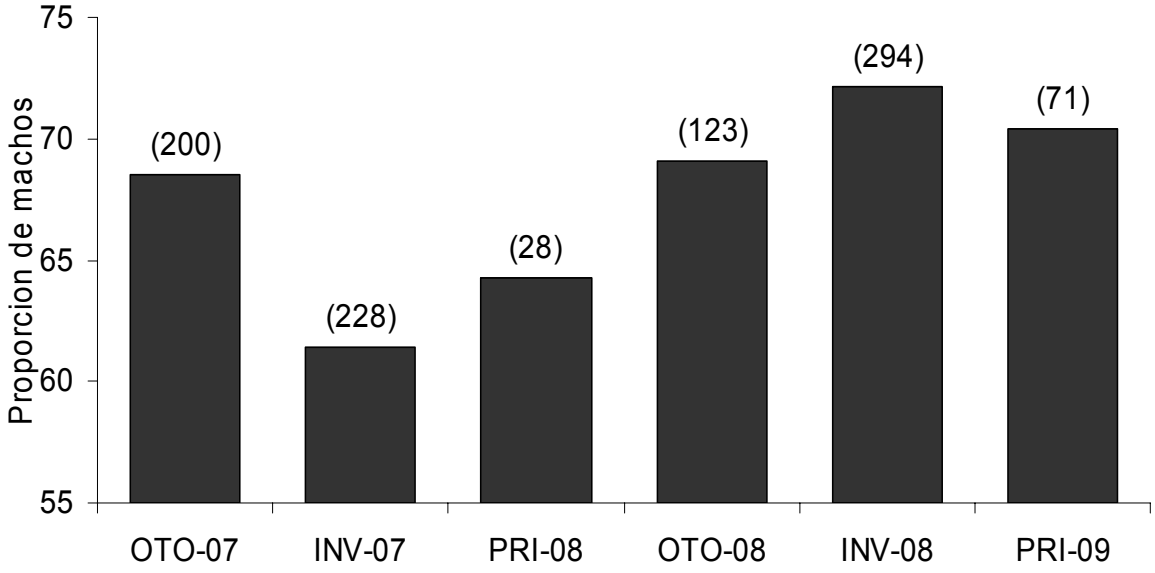


Figura 11. Proporción de machos de *L. fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro por temporada y por estación del año. Se indican en paréntesis los tamaños de muestra para cada caso.

7.8 MORFOMETRIA

Al utilizar los criterios establecidos para identificar el sexo por medio de la longitud del culmen, no considerados para la determinación de sexo mediante el análisis genético y comparar las medidas de las diferentes estructuras por sexo (pruebas t de student) del total de individuos capturados, se observó que todas la estructuras mostraron diferencias significativas (Tabla IV).

Tabla IV. Media y desviación estándar de las medidas morfométricas por sexo. Se muestran también los valores del estadístico t, el valor de p y el porcentaje de diferencia del tamaño de las hembras respecto al de los machos.

Biometría	Media (± desvest)		T	p	Porcentaje de diferencia
	Hembra (n=302)	Macho (n=642)			
Masa corporal (g)	401.68 (±33.54)	337.93 (±27.56)	28.77	<0.01	18.89%
Culmen (mm)	118.22 (±5.56)	97.04 (±3.91)	59.62	<0.01	21.8%
Cabeza (mm)	39.16 (±2.67)	40.82 (±2.47)	9.33	<0.01	2.0%
Tarso (mm)	76.85 (±3.32)	71.37 (±6.68)	22.7	<0.01	7.7%

La cuerda alar se excluyó de los análisis, ya que muchos individuos se encontraron mudando, sobre todo entre julio y noviembre, por lo que la longitud de la cuerda alar pudo variar dependiendo del desarrollo de las plumas, además de que se tendrían que excluir, al menos para esta estructura, todos los datos de otoño y parte de los de invierno.

En cuanto al análisis morfométrico de las medidas consideradas por temporada, estación del año y su interacción no se observaron diferencias significativas tanto para machos como para hembras (Tabla V).

Tabla V. Resultados de los análisis de varianza de dos vías de las estructuras morfométricas consideradas para machos y hembras. Se muestra el valor del estadístico de prueba, los grados de libertad y el nivel de significancia (p).

ESTRUCTURA	SEXO	TEMPORADA	ESTACIÓN DEL AÑO	INTERACCIÓN
Culmen expuesto	Machos	$F_{1,636}$=0.05, p=0.48	$F_{2,636}$=2.4, p=0.09	$F_{1,636}$=1.6, p=0.21
	Hembras	$F_{1,296}$=1.21, p=0.27	$F_{2,296}$=2.9, p=0.051	$F_{2,296}$=0.24, p=0.78
Cabeza	Machos	$F_{1,636}$=0.31, p=0.58	$F_{2,636}$=0.19, p=0.83	$F_{2,636}$=0.09, p=0.91
	Hembras	$F_{1,296}$=0.63, p=0.43	$F_{2,296}$=1.04, p=0.36	$F_{2,296}$=0.13, p=0.88
Tarso	Machos	$F_{1,636}$=3.2, p=0.07	$F_{2,636}$=1.14, p=0.32	$F_{2,636}$=1.35, p=0.26
	Hembras	$F_{1,296}$=2.2, p=0.14	$F_{2,296}$=1.01, p=0.37	$F_{2,296}$=0.42, p=0.66

7.9 CAMBIOS TEMPORALES DE LA MASA CORPORAL POR SEXO

7.9.1 Machos

Respecto a la masa corporal de los machos, el análisis de varianza no encontró diferencias significativas entre las temporadas de estudio (2007-08 y 2008-09; $F_{1,636}$=0.93, p=0.33), en contraste, se encontraron diferencias significativas por estación del año ($F_{2,636}$=10.08, p<0.01), observándose los individuos menos pesados en invierno y los mayores en otoño y primavera (Fig. 12A); también se detectaron diferencias significativas por la interacción temporadas-estaciones ($F_{2,636}$=3.27, p=0.03), para este ultimo caso la prueba *a*

posteriori indicó que en ambas temporadas se presentaron los pesos más bajos en invierno.

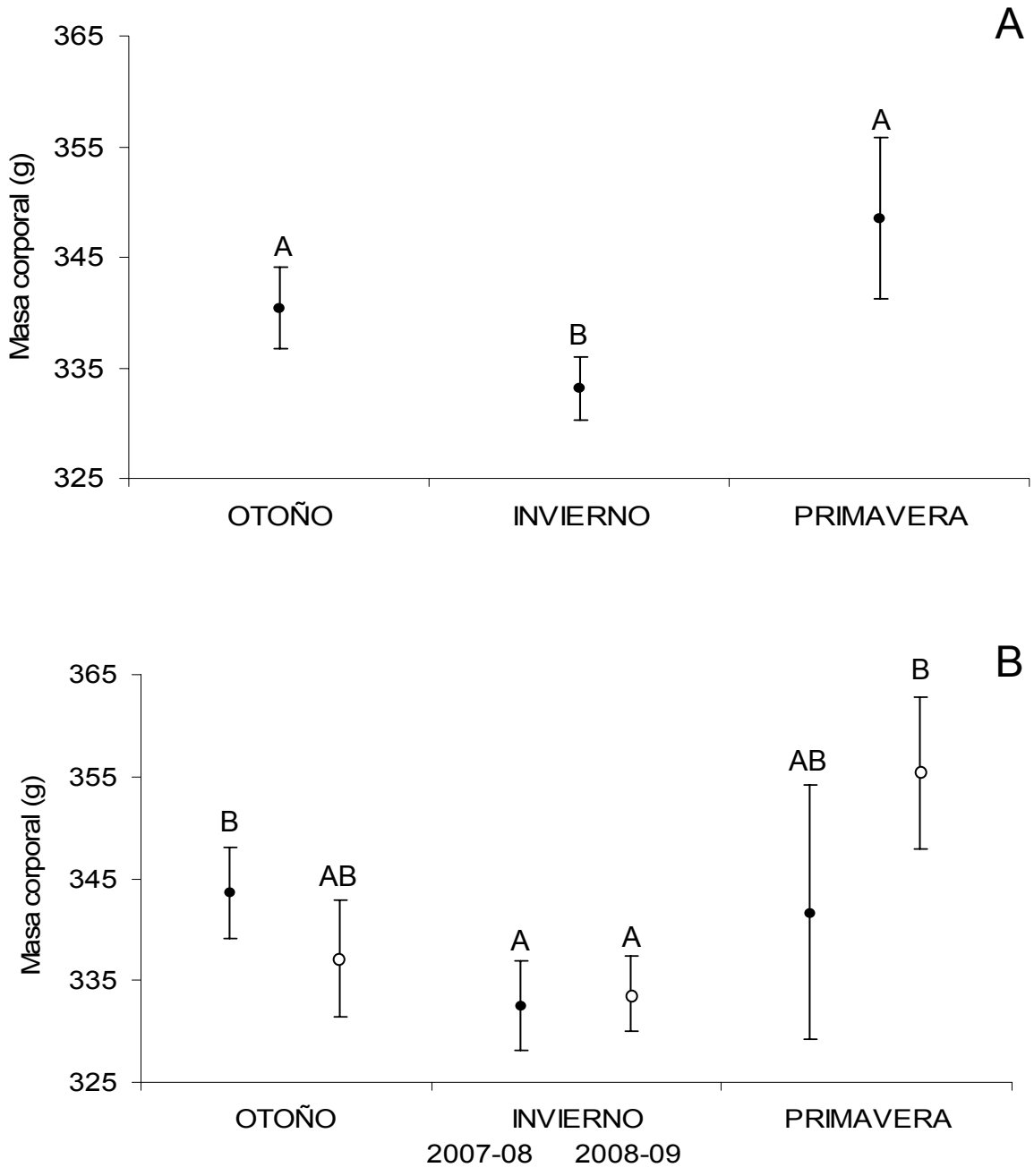


Figura 12. Masa corporal (g) de los machos de *L. fedoa* por estación (A), y por la interacción temporada-estación (B). En ambos casos las literales indican los grupos homogéneos.

7.9.2 Hembras

Para las hembras el análisis de varianza de dos vías sólo encontró diferencias significativas por estación del año ($F_{2,296}$=12.65, p<0.01), presentándose los pesos menores en otoño e invierno y los mayores pesos en primavera (Fig. 13). Por temporada de estudio no se observaron diferencias ($F_{1,296}$=1.03, p=0.31). De igual forma tampoco hubo diferencias por la interacción temporada-estación ($F_{2,296}$=1.98, p=0.14).

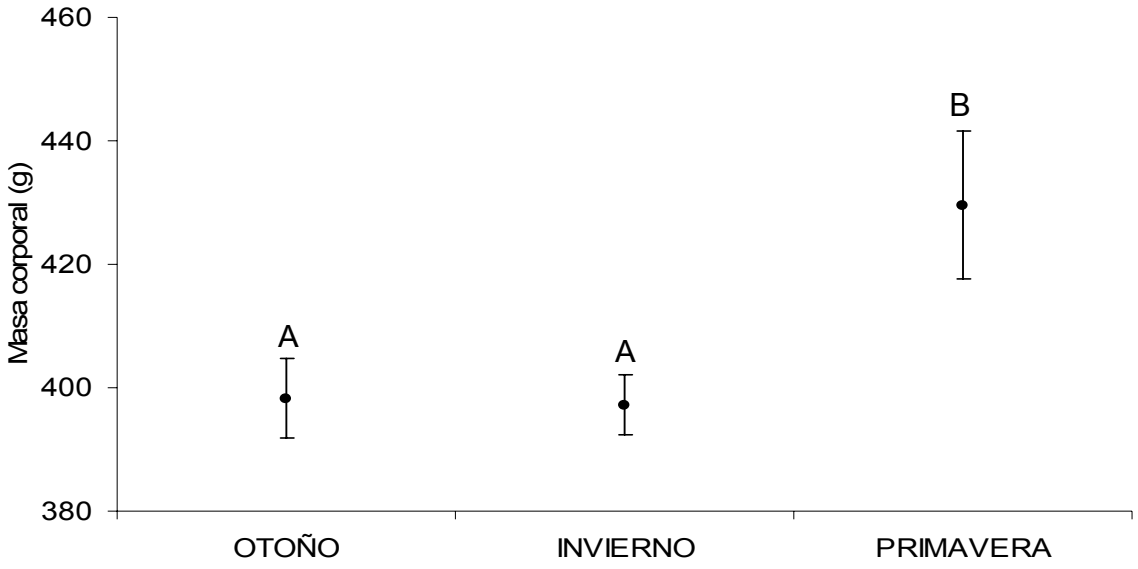


Figura 13. Pesos (g) de las hembras de *L. fedoa* por estación del año, se muestran los intervalos de confianza al 95%, las literales indican los grupos homogéneos.

7.10 CRONOLOGIA DE LA MUDA DE LAS PLUMAS PRIMARIAS.

Para el patrón de muda de las plumas primarias, el análisis indicó que el patrón de muda fue dependiente del mes (Xi^2_8=677.72, p<0.01). El inicio de la muda de las plumas primarias ocurrió a partir de julio y para noviembre la mayor parte de las aves habían completado la muda (Fig. 14). Cabe destacar que la muda es sincrónica en las dos alas y comienza desde las plumas internas hacia las externas.

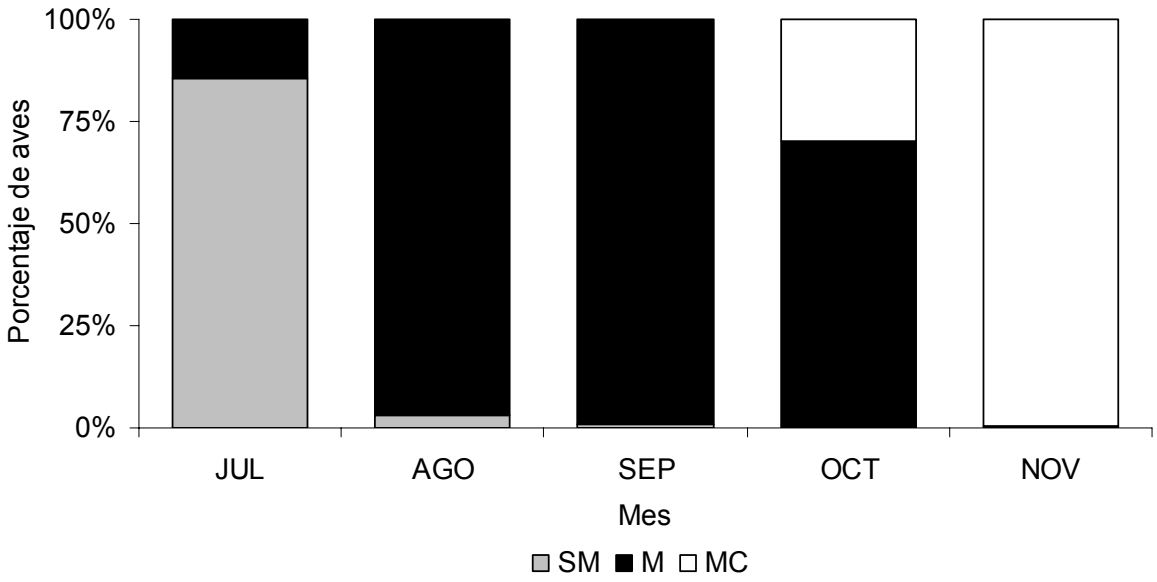


Figura 14. Cronología mensual de muda para *L. fedoa* en el Complejo de Humedales de Guerrero Negro. SM= Sin Muda, M=Mudando y MC= Muda Completa.

8. DISCUSIÓN

8.1 ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION TEMPORAL DE *L. fedoa* DURANTE LA PRIMER TEMPORADA (2006-07).

La región más importante para la invernación de *L. fedoa* es el noroeste mexicano (Page *et al.,* 1997; Melcher *et al.*, 2006). Se estima que tan solo en la Península de Baja California inverna cerca del 65% de esta población la cual es de aproximadamente 170,000 individuos (Melcher *et al.*, 2006, Morrison *et al*., 2006). Durante el invierno, el número mínimo de individuos que utilizan el complejo lagunar Ojo de Liebre-Guerrero Negro, se ha estimado en aproximadamente 68,942 aves (Page *et al.,* 1997; Melcher *et al*., 2006). En estas estimaciones el área de la empresa salinera (ESSA) no fue considerada. Para ESSA se han registrado abundancias mínimas de 5,400 individuos de *L. fedoa* (Danemann *et al.,* 2002), Por lo que la suma de ambas abundancias (75,000) se aproxima a la estimada en el trabajo presente (84,500) y deja ver que el complejo de humedales de Guerrero Negro, es por mucho, el sitio de mayor importancia para la invernación de la especie, ya que ningún otro humedal presenta abundancias tan altas como las aquí reportadas (84,500 individuos invernantes), siguiéndole la Laguna San Ignacio con una abundancia de entre el 12 y el 20% de su población que representan entre 10,000 y 33,000 aves (Page *et al.,* 1997; Mendoza, 2010), así sólo en las lagunas de la Reserva de la Biósfera del Vizcaíno inverna entre el 56 y el 70% del total estimado para la especie (Morrison *et al.,* 2006).

La abundancia máxima registrada por localidad, indica que la zona más importante dentro del complejo de humedales es la Laguna Ojo de Liebre, lo que se relaciona con su mayor tamaño, seguida de Guerrero Negro y por ultimo las instalaciones de ESSA. Pese a que las instalaciones de ESSA presentan una mayor superficie (33,000 ha), que las de la laguna de Guerrero Negro (2,100 ha), en las primeras se observaron abundancias menores, esto es debido a que para *L. fedoa* no todas las áreas de ESSA son utilizables y solo una pequeña porción de las mismas presenta condiciones adecuadas de forrajeo (ESS1A), adicionalmente sólo algunos sitios son utilizados como área de descanso o posadero (Danemann *et al*., 2002; Ayala-Perez, 2008). El máximo observado en

ESSA no vario mucho con el reportado por Daneman *et al*. (2002) para esta zona (7,336 y 5,400 individuos, respectivamente), además el patrón de utilización del área coincide con el registrado por Ayala-Perez (2008), observándose un repunte a principios de invierno y otro a finales de la misma estación para el área más importante dentro de ESSA (ESS1A).

Respecto a la abundancia temporal esta especie se caracteriza por encontrarse bien representada durante todo el año, incluso en el verano, época en la cual la mayoría de aves playeras se encuentra en sus zonas de reproducción (Myers *et al.,* 1987). La llegada de los primeros individuos en la migración de otoño se observó entre julio y agosto, lo que coincide con las aves que presentan una partida temprana de los sitios de reproducción hacia los de invernación (Gratto-Trevor, 2000). La llegada numéricamente más importante se observó en septiembre, acorde con lo reportado para el arribo a los sitios de invernación (Gratto-Trevor, 2000) y con el paso de individuos por otros sitios más norteños, como Bodega Bay, Bolinas Lagoon, Point Reyes Estero en California y "Bear River Migratory Bird Refuge" en Utah (Page *et al.*, 1979; Shuford *et al*., 1989; Olson & Farmer com. pers.).

A partir de septiembre las abundancias se mantuvieron altas y variaron poco, para alcanzar sus máximos en diciembre. En este sentido Evans (1976) menciona que la distribución invernal para muchas especies de aves no es estática, por lo que el máximo de abundancia registrado en diciembre, pudiera corresponder a la llegada de aves de otros sitios al norte que continuaron su migración al sur, ya que existe la posibilidad de que aún durante el invierno existan movimientos migratorios tardíos (Galindo, 2003). Otra posible causa de las fluctuaciones invernales en la abundancia, son los movimientos regionales (Rottenborn, 1996), entre diferentes humedales de la Península de Baja California. Estos cambios en la abundancia han sido observados en distintos sitios peninsulares para otras especies de aves playeras (Brabata, 2000; Fernandez *et al*., 2001). Además, en otras investigaciones con individuos marcados y monitoreados vía satélite, se evidencian movimientos entre los humedales peninsulares y los del macizo continental en períodos de tiempo menores a un mes (Olson y Farmer, datos no publicados).

La disminución de abundancia entre marzo y principalmente en abril se relaciona con la partida de individuos del área de estudio hacia sus sitios de reproducción (migración de primavera) y coinciden con los meses propuestos para esta migración (Grato-Trevor, 2000). Cabe destacar que a partir de febrero no se observaron incrementos importantes en la abundancia, lo anterior puede explicarse por dos hipótesis excluyentes: (1) posiblemente las aves que invernaron en sitios sureños de la península (como San Ignacio, Bahía Magdalena y la Ensenada de La Paz; Page *et al.,* 1997), no estén utilizando Guerrero Negro en su migración al norte, ya que al menos para San Ignacio se ha observado que las aves abandonan el sitio a partir de marzo (Mendoza, 2010) y (2) puesto que se desconoce la tasa de recambio para esta especie en Guerrero Negro, quizá las aves del sur efectivamente utilicen el área como sitio de paso, a la par de que los individuos que invernaron en ella partan hacia el norte.

La fracción importante de aves (*c.a.* 25%) que veranearon en el complejo de humedales de Guerrero Negro (Fig. 3), probablemente esté conformada por aves juveniles (de un año), dado que esta especie se reproduce al segundo o tercer año de edad, a estos individuos probablemente les resulte más conveniente permanecer su primer verano en sitios "típicos" de invernación (Howell & Webb 1995; Gratto-Trevor 2000), ante la baja o nula posibilidad de reproducirse (Hockey *et al.,* 1998). Existen otras hipótesis que tratan de explicar este fenómeno, tales como la ausencia o el retraso de las condiciones fisiológicas premigratorias, enfermedades, esterilidad, senilidad, plumaje dañado, poca acumulación de grasa y parásitos (Dabbene, 1920; McNeil *et al*., 1994, McNeil *et al*., 1995). Por lo que el alto numero de aves veraneantes puede deberse a una mezcla de las condiciones antes mencionadas.

El patrón estacional muestra que el área de estudio fue utilizada principalmente para invernar, con abundancias máximas en el invierno y medias en otoño y primavera. Este patrón coincide con el observado en otros sitios peninsulares, como Bahía Magdalena (Zarate-Ovando, 2007). Lo anterior sugiere que al menos para la mayoría de los humedales de la península, llega una población invernal de *L.fedoa* relativamente estable con pocos individuos que continúan sus movimientos al sur o hacia el macizo continental.

8.2. DESARROLLO DEL PLAN DE MONITOREO

La mayoría de los programas de monitoreo tienen dos objetivos principales: (1) uno a corto plazo que sirve para identificar las áreas de mayor importancia para las aves playeras, ya sea a nivel regional o local y estimar su abundancia, o bien la fracción de la población que utiliza las zonas identificadas (Howe *et al*.,1989), y (2) otro a largo plazo que trata de estimar las variaciones temporales de la abundancia de las aves playeras que utilizan las zonas, en donde se encuentran incluidas las áreas consideradas por el plan de monitoreo (Pienkowski, 1991; Watkins, 1993). En el presente estudio se alcanzó el primer objetivo y se sentaron las bases del segundo, en el sitio más importantes para la invernación de *L. fedoa* a nivel mundial (Gratto-Trevor, 2000; Melcher *et al*., 2006).

La capacidad de los programas de monitoreo para dar seguimiento a los cambios en abundancia de las poblacionales y detectar cambios a largo plazo, depende de la pertinencia en la elección de las áreas clave de utilización (Howe *et al*., 2000). Innegablemente las áreas seleccionadas dentro del complejo de humedales de Guerrero Negro para el programa de monitoreo son parte de los sitios con las mayores abundancias de *L. fedoa*. Sin embargo, algunas otras áreas con abundancias importantes tuvieron que ser excluidas al realizar el ejercicio de priorización, debido a que su posición geográfica no permitía reducir el esfuerzo, complicando la logística: en contraparte se añadieron algunas otras zonas con abundancias medias, las cuales son de paso obligado en los recorridos propuestos, tratando así de reducir el problema. Pese a esta exclusión el modelo generado a partir de las abundancias observadas en las áreas elegidas explicó el 96% de la variación total (Fig. 6). Al respecto Howe *et al*. (2000) mencionan que para asegurar que los sitios sean seleccionados adecuadamente es necesario desarrollar un inventario completo de todas las áreas que utilizan las aves playeras, para lo cual fue necesario el trabajo de la primer temporada (2006-07), mismo que permitió escoger de la mejor forma posible los sitios a incluir dentro del programa de monitoreo propuesto.

Así mismo, es importante hacer mención que Ayala-Perez *et al*. (en revisión), llevaron a cabo un ejercicio de validación de esta metodología para las

áreas que el plan general de monitoreo indicó para las zonas artificiales (ESSA), sus resultados fundamentan la metodología seguida e indican que esta metodología no se encuentra sesgada y que maximiza la precisión, ya que las abundancias estimadas se apegaron en un 95% a las abundancias reales.

El plan de conservación de *L. fedoa* (Melcher *et al*., 2006) enfatiza la necesidad de llevar a cabo programas de monitoreo e investigación, que permitan evaluar la abundancia poblacional, la distribución espacio-temporal y el uso que *L. fedoa* hace del hábitat en los principales sitios de invernación como Laguna San Ignacio, San Quintín, Topolobampo, Marismas Nacionales y el complejo de humedales de Guerrero Negro, pues cabe aclarar que en estos sitios las dificultades técnicas para el monitoreo son menores que en las áreas de reproducción, dado su más fácil acceso y la tendencia de las aves a congregarse, permite reducir el esfuerzo y sus costos (Skagen *et al*., 2003).

Así el complejo de humedales de Guerrero Negro representa un sitio clave para desarrollar programas de monitoreo como el aquí presentado, ya que en este sitio inverna poco más del 50% de la población (Morrison *et al*., 2006). Además responde a las medidas prioritarias que marca el plan de conservación para esta especie (Melcher *et al*., 2006) y a la necesidad de generar más información y monitorear la población, acciones señaladas tanto los planes de monitoreo de aves playeras de Estados Unidos y Canadá (Donaldson, 2001; Brown *et al*., 2001), como por la SEMARNAT a nivel nacional, mediante la estrategia para la conservación y manejo de las aves Playeras y su hábitat en México (SEMARNAT, 2008), pues como fue comentado, en todos los casos se incluye a esta especie como de alta prioridad o vulnerabilidad.

El desarrollo de este programa de monitoreo, garantizará reducir los costos y el esfuerzo necesario para llevarlo a cabo, permitiendo así desarrollar otras acciones de investigación y conservación. El programa planteado en este trabajo, no representa un esfuerzo aislado pues se enmarca dentro de una serie de necesidades internacionales (Melcher *et al.*, 2006).

8.3 CAMBIOS TEMPORALES EN LA ABUNDANCIA DE *L. fedoa* EN LAS TRES TEMPORADAS DE ESTUDIO (2006-07, 2007-08 y 2008-09)

No obstante que los censos llevados a cabo regularmente en todo el complejo de humedales de Guerrero Negro pueden revelar los patrones de cambios en la abundancia de *L. fedoa*, no necesariamente indican el número total de individuos que la zona puede soportar, ya que éste puede variar año con año (Page *et al*., 1979), provocando con ello diferencias interanuales en las abundancias, tal como se ha observado en diferentes estudios y sitios que incluyen períodos de tiempo mayores a una temporada (Page *et al*., 1979; Shuford *et al.*, 1989; Hayes & Fox, 1991).

Las diferencias en la abundancia observadas en el presente trabajo, tanto entre temporadas como en las interacciones temporadas-estación, probablemente no sean un reflejo de cambios significativos en la presencia de la especie en el complejo de humedales de Guerrero Negro, puesto que los números máximos para las tres temporadas de trabajo fueron similares. De tal forma es probable que dichos cambios reflejen la plasticidad migratoria de la especie, ante cambios no del todo estudiados, como abundancia y disponibilidad de alimento, patrones de vientos, lluvias y temperatura, entre otros (Page *et al.*, 1979).

Los cambios anuales en la abundancia de *L. fedoa* en el área de estudio, pueden ser atribuidos a cambios en diversos factores como: régimen de lluvia (Page *et al*., 1979), disponibilidad de hábitat (Page *et al*., 1979; Hayes & Fox, 1991), abundancia y disponibilidad de recursos alimenticios (Hayes & Fox, 1991) y el fenómeno del Niño (Hubbard & Dugan, 2003; O'Hara *et al.*, 2007), entre otros.

Se tuvo acceso a la información sobre temperatura ambiente de Guerrero Negro, generada por el Centro Meteorológico de Exportadora de Sal, dicha información permitió relacionar las diferencias en abundancia entre las temporadas de estudio con la temperatura ambiente, se observó que las menores abundancias promedio se presentaron a la par de las temperaturas más altas y viceversa. Lo anterior puede interpretarse de la siguiente forma: debido a que las temperaturas en la última temporada de trabajo fueron más calidas (Fig. 15), muchas de las aves que regularmente invernan en el complejo lagunar, pudieron

haber pasado esta temporada en sitios más norteños, o bien comenzaron a moverse hacia el norte (migración de primavera) antes de las fechas habituales.

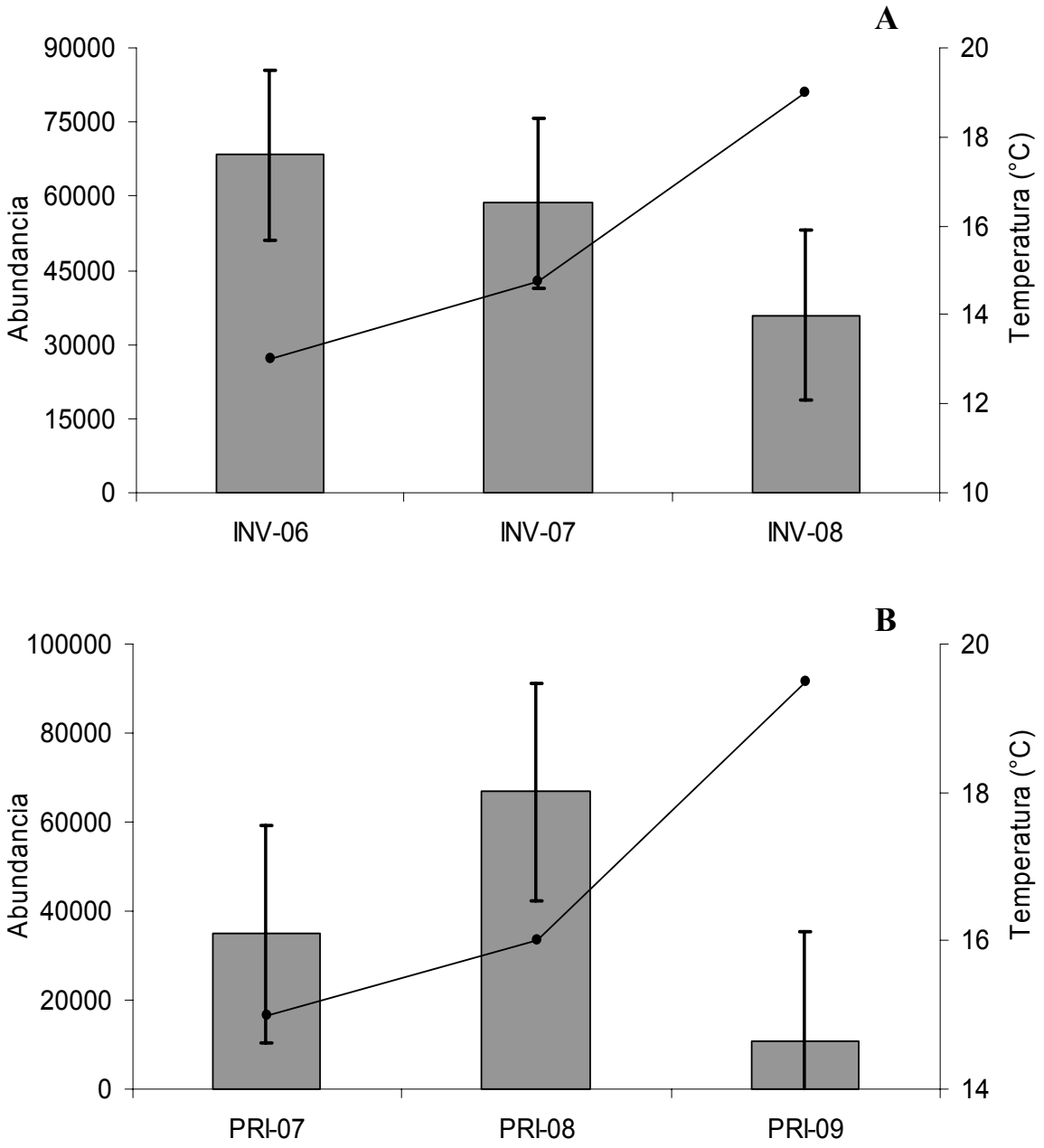


Figura 15. Abundancia promedio de *L. fedoa* (barras) y temperatura ambiente mínima promedio (línea) en (A) Invierno y (B) Primavera (Estación Meteorológica de Exportadora de Sal) en el Complejo de humedales de Guerrero Negro.

En cuanto a la interacción entre temporada y estación del año, las diferencias se presentaron entre invierno-06 y primavera-09, lo que coincide con el invierno más frío y la primavera más calida, lo anterior sugiere que, durante el invierno más frío un mayor número de aves pasó esta temporada en Guerrero

Negro, como un reflejo de climas severos más al norte, mientras que en primavera se pudo presentar una partida temprana (Fig. 16).

El hecho de que el resto de las estaciones fueran estadísticamente iguales y la falta de repuntes durante la primavera, sugiere que la parte media y sur de la Península de Baja California es una región básicamente de invernación, es decir que los humedales del sur de la península, incluidos los de Guerrero Negro, son puntos ciegos en la migración de esta especie, ya que las aves que llegan a éstos en otoño son fundamentalmente las mismas que pasan el invierno en ellos. La hipótesis anterior se ve reforzada al observar los resultados de la masa corporal entre otoño e invierno, ya que entre estas dos estaciones, al menos las hembras, pesaron prácticamente lo mismo, lo que sugiere que no continuaron sus movimientos migratorios.

8.4 ESTABLECIMIENTO DE LOS CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL SEXO POR MEDIO DE CARACTERES MORFOMÉTRICOS

Muchas especies de aves son sexualmente monomórficas o escasamente dimórficas (Gunnarsson *et al.*, 2006), por ejemplo, de las 108 especies de aves playeras, 82% son escasamente dimórficas en cuanto a tamaño o características del plumaje, por lo que el sexo de estos individuos resulta difícil de distinguir, incluso cuando los ejemplares son examinados en mano y sólo un 9% son claramente dimórficas (Prater *et al*., 2007). Para el caso específico de *L. fedoa*, la dificultad para distinguir el sexo ha dificultado el estudio de los procesos ecológicos relacionados con diferencias entre los sexos (Gunnarsson *et al*., 2006). Por lo anterior diferentes estudios han abordado esta problemática complementando el uso de la morfometría obtenida en campo con algún otro tipo de técnicas de laboratorio, como las moleculares (e.g. Baker *et al*. 1999; Gunnarsson, *et al*., 2006; Ottvall & Gunnarsson, 2007), las cuales permiten a los investigadores probar diferentes métodos, para con ello desarrollar protocolos de campo para la identificación del sexo, que preferentemente sean prácticos, eficientes y no invasivos (Gunnarsson *et al*. 2006).

El poder identificar el sexo de los individuos de *L. fedoa* en campo con métodos poco o no invasivos ofrece nuevas posibilidades de estudio, con lo cual

se pueden probar diferentes hipótesis ecológicas y evolutivas, tales como la historia de vida de ambos sexos, utilización diferencial por sexo de los recursos, migraciones diferenciales por sexo, comportamiento diferencial, entre otras. Temas para los que actualmente se carece de información. Pese a que se ha indicado en la literatura que *L. fedoa* es una especie ligeramente dimórfica (Gratto-Trevor, 2000), al comparar los resultados moleculares con las medidas morfométricas obtenidas en este trabajo, se evidenció que la variación observada en las medidas del culmen es una herramienta útil y de suficiente precisión para identificar el sexo en campo.

El complementar técnicas moleculares con medidas morfométricas para el desarrollo de técnicas menos invasivas, practicas y eficientes, ha abierto la posibilidad de nuevos campos de estudio para diferentes aves playeras, las cuales no presentan un dimorfismo sexual evidente, como *Tringa totanus*, *Calidris alpina* y *Limosa limosa* (Brennan, *et al*., 1984; Gunnarsson *et al*., 2006; Ottvall & Gunnarsson, 2007), y ahora también para la especie de interés en este trabajo.

La selección de la medida del culmen como criterio morfométrico para la identificación del sexo se fundamento en dos razones: (1) esta estructura fue la que presentó las mayores diferencias de tamaño entre los sexos, sirviendo como indicador de un probable dimorfismo sexual y (2) diferentes estudios con otras especies de aves playeras, tales como *Calidris mauri* (Page & Fearis, 1971), *C. alpina* (Page, 1974) y *C. minutilla* (Butler & Kaiser, 1995), han mostrado que la longitud del culmen es una medida más útil para la identificación del sexo.

Por otra parte la masa corporal también mostró diferencias significativas entre los sexos, sin embargo, esta medida no puede considerarse como un factor discriminante, debido a que la masa corporal es una variable que depende en mayor medida de la calidad de los sitios en donde se alimentan (Warnock & Bishop, 1998), además las aves playeras pueden regular su masa corporal con base en el riesgo de enfrentarse a climas severos o alimento insuficiente, de tal forma que incrementaran la masa corporal cuando los riesgos sean mayores (Summers *et al*., 1992). Es decir, la masa corporal refleja más la condición del ave que una posible diferencia entre sexos.

Los intervalos de las longitudes del culmen propuestos en el trabajo presente para la asignación del sexo son robustos, sobre todo al compararlos con los propuestos por Gratto-Trevor (2000), ya que el tamaño de muestra aquí utilizado es notoriamente mayor (83 y 500 individuos, respectivamente). Así mismo al aplicar la técnica morfométrica desarrollada a los 77 datos de los cuales se conocía el sexo por la vía molecular y que no fueron incluidos en el análisis, se observó prácticamente el mismo índice de eficiencia (96%) que el propuesto mediante el análisis estadístico de los resultados de la técnica implementada.

La menor talla de los machos de *L. fedoa* puede estar relacionado con los vuelos acrobáticos que éstos realizan durante la formación de la pareja en los sitios de reproducción; Jehl y Murray (1984) explican este comportamiento como probable causa del dimorfismo sexual en aves playeras en general. También Gratto-Trevor (2000) menciona que los machos de *L. fedoa* tienen una exhibición territorial desarrollada y compleja que incluye vuelos acrobáticos, por lo que el menor tamaño de los machos (correlacionado con el tamaño del culmen) sería producto de la selección sexual a la que está sometida esta especie.

8.5 ANÁLISIS MOLECULARES

El éxito obtenido con la técnica molecular para identificar el sexo, mediante las muestras de sangre fue moderado (75% de efectividad). El 25% de ineficiencia al leer los resultados moleculares no se relaciona con la técnica molecular, sino con la metodología de colecta y preservación de las muestras, ya que aparentemente el colectar la muestra con el papel filtro y preservarlas en congelación puede provocar que el ADN de la sangre se degrade (Baker, com. pers.), o bien es probable el papel filtro interfirió en el protocolo de la técnica de análisis genético. Por lo anterior se sugiere, para estudios posteriores, colectar la sangre y almacenarla directamente en etanol al 90%, ya que de esta forma se evitaría por completo la degradación del ADN sanguíneo (Baker, com. pers.).

8.6 ESTRUCTURA POBLACIONAL POR SEXO

Diferentes autores han indicado que algunas especies de aves playeras presentan dimorfismo sexual en cuanto al tamaño corporal y/o a la longitud de

diferentes estructuras (Cooper, 1994; Wilson, 1994), en la mayoría de las ocasiones las hembras son más grandes. En algunas especies de aves playeras como *C. mauri* (Nebel *et al.*, 2002) y *C. minutilla* (Nebel, 2006), se ha evidenciado una segregación latitudinal en cuanto a la distribución invernal por sexos. Esto también sucede con muchas especies de aves migratorias (Cristol *et al*., 1999). En muchas especies los machos invernan en latitudes más altas que las hembras (Ketterson & Nolan, 1976; 1983; Myers 1981).

Antes del trabajo presente no se tenia evidencia que *L. fedoa* presentara una segregación latitudinal por sexos durante el invierno (Melcher *et al*., 2006). Los datos aquí mostrados indican que hay una mayor proporción de machos en el complejo de humedales de Guerrero Negro.

Lo anterior indica que las hembras utilizan otros humedales, como los ubicados en el macizo continental (Sonora y Sinaloa) y permanecer el invierno en ellos, tales como Marismas Nacionales, Bahía Santa María, Topolobampo y el Delta del Rió Colorado, lugares que presentan abundancias importantes durante el invierno (Melcher *et al*., 2006). En este caso no se trataría estrictamente de una segregación latitudinal por sexos, puesto que a *grosso modo* estos sitios y el complejo de humedades de Guerrero Negro se encuentran a latitudes similares, aunque Guerrero Negro presenta un clima templado mientras que en el resto de los sitios el clima es más cálido, dado que se encuentran en zonas biogeográficas diferentes. Pese a lo anterior los números observados en los humedales mencionados difícilmente permiten alcanzar una relación de 1:1 entre hembras y machos, pese a que la mayor parte de los individuos fuesen hembras.

Una explicación alterna y complementarias es que hubiera una mayor proporción de hembras al norte de su intervalo de distribución, en sitios como la Bahía de San Francisco (el área de invernación más importante en EU.), la Bahía de Humboldt y la Bahía de Monterey, todos ellos con abundancias invernales importantes (Melcher *et al*., 2006). Esta idea se ve apoyada por las diferencias observadas (en Guerrero Negro) en la proporción de machos entre temporadas y estaciones del año, pues al relacionar dichas abundancias con las temperaturas, se observó que en la temporada más fría (2007-08) se presentaron las menores proporciones de machos (Fig. 11). Es decir, presumiblemente al presentarse un

clima más frío una fracción importante de hembras invernó en un sitió más sureño, Guerrero Negro. Mientras que en la en la temporada calida (2008-09), la proporción de machos fue mayor (Fig. 11), ya que las condiciones favorecieron a que las hembras invernaran al norte de su distribución invernal.

Otro dato que apoya la hipótesis de la segregación invernal de *L. fedoa*, es el peso promedio de las hembras observado durante el otoño en Guerrero Negro, ya que este fue bajo y con poca variación (Fig. 13), lo que sugiere que esta fracción no acumuló la grasa requerida para continuar realizando movimientos migratorios. De ser así, se presentaría una segregación latitudinal inversa, donde los machos invernarían al sur y las hembras al norte; esto rompe con el patrón observado comúnmente, al menos para otras especies (Ketterson & Nolan, 1976; 1983; Myers, 1981). Una de las ideas de Myers (1981) al tratar de explicar la segregación latitudinal por sexos en las aves playeras apoyaría la hipótesis aquí planteada, pues sugiere que las diferencias fisiológicas relacionadas al tamaño corporal, le permiten al sexo más grande (las hembras) tolerar climas invernales más severos (*e.g.* San Francisco *v.s* Guerrero Negro).

En uno de los sitios de paso más importante en ambas migraciones (otoño y primavera), utilizado por aproximadamente 43,000 individuos de *L. fedoa*, ubicado en Utah al norte de EE. UU. (Bear River Migratory Bird Refuge), se han observado proporciones similares a la encontrada en Guerrero Negro (2M:1H a favor de los machos; Olson & Farmer, datos no publicados), lo que sugiere que la segregación sexual ocurre desde que salen de sus sitios de reproducción, provocando con ello dos posibilidades: (1) que las hembras utilicen otra ruta migratoria, ya sea que usen en mayor proporción el corredor migratorio del Atlántico, como se ha sugerido para *C. mauri* (Butler *et al*., 1996) o bien (2) que las hembras utilicen diferentes sitios de paso en su migración hacia sus áreas de invernación en las costas del Pacifico. La falta de estudios en otros humedales importantes para esta especie en México y Estados Unidos hace de momento imposible corroborar las hipótesis anteriores.

Otra posibilidad, aunque más difícil de abordar, es que en la población existan más machos que hembras, pues en los sitios de reproducción, los machos se enfrentan a una mayor dificultad que las hembras para obtener pareja (Gratto-

Trevor; 2000), aunado a que se han registrado parvadas numerosas de machos veraneando en sus sitios de invernación (Ryan com. pers., en: Gratto Trevor, 2000).

8.7 MORFOMETRIA

A nivel interespecífico las diferencias en la longitud y forma de algunas estructuras corporales de las aves (*e.g.* culmen, tarso y cabeza) comúnmente se han asociado a las características del hábitat en que se presentan las especies, como la profundidad del agua, tipo de sustrato y vegetación (Recher, 1966; Baker, 1979; Colwell & Taft, 2000), sin embargo, dichas relaciones son, la mayoría de las veces, poco notorias a nivel intraespecífico (Galindo, 2003; Arce, 2008).

La falta de diferencias morfométricas significativas al comparar entre temporadas y estaciones del año, también puede explicarse considerando que en el complejo de humedales de Guerrero Negro inverna poco más del 50% de la población global de *L. fedoa*, por lo que se considera que existe una buena representatividad de la población, incluso morfológicamente hablando, es decir es probable que en este sitio se puedan encontrar individuos de toda la gama de tallas.

8.8 CAMBIOS TEMPORALES DE LA MASA CORPORAL POR SEXO

El peso de las aves puede reflejar condición y demanda energética a la que los individuos están sujetos a lo largo del tiempo (O'Reilly & Wingfield, 2003). Los períodos de migración son energéticamente demandantes, por lo que las aves suelen incrementar su peso antes de iniciar dichos períodos (O'Reilly & Wingfield, 1995; 2003). Por otro lado, el riesgo de ser depredado en invierno es mayor si las aves mantienen un peso alto, por lo que debe existir un balance entre las reservas de grasa indispensables para reducir el riesgo de inanición y tener el peso mínimo posible para poder escapar de sus depredadores (Cresswell & Whitfield, 1994).

En este trabajo se observó que los machos mostraron el patrón típico del comportamiento del peso corporal en aves migratorias (Scott *et al*., 1994), puesto que en otoño y en primavera se observaron los individuos más pesados, asociado a los requerimientos energéticos de los períodos de migración, muda y

reproducción (O'Reilly & Wingfield, 1995). La variación del peso durante el otoño sugiere que algunos de los individuos utilizan el complejo de humedales de Guerrero Negro, como sitio de paso, para incrementar su peso corporal y poder continuar su migración (Butler & Kaiser, 1995; Nebel, 2006), presumiblemente hacia otros humedales peninsulares más sureños como San Ignacio, La Bocana, El Coyote o Bahía Magdalena; lugares donde se han observado números considerables de esta especies (Carmona *et al*. datos no publicados, Zarate-Ovando *et al*., 2007; Mendoza, 2010).

El peso relativamente bajo de la hembras en otoño, comparado con el de primavera, puede explicarse considerando que en otoño se hayan capturado hembras recién llegadas de la reproducción o de una jornada larga de su migración y que apenas hubiesen iniciado el incremento de su peso corporal; como se ha sugerido para *C. mauri* en la misma zona de estudio (Arce, 2008); aunque también existe la posibilidad de que la mayor parte de las hembras que llegan al complejo de humedales de Guerrero Negro no continúen su migración hacia otros humedales y que permanezcan invernando en este sitio, lo que implicaría que les es prescindible un incremento en peso. Esta última hipótesis se ve reforzada al comparar los valores promedio y las desviaciones del peso de las hembras en otoño (Fig. 13) con: (1) el peso y desviación de ésta en invierno, puesto que son muy semejantes (bajo peso promedio) y desviaciones similares y (2) con el peso de los machos en otoño, ya que para estos últimos el mayor promedio de otoño sugiere que hay tanto aves de paso como aves que invernarán en la zona.

Además para diferentes especies de aves playeras el incremento en peso se relaciona con la distancia de los vuelos subsiguientes (McNeil & Cadieux, 1972; McNeil & Burton, 1973), razón por la cual es factible suponer que una fracción de los machos pudiera continuar su vuelo migratorio, hacia otros humedales más sureños, mientras que la mayor parte de las hembras pudieran haber invernado en Guerrero Negro.

Los bajos pesos observados en invierno para ambos sexos se deben a que las aves en sus sitios de invernación no requieren de una alta acumulación de grasa, pues sólo se enfrentan a sus requerimientos básicos (Page & Middleton,

1972; Pfister *et al*., 1998; Nebel, 2006). Como fue mencionado una de las causas de los bajos pesos invernales es disminuir el riesgo de depredación (Cresswell, 1994).

El notorio incremento en la masa corporal en ambos sexos durante la primavera está asociado al inicio del período migratorio hacia sus sitios de reproducción (Myers *et al*., 1987). En el área de estudio se observó que *L. fedoa* ganó entre un 4 y un 8% de peso, comparado con el de invierno. Este incremento relativamente bajo, se relaciona con su característica de ave migratoria de distancias cortas (O´Reilly & Wingfield, 1995), puesto que lleva a cabo vuelos cortos de hasta 100 km, en comparación con otras especies como *C. alpina* para el que se ha documentado una ganancia en peso corporal de 12% en su migración al norte (McEwan & Whitehead, 1984), en relación a los vuelos notoriamente más largos que realiza esta última especie (Warnock & Gill, 1996).

El mayor incremento porcentual del peso de las hembras, comparadas con los machos (8 y 2.5%, respectivamente) se ha observado para otras aves playeras, por ejemplo Butler *et al*. (1987) asociaron las diferencias en peso entre la migración de otoño y la de primavera de *C. mauri* a diferentes requerimientos energéticos (muda y reproducción, respectivamente); donde en primavera son mayores, lo que es particularmente evidente para las hembras, dada su mayor inversión energética para la próxima reproducción.

En primavera también se presentaron las mayores variaciones del peso corporal en ambos sexos. Esto puede ser un reflejo de que una fracción importante de los individuos pasará el verano en el Complejo de humedales de Guerrero Negro. En primavera se tiene una mezcla de individuos que están incrementando su peso para poder migrar al norte y otros que no requieren incrementarlo, pues permanecerán en el área veraneando (*over-summering*). Lo anterior se ve reforzado al observar las abundancias observadas en verano durante la primer temporada de estudio (2006-07), ya que en la zona veraneó un 20% de las aves que pasaron el invierno en Guerrero Negro.

8.9 CRONOLOGIA DE LA MUDA DE LAS PLUMAS PRIMARIAS

La muda de las plumas es uno de los eventos energéticamente más demandantes durante el ciclo anual de las aves (Newton, 2009), no obstante es uno de los eventos menos estudiado, al compararlo con los estudios de reproducción y migración (Newton, 2008). Existen diferentes estrategias entre las aves respecto a la cronología de muda (Newton, 2009). Algunas especies como *C. alpina* llevan a cabo la muda de sus plumas primarias antes de comenzar su migración de otoño (Warnock & Gill, 1996), otras pueden llevar a cabo la muda a lo largo de su ruta migratoria (*Phalaropus tricolor*; Newton, 2009), existen también especies que retienen su muda hasta llegar a sus sitios de invernación (*Limosa lapponica*; Mccaffery & Gill, 2001).

Para *L. fedoa* existe poca información respecto a la muda de las plumas primarias, Gratto-Trevor (2000) menciona que ésta se lleva a cabo entre julio y noviembre, lo que coincide con lo reportado en el presente trabajo. Ya que para las aves playeras que pasan la época no reproductiva en regiones templadas o frías, la muda es completada antes del invierno, cuando los recursos alimenticios se vuelvan limitantes (Prater, 1981). Sin embargo Gratto-Trevor (2000) no menciona que tipo de estrategia utiliza *L. fedoa* en su muda. Los resultados del trabajo presente indican que las aves que invernan en Guerrero Negro retienen su muda de las plumas primarias hasta llegar al sitio de invernación.

Las estrategias de muda de las plumas se encuentran asociadas a diferentes factores, como la variación espacio-temporal en la abundancia de alimento en el sitio donde ésta se lleva a cabo, la presencia de competidores y la vulnerabilidad ante depredadores (Holmes, 1971; Morrison, 1976; Ydenberg *et al.*, 2007), por lo que las aves retienen el proceso hasta llegar a sitios óptimos para llevarlo a cabo. Al considerar los costos energéticos de la muda (Pyle, 2005), la especie de interés aparentemente obtiene ventajas al retrasarla hasta su llegada al Complejo de humedales de Guerrero Negro, donde existen las condiciones optimas de alimentación, sobre todo al considerar las presencia de ambientes de alimentación alternos, las instalaciones de ESSA (Danemann *et al*., 2002; Ayala-Perez, 2008).

Adicionalmente al retrazar la muda hasta su llegada al sitio de invernación, las aves evitan que ésta coincida con otro evento energéticamente costoso, la migración (Morrison, 1976; Newton, 2009); es decir, la fracción poblacional de *L. fedoa* que mudó sus plumas primarias en Guerrero Negro llevó a cabo dicha muda una vez terminada su migración otoñal. Se ha indicado que las aves que invernan en latitudes más sureñas tienden a iniciar la muda después que las que invernan más al norte (Spaans, 1976; Summers *et al.*, 2004) y que la distancia final de la migración puede ser uno de los factores que determinen cuando se iniciará este proceso (Holmes, 1971).

8.10 DISCUSIÓN GENERAL

El Complejo de humedales de Guerrero Negro, es por mucho, el sitio de mayor importancia para la invernación de *L fedoa* a nivel mundial (Gratto-Trevor, 2000), ya que el máximo observado representa aproximadamente el 50% de la población total estimada (170, 000 individuos; Morrison *et al.,* 2006). Por lo que podría esperarse una buena representatividad de la población, incluso morfológicamente hablando. De manera general esta especie se comportó como un ave migrante típica, aunque bien representada durante todo el año, incluso en el verano, fecha en la cual la mayoría de aves playeras se encuentra en sus zonas de reproducción (Myers *et al.,* 1987). Esta especie incrementó su abundancia a partir de otoño, época en la cual también mostró un peso mayor (al menos los machos), lo cual está relacionado con los requerimientos energéticos en esta época (migración y muda).

Se registraron abundancias altas y constantes en invierno, lo que coincidió con pesos bajos y con algunas variaciones relacionadas aparentemente con movimientos regionales (Rottenborn, 1996; Brabata, 2000; Fernández *et al*., 2001), por lo que el peso bajo de las aves se debe a que en está época sólo requieren cubrir sus requerimientos básicos (Page & Middleton, 1972; Pfister *et al*., 1998; Nebel, 2006). Por ultimo, la disminución de la abundancia en primavera, coincidió con un incremento del peso en ambos sexos, asociado al próximo período migratorio (Myers *et al*., 1987, Gratto-Trevor, 2000), el cual demanda mayores requerimientos energéticos, particularmente a las hembras (Butler *et al*., 1987).

El Complejo de humedales de Guerrero Negro es particularmente importante para la invernación de los machos (2M:1H), lo que indica que las hembras invernan en mayor proporción en otros humedales, evidenciando así una probable segregación latitudinal o geográfica por sexos, aunque la carencia de datos de otros sitios impide poder concluir a este respecto. Sin embargo, en el trabajo presente se muestran las primeras evidencias de tal segregación.

El trabajo de la primera temporada (censos de toda el área) fue fundamental para poder desarrollar el programa de monitoreo de *L. fedoa*. Este programa cubre parte de las acciones prioritarias enmarcadas dentro del Plan de Conservación de esta especie (Melcher *et al.*, 2006) y dentro de la estrategia para la conservación y manejo de las aves Playeras y su hábitat en México (SEMARNAT, 2008); además garantiza la reducción de los costos para llevarlo a cabo, aumentando así la probabilidad de su viabilidad a largo plazo.

Otro de los puntos que se enfatizan dentro del documento de la SEMARNAT (2008) y dentro del plan de manejo de esta especie (Melcher *et al*., 2006) es la necesidad de generar más información de los patrones migratorios de *L. fedoa*, a este respecto la técnica no invasiva para la identificación de los sexos propuesta y su eficiencia permitirán abrir nuevas líneas de trabajo.

9. CONCLUSIONES

De manera general, el complejo de humedales de Guerrero Negro es utilizado principalmente como un sitio de invernación de los machos de *L. fedoa.*

Se observó que *L. fedoa* se encuentra bien representada durante todo el año en Guerrero Negro, con fluctuaciones en su abundancia provocadas por los movimientos migratorios.

En la zona existe un numeroso grupo veraneante, cerca del 25% del total de la población invernal (probablemente juveniles), lo que la convierte en el sitio de invernación y veraneo más importante a nivel mundial.

Las diferencias de la abundancia entre las temporadas y las estaciones del año presumiblemente están relacionadas con la temperatura ambiente, puesto que en la temporada en la que se registraron las menores abundancias, se reportaron también las temperaturas más calidas.

De las 45 zonas en las que se dividió el complejo de humedales de Guerrero Negro, se seleccionaron 24 de ellas para el desarrollo del plan de monitoreo, las cuales conjuntaron el 72% del total de los registros

El plan de monitoreo de *L. fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro redujo en un 50% el esfuerzo de muestreo de las siguientes temporadas..

El plan de monitoreo desarrollado en este trabajo responde a las necesidades indicadas en el plan de conservación de esta especie y a la necesidad de generar más información y monitorear las poblaciones.

Se capturaron 959 individuos de *L. fedoa*, que representan el 1.5% del total de individuos invernantes en Guerrero Negro, con lo que se logró obtener una alta representatividad de las dos temporadas de capturas (2007-08, 2008-09) y sus respectivas estaciones del año (otoño, invierno y primavera).

Se obtuvo un 75% de efectividad en el análisis molecular para la identificación del sexo en las muestras de sangre, esta baja efectividad aparentemente fue provocada por el método de preservación de las muestras.

La medida del culmen fue la estructura que aportó la mayor información para diferenciar el sexo en *L. fedoa*, esta estructura fue 21% más grande en las hembras que en los machos, lo que evidenció un notorio y significativo dimorfismo sexual.

Con los resultados del análisis molecular combinado con las medidas del culmen, se determinó que aquellos organismos que presenten cúlmenes ≤105 mm pueden ser considerados como machos y como hembras los que tengan cúlmenes ≥108 mm. Se determinó un porcentaje de eficiencia superior al 96%.

Se encontró que la proporción de sexos de *L. fedoa* en el complejo de humedales de Guerrero Negro fue de 2:1 a favor de los machos.

La proporción de sexos encontrada en Guerrero Negro pudiera ser explicada por tres diferentes hipótesis: (1) una mayor proporción de hembras en los humedales del macizo continental; (2) una mayor proporción de hembras al norte de Guerrero Negro y (3) una mayor proporción de machos en la población.

La muda de las plumas primarias de *L. fedoa* se llevó a cabo a lo largo del otoño, entre julio y noviembre, lo que indica que las aves retienen la muda hasta llegar al sitio de invernación (Guerrero Negro).

Respecto al peso de las aves se observó que los machos mostraron el típico patrón del comportamiento, con pesos altos en otoño y primavera, asociados a los requerimientos energéticos de estas temporadas (muda y migración) y pesos bajos en invierno relacionados con las menores demandas energéticas.

Las hembras en contraste presentaron pesos bajos en otoño, relacionado con la posibilidad de que éstas no continúen moviéndose hacia otros humedales, por lo que sus requerimientos energéticos disminuirían.

En primavera se presentan las mayores variaciones en cuanto a la masa corporal de ambos sexos, ya que una fracción de cada sexo se estaba preparando para migrar hacia el norte y otra no incrementó su peso pues pasará el verano en Guerrero Negro.

10. RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

Es importante continuar con el trabajo de monitoreo de la especie en Guerrero Negro a largo plazo, para así poder detectar el estado poblacional de la especie y posibles cambios en la misma.

Hasta el momento resulta difícil poder distinguir entre juveniles y adultos dentro de la especie, por lo que es importante desarrollar una técnica que permita tal diferenciación, probablemente con ayuda de isótopos estables y un examen minucioso de las características del plumaje.

Debido a que dentro del complejo de humedales de Guerrero Negro existen diferentes microambientes seria importante investigar si existe una segregación espacial por sexo y/o edad entre éstos.

La proporción de sexos observada en Guerrero Negro permitió sentar las bases de una segregación sexual invernal; para explicarla se plantean tres hipótesis, que por si mismas son investigaciones requeridas a corto plazo.

Es necesario llevar a cabo un esfuerzo exhaustivo de marcaje y reobservación que permita determinar diferentes aspectos sobre la ecología migratoria e invernal de esta especie, por ejemplo evaluar tasas de retorno y recambio en las áreas de invernación, tasas de sobrevivencia y evaluación de movimientos locales durante el invierno.

Dado el importante número de aves veraneantes seria interesante invertir un mayor esfuerzo de captura en esta época del año, para tratar de elucidar las probables causas de veraneo.

También se requiere determinar la abundancia y composición de las presas bentónicas de las que se alimenta *L. fedoa* y sus cambios temporales.

Una de las necesidades básicas enmarcada dentro del plan de conservación de la especie, es la implementación de un programa de educación y divulgación en la sociedad en general, que incremente la conciencia publica sobre la importancia de este sitio para la especie y para las aves playeras en general.

11. BIBLIOGRAFIA CITADA

Arce, V. N., 2008. *Uso migratorio e invernal de un ambiente natural y uno artificial en Guerrero Negro, B. C. S., por Calidris mauri (Aves: Charadriiformes).* Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S., Mexico. 71p.

Ayala-Perez, V. O. 2008. *Uso de un ambiente natural y uno artificial en relación al nivel de marea por las aves playeras (Charidrii) en Guerrero Negro, B. C. S., México.* Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S., México. 69p.

Baker A.J., T. Piersma, & A.D. Greenslade. 1999. Molecular versus phenotypic sexing in red knots. *Condor*, 101:887–893.

Baker, M. C. 1979. Morphological correlates of habitat selection in a community of shorebirds (Charadriiformes). *Oikos,* 33:121-126.

Beintema, A. J. 1986. Man-made polders in The Netherlands: a traditional habitat for shorebirds. *Colon. Waterbird.,* 9:196-202.

Brabata, G. 2000. *La Ensenada de La Paz, B. C. S., como parte de la ruta migratoria de Calidris mauri (Charadiiformes: Scolopacidae): su estancia a lo largo de un año*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B. C. S., México. 64p.

Brabata, G. & R. Carmona. 1998. Conducta alimentaria de cuatro especies de aves playeras (Caradriiformes: Scolopacidae) en Chametla, B. C. S., México. *Biología Tropical,* 47:239-243.

Brennan, L. A., J. B. Buchanan, C. T. Schick, S. G. Herman & T. M. Johnson. 1984. Sex determination of Dunlins in winter plumage. *J. Field Ornitho.*, 55:343–38.

Briggs, J.C. 1974. Marine Zoogeography. McGraw-Hill, New York, 475 pp.

Brown, S. C., Hicky, B. Harrington & R. Gill. 2001. United States Shorebird Conservation Plan. Second edition. Manoment Center for Conservation Sciences. 70pp.

Burger, J. 1984. Abiotic factors affecting migrant shorebirds, p. l-72. En: J. Burger & B. L. Olla (Eds.). *Shorebirds: migration and foraging behavior*. Plenum Press, New York.

Butler, R. W., F. S. Delgado, H. de la Cueva, V. Pulido & B. K. Sandercock. 1996. Migration rutes of the Western Sandpiper. *Wilson Bull.,* 108:662-672.

Butler, R. W., G. W. Kaiser & 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. *J. Field Ornitho.,* 2:103-111.

Butler, R. W., & G. W. Kaiser. 1995. Migration chronology, sex ratio, and body mass of Least Sandpipers in British Columbia. *Wilson Bull*., 107:413-422.

Carmona, R. & G. Danemann. 1998. Distribución espaciotemporal de aves en la Salina de Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 24: 389-408.

Carmona, R., V. Ayala-Pérez, N. Arce & L. Morales-Gopar. 2006. Use of saltworks by Red Knots at Guerrero Negro, Mexico. *Wader Study Group Bull.,* 111: 46–49.

Carmona, R., N. Arce, V. Ayala-Pérez & G. D. Danemann. 2008. Abundance and phenology of Red Knots in the Guerrero Negro–Ojo de Liebre coastal lagoon complex, Baja California Sur, Mexico. *Wader Study Group Bull.,* 115: 10-15.

Castillo-Guerrero, J. A., G. Fernández, G. Arellano & E. Mellink. 2009. Diurnal abundance, foraging behavior and habitat use by non-breeding Marbled Godwits and Willets at Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Waterbirds,* 32: 400-407.

Colwell, M. A. & S. L. Dodd. 1997. Environmental and habitat correlates of pasture use by nonbreeding shorebirds in northern California. *Condor*, 99:337–344

Colwell, M. A. & O. W. Taft. 2000. Waterbirds communities in manager wetlands of varying water depth. *Waterbirds,* 23:45-55.

Contreras, F. 1985. *Las lagunas costeras mexicanas*. Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca, México DF, 265 pp.

Cooper, J. M. 1994. Least Sandpiper (*Calidris minutilla*). En: A. Poole & F. Gill (Eds.) *The Birds of North America.* Vol. 115. Philadelphia.

Cresswell, W. & D.P. Whitfield 1994. The effects of raptor predation on wintering wader populations at the Tyninghame estuary, southeast Scotland. *Ibis,* 136:223-232.

Cristol, D. A., M. B. Baker & C. Carbone. 1999 Differential migration revisited: latitudinal segregation by age and sex class. *Current Ornithology*, 15:33-88.

Dabbene, R. 1920. Notas sobre los chorlos de Norte America que invernan en la Republica Argentina. *Hornero*, 2:99-128.

Danemann, G. D., R. Carmona & G. Fernández. 2002. Migratory shorebirds in the Guerrero Negro saltworks, Baja California Sur, México. *Water Study Group Bull.,* 97:36-41.

Davidson, N. C. & P. R. Evans. 1986. The role and potential of man-made and man-modified wetlands in the enhancement of the survival of overwintering shorebirds. *Colonial Waterbirds,* 9:176-188.

Dodd, S.I., & M.A. Colwell. 1996. Seasonal variation in diurnal and nocturnal foraging patterns of nonbreeding shorebirds. *Wilson Bull*., 110:182-189.

Donaldson, G., C. Ityslop, G. Morrison, L. Dickson & I. Davidson. 2000. Canadian Shorebird Conservation Plan. Ottawa, En: Canadian Wildlife Service Special Publication. 27pp.

Engilis, A. JR., L. W. E. Oring, J. Carrera, W. Nelson & A. Martínez López. 1998. Shorebird surveys in Ensenada Pabellones and Bahia Santa Maria, Sinaloa, Mexico: critical winter habitats for Pacific Flyway shorebirds. *Wilson Bull.,* 110:332-241.

Erwin, R. M., M. Coulter & C. Howard 1986. The use of Natural vs. Man-modified Wetlands by shorebirds and waterbirds. *Colonial Waterbirds,* 9:137-138.

Evans, P. R. 1976. Energy balance and optimal foraging strategies in shorebirds: some implications for their distributions and movements in the non-breeding season. *Ardea,* 64:112-139.

Fernández, G. 2005. *Ecological and social factors affecting the local habitat distribution of Western Sandpipers wintering at Bahía Santa María, northwest México*. Tesis de Doctorado. Simon Fraser University. 130p.

Fernández, G., H. de la Cueva & N. Warnock. 2001. Phenology and length of stay of transient and wintering Western Sandpipers at Estero Punta Banada, Mexico. *J. Field Ornitho.,* 72:509–520.

Galindo, E. D. 2003. *Uso de dos humedales, dulceacuícola y costero, por Calidris mauri (Charadriiformes: Scolopacidae) al sur de la Península de Baja*

California, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B. C. S., México. 76p.

Gratto-Trevor, C. L. 1999. Use of managed and natural wetlands by upland breeding shorebirds. s. Alberta. 252-259 En: Thorpe, J., T. A. Steeves & M. Gollop (Eds.) *Proceedings of the Fifth Prairie Conservation and Endangered Species Conference*, Saskatoon, SK. Prov. Mus. Alberta Nat. Hist. Occas. Pap. no. 24. Prov. Mus. Alberta, Edmonton.

Gratto-Trevor, C. L. 2000. Marbled Godwit (*Limosa fedoa*). En: Poole A. & F. Gill (Eds.) *The Birds of North America*, No. 492. The Birds of North America, Inc. Philadelphia, PA.

Green, A. J. 2001. Mass/length residuals: Measures of body condition or generators of spurious results? *Ecology,* 82:1473-1483.

Gunnarsson, T. G., J. A. Gill, S. L. Goodacre, G. Gélinaud, P. W. Atkinson, G. M. Hewitt, P. M. Potts & W. J. Sutherland. 2006. Sexing of black-tailed godwits *Limosa limosa islandica*: a comparison of behavioural, molecular, biometric and field-based techniques. *Bird Study*. 53:193–198.

Hayes, F. E., & J. A. Fox. 1991. Seasonality, habitat use, and flock sizes of shorebirds at the Bahia de Asuncion, Paraguay. *Wilson Bull*., 103:637-649.

Hockey, P. A R., J. K. Turpie & C. R. Velasquez. 1998. What selective pressures have driven the evolution of deferred northward migration by juvenile waders? *J. Avian Biol.,* 29:325–330.

Holmes, R. T., 1971. Latitudinal differences in the breeding and molt schedule of Alaskan Red-backed Sandpipers (*Calidris alpina*). *Condor*, 73:93-99.

Howe, M. A., P. H. Geissler & B. A. Harrington. 1989. Population trends of North American shorebirds based on the international shorebird survey. *Biological Conservation*, 49:185-199.

Howe, M., J. Bart, S. Brown, Ch. Elphick, R. Gill, B. Harrington, C. Hickey, G. Morrison, S. Skagen, & N. Warnock. 2000. *A Comprehensive Monitoring Program for North American Shorebirds*. Manomet Center for Conservation Sciences. 119pp.

Howell, S. N. G. & S. Web. 1995. *A guide to Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University, Press. Oxford. 851p.

Howes, I., & D. Bakewell. 1989. *Shorebirds studies manual*. Asian Wetland Bureau. Malaysia. 362p..

Hubbard, D. M. & J. E. Dugan. 2003. Shorebird use of an exposed sandy beach in southern California. *Estuar. Cost. Shelf Science,* 58:41-54.

Jehl, J. R., & B. G. Murria, Jr. 1984. Sexual size dimorphism in shorebirds. *Wader Study Group Bull*., No 39:58.

Kelly, P. R. & H. L. Cogswell. 1979. Movements and habitat use by wintering populations of Willets and Marbled Godwits. *Stud. Avian Biol.,* 2: 69-82.

Ketterson, E. D. & V. Nolan, Jr. 1976. Geographic Variation and Its Climatic Correlates in the Sex Ratio of Eastern-Wintering Dark-Eyed Juncos (*Junco hyemalis hyemalis*). *Ecology,* 57: 679-693.

Ketterson, E. D., & V. Nolan, Jr. 1983. The evolution of differential bird migration, 357–402.En: Johnston, R. F. (Ed.) *Current ornithology*. Vol. 1. Plenum Press, New York.

Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and classification, 182-215. En: M. Wiley (Ed.) *Estuarine Processes*. Academic Press Inc.. New York.

León, L.J.L., Cancino, J. & Arriaga, L. 1991. Asociaciones fisonómico-florísticas y flora, 145-176. En: A. Ortega & L. Arriaga (Eds.) *La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en la Península de Baja California*.

Lluch-Cota, D. B., A. Castellanos-Vera, J. Llinas-Gutiérrez & A. Ortega-Rubio. 1993. La Reserva de la Biósfera del Vizcaíno. 358-388. En: S. Salazar-Vallejo y N. E. González (Eds.), *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO-CIQRO, México, DF.

Malago, W., Jr., H. M. Franco, E., Jr., Matheucci, A. Medaglia & F. Henrique-Silva. 2002. Large scale sex typing of ostriches using DNA extracted from feathers. *BMC Biotechnology,* 2: 2-19.

Masero, J. A. 2003. Assessing alternative anthropogenic habitats for conserving waterbirds: Salinas as buffer areas against the impact of natural habitat loss for shorebirds. *Biodiversity and Conservation,* 12: 1157-1173.

Masero, J. A. & A. Pérez-Hurtado. 2001. Importance of the supratidal habitats for maintaining overwintering shorebird populations: How redshanks use tidal mudflats and adjacent saltworks in southern Europe. *Condor* 103:21-30.

Massey, B. W. & E. Palacios. 1994. Avifauna of the wetlands of Baja California México: current status. *Stud. Avian Biol*., 15:45-57.

Matta, C. N., N. Ramírez, B. Zúñiga & V. Vera. 2008. Determinación de sexo en aves mediante herramientas moleculares. *Acta biol. Colomb.,* 13:27-40.

Mendoza, C. L., 2010. Distribución espacial y temporal de aves playeras en Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, Mexico. 72p.

Mccaffery, B. & R. Gill. 2001. Bar-tailed Godwit (Limosa lapponica),. En: A. Poole (Ed.) *The Birds of North America*: Cornell Lab of Ornithology. Ithaca.

McEwan, E. H. & P.M. Whitehead 1984. Seasonal changes in body weight and composition of Dunlin *(Calidris alpina). Can. J. Zool.,* 62:154-156.

McNeil, R, M. T Diaz, B. Casanova & A. Villeneuve 1995. Trematode parasitism as a possible factor in over-summering of greater yellowlegs (*Tringa melanoleuca*). *Ornitol. Neotrop. 6*: 57-65.

McNeil, R., M. T. Diaz, & A. Villeneuve. 1994. The mystery of shorebird over-summering: a new hypothesis. *Ardea,* 82: 143–152.

McNeil, R. & F. Cadieux. 1972. Numerical formulae to estimate flight range of some North American shorebirds from fresh weight and wing length. *Bird-Banding*, 43:107-113.

McNeil, R., & J. Burton. 1973. Dispersal of some southbound migrating North American shorebirds a way from the Magdalen. Islands, Gulf of St. Lawrence, and Sable Island Nova Scotia. *Caribb. J. Sci.*, 13:257-278.

Melcher, C.P., A. Farmer, & G. Fernández. 2006. Version 1.1. *Conservation Plan for the Marbled Godwit*. Manomet Center for Conservation Science, Manoment, Massachusetts.116p.

Mellink, M. 2005. Current Status of Research on the Shorebirds, Marsh Birds, and Waders of the Peninsula of Baja California. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. 2005.

Mellink, E., E. Palacios, & S. González. 1997. Non-breeding waterbirds of the delta of the Río Colorado, México. *Journal of Field Ornithology,* 68:113-123.

Morrison, R. I. G. 1976. Moult of the Purple Sandpiper *Calidris maritima* in Iceland. *Ibis* 118: 237-246.

Morrison, R. I. G. ,R. K. Ross & M. S. Torres, 1992. Aerial surveys of Neartic Shorebirds wintering in Mexico: some preliminary results. *Canadian Wildlife Sevice Program* Notes, Ottawa, Canada. 201p

Morrison, R. I. G., Downes, C. & Collins, B. 1994. Population trends of shorebirds on fall migration in eastern Canada 1974-1991. *Wilson Bull.*, 106: 431-447.

Morrison, R. I. G., B. J. Mccaffery, R. E. Gill, S. K. Skagen, S. L. Jones, G. W. Page, Ch. L. Gratto-Trevor & B. A. Andres. 2006. Population estimates of North American shorebirds, 2006. *Wader Study Group Bull.,* 111: 67–85.

Myers, J. P. 1981. A test of three hypotheses for latitudinal segregation of the sexes in wintering birds. *Can. J. Zool.,* 59:1527-1534.

Myers, J.P., R. I. G. Morrison, P. Z. Antas, B. A. Harrington, T. E. Lovejoy, M. Sallaberry, S. E,. Senner, & A. Tarak. 1987. Conservation strategy for migratory species. *American Science,* 75:19-26.

Nebel, S. 2006. Latitudinal clines in sex ratio, bill, and wing lenght in Least Sandpipers. *Journal Field Ornithology*, 77:39-45.

Nebel, S., D. B. Lank, P. D. O'Hara, G. Fernández, B. Haase, F. Delgado, F. A. Estela, L. J. Evans Ogden, B. Harrington, B. E. Kus, J. E. Lyons, F. Mercier, B. Ortego, J. Y. Takekawa, N. Warnock, & S. E. Warnock. 2002. Western Sandpipers (*Calidris mauri*) during the nonbreeding season: spatial segregation on a hemisferic scale. *Auk,* 119:922-928.

Newton, I. 2009. Moult and plumaje. *Ringing & Migration.*24:220–226

Nowicki, T. 1973. *A behavioral study of the Marbled Godwit in North Dakota*. Master Science Thesis, Central Michigan University, Mount Pleasant. 159p.

O' Reilly, K. M. & J. C. Wingfield. 1995. Spring and autumn migration in arctic shorebirds: same distance, different strategies. *American Zoology* 35: 222-233.

O'Hara, P. D., B. J. M. Haase, R. W. Elner, B. D. Smith, & J. K. Kenyon. 2007. Are population dynamics of shorebirds affected by El Niño/Southern Oscillation (ENSO) while on their nonbreeding grounds in Ecuador? *Estuar. Coast Shelf Sci.*, 74: 96–108.

O'Reilly, K. M. & J. C. Wingfield. 2003. Seasonal, age, and sex differences in weight, fat reserves, and plasma corticosterone in Western Sandpipers. *Condor,* 105:13-26.

Ottvall, R., & G. Gunnarsson. 2007. Morphological and molecular sex identification of Redshanks *Tringa totanus*. *Bird Study,* 54: 127–129.

Padilla, G., S. Pedrín, & E. Troyo-Diéguez. 1991. Geología. 71-93. En: A. Ortega & L. Arriaga (Eds.), *La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en la Península de Baja California*.

Page G,. 1974. Age, sex, molt and migration of Dunlins at Bolinas Lagoon. *Western Birds*, 5: 1-12.

Page, G. & B. Fearis. 1971. Sexing Western Sandpipers by bill length. *Bird-Banding,* 42:297-298.

Page, G. & A. L. A. Middleton. 1972. Fat deposition during autumn migration in the Semipalmated Sandpiper. *Bird-Banding,* 43:85-96.

Page, G. W., L. E. Stenzel & C. M. Wolfe. 1979. Aspects of the occurrence of shorebirds on a central California estuary. *Stud. Avian Biol.*, 2:15–32.

Page G. W., E. Palacios, L. Alfaro, S. González, L. E. Stensel & M. Jungers. 1997. Numbers of wintering shorebirds in coastal wetlands of Baja California, Mexico. *J. Field Ornithol.,* 68:562-574.

Palacios, E., A. Escofet & D. H. Loya-Salinas. 1991. El Estero de Punta Banda, B. C., México como eslabón del "Corredor del Pacífico": abundancia de aves playeras. *Ciencias Marinas,* 17:109-131.

Pfister, C., B. A. Harrington & M. Lavine. 1992. The impact of human disturbance on the shorebirds at a migration staging area. *Biological Conservation,* 60: 1-12.

Pfister, C., M. J. Kasprzyk & B. A. Harrington. 1998. Body-fat levels and annual return in migrating semipalmated sandpipers. *Auk,* 115:904-915.

Phleger, F. B. & G. C.Ewing. 1962. Sedimentology and oceanography of coastal lagoons in Baja California, Mexico. *Geol. Soc. Amer. Bull*., 73: 145-182.

Pienkowski. W. 1991. Using long-term ornithological studies in setting targets for conservation in Britain. *Ibis*, 133:62-75.

Prater, A.J. 1981. A review of the patterns of primary moult in Palaearctic waders (Charadrii). 393–409. En: Cooper, J. (Ed.) *Proceedings of the Symposium on Birds of the Sea and Shore*. Cape Town: African Seabird Group.

Prater, T., J. Marchant & J. Vuorinen. 2007. *Guide to the identification and ageing of holartic waders*. British Trust for Ornithology Field Guide, no. 17, United Kingdom. 168p.

Pyle, P. 2005. Remigial molt patterns in north American falconiformes as related to age, sex, breeding status, and life-history strategies. *Condor* 107: 823–834.

Recher, H. F. 1966. Some aspects of the ecology of migrant shorebirds. *Ecology,* 47:393-407.

Rottenborn, S. C. 1996. The use of coastal agricultural fields in Virginia as foraging habitat by shorebirds. *Wilson Bull.,* 108:783-796.

Ryan, M. R., R. B. Renken & J. J. Dinsmore. 1984. Marbled Godwit habitat selection in the northern prairie region. *J. Wildl. Manage*., 48: 1206–1218.

Schneider, D. & E. P. Mallory. 1982. Spring migration of shorebirds in Panama. *Condor,* 84:344-345.

Scott, I., P. I. Mitchell & P. R. Evans. 1994. Seasonal changes in body mass, body composition and food requirements in wild migratory birds. *Proc. Nutr. Soc.,* 53:521-531.

Secretaria de Media Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, 2008. *Estrategia para para la Conservación y Manejo de las aves playeras y su hábitat en México*. Direccion General de Vida Silvestre. Distrito Federal. 90p.

Shuford, W. D., G. W. Page, J. G. Evens & L. E. Stenzel. 1989. Seasonal abundance of waterbirds at Point Reyes: a coastal California perspective. *Western Birds,* 20:137-280

Skagen, S. K. & F. L. Knopf. 1993. Toward conservation of midcontinental shorebird migration. *Conservation Biology,* 7:533-541.

Skagen, S.K., J. Bart, B. Andres, S. Brown, G. Donaldson, B. Harrington, V. Johnston, S. L. Jones & R. I. G. Morrison. 2003. Monitoring the shorebirds of North America towards a unified approach. *Wader Study Group Bull*., 100:102-104.

Spaans, A. L., 1976. Molt of flight and tail feathers of the Least Sandpiper in Surinam, South America. *Bird-Banding*. 47:359-364.

Summers, R. W., L. G. Underhill, M. Nicoll, R. Rae & T. Piersma. 1992. Seasonal, size and age-related patterns in body mass and composition of Purple Sandpipers *Calidris maritima* in Britain. *Ibis,* 134:346-354.

Summers R.W., L.G Underhill, M. Nicoll, K. B. Strann & S.Ø. Nilsen. 2004. Timing and duration of moult in three populations of Purple Sandpipers *Calidris maritima* with different moult/migration patterns. *Ibis* 146: 394–403.

Tsipoura, N. & J. Burger. 1999. Shorebird diet during spring migration stopover on Delaware Bay. *Condor,* 101: 635–644.

Warnock, N. D. & R. E. Gill. 1996. Dunlin (Calidris alpina). En: A. Poole (Ed.) *The Birds of North America.* Ithaca: Cornell Lab of Ornithology

Warnock, N. & M. A. Bishop. 1998. Spring stopover ecology of migrant Western Sandpipers. *Condor,* 100:456-467.

Watkins, D. 1993. A National Plan for Shorebird Conservation in Australia. Australian Wader Studies Group, Royal Australasian Ornithologists Union and World Wide Fund for Nature. Report No. 90, Melbourne

Wilson, W. H. 1994. Western Sandpiper (*Calidris mauri*). En: A. Poole & F. Gill (Eds.). *The Birds of North America*. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Washington, D. C. The American Ornithologists' Union.

Wyllie, J. G. 1961. The water masses of Sebastian Vizcaíno Bay. CalCOFI Rep. VIII: 83-93.

Ydenberg, R. C,, R. W. Butler & D. B. Lank. 2007. Effects of predator landscapes on the evolutionary ecology of routing, timing and molt by long-distance migrants. *J. Avian Biol.* 38:523–529.

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

Zarate-Ovando, B., E. Palacios, H. Reyes-Bonilla, E. Amador & G. Saad. 2006. Waterbirds of the Lagoon Complex Magdalena Bay Almejas, Baja California Sur, Mexico. *Waterbirds,* 29:350-364.

12. ANEXOS.

ANEXO I. Cronograma de las actividades básicas por temporada, estacion y mes realizadas en el presente trabajo.

TEMPORADAS	ESTACIÓN	MESES	ACTIVIDADES		
			Censos	Monitoreo	Capturas
Temporada 2006-07	Otoño 06	Julio 2006	✓		
		Agosto 06	✓		
		Septiembre 06	✓		
	Invierno 06	Octubre 06	✓		
		Noviembre 06	✓		
		Diciembre 06	✓		
		Enero 2007	✓		
	Primavera 07	Febrero 07	✓		
		Marzo 07	✓		
		Abril 07	✓		
	Verano 07	Mayo 07	✓		
		Junio 07	✓		
Temporada 2007-08	Otoño 07	Julio 07		✓	
		Agosto 07		✓	✓
		Septiembre 07		✓	✓
	Invierno 07	Octubre 07		✓	✓
		Noviembre 07		✓	✓
		Diciembre 07		✓	✓
		Enero 2008		✓	✓
	Primavera 08	Febrero 08		✓	✓
		Marzo 08		✓	✓
		Abril 08		✓	✓
	Verano 08	Mayo 08			
		Junio 08			
Temporada 2008-09	Otoño 08	Julio 08		✓	
		Agosto 08		✓	✓
		Septiembre 08		✓	✓
	Invierno 08	Octubre 08		✓	✓
		Noviembre 08		✓	✓
		Diciembre 08		✓	✓
		Enero 2009		✓	✓
	Primavera 09	Febrero 09		✓	✓
		Marzo 09		✓	✓
		Abril 09		✓	✓
	Verano 09	Mayo 09			
		Junio 09			

ANEXO II. Lista de las 45 áreas en las que se dividió todo el complejo Ojo de Liebre-Guerrero Negro-Exportadora de Sal, se indica su ubicación (LOL=Laguna Ojo de Liebre, GN=Laguna de Guerrero Negro, ES=Exportadora de Sal), el total de registros realizados durante el ciclo anual, la abundancia porcentual y el tipo de ambiente.

Zona	Abundancia Acumulada	Abundancia %	Tipo de ambiente
LOL05	68,382	12.141	Playa arenosa y marisma
LOL14	45,891	8.148	Marisma
LOL18	39,573	7.026	Playa arenosa
GN04	37,630	6.681	Playa lodosa y marisma
LOL16	32,073	5.694	Playa arenosa y marisma
LOL12	31,962	5.675	Playa lodosa
LOL11	29,105	5.167	Playa lodosa y marisma
LOL15	24,545	4.358	Playa arenosa y marisma
LOL13	23,674	4.203	Playa arenosa
GN02	21,619	3.838	Marisma
LOL07	20,590	3.656	Playa arenosa y marisma
LOL04	19,162	3.402	Playa lodosa y marisma
GN05	18,529	3.290	Playa lodosa y marisma
GN07	16,598	2.947	Playa arenosa y marisma
GN12	15,211	2.701	Marisma
ESS1A	15,077	2.677	Ambiente modificado
LOL06	11,301	2.006	Marisma planicie lodosa
LOL10	10,416	1.849	Playa arenosa
L0L03	9,050	1.607	Playa arenosa
LOL09	8,177	1.452	Playa arenosa y marisma
LOL23	5,630	1.000	Playa arenosa
LOL22	5,540	0.984	Playa lodosa y marisma
GN08	5,124	0.910	Playa arenosa
GN10	4,774	0.848	Playa arenosa y marisma
LOL08	4,670	0.829	Playa lodosa y marisma
ESA1	4,609	0.818	Ambiente modificado
GN03	4,473	0.794	Marisma
LOL17	4,171	0.741	Playa arenosa
LOL20	4,094	0.727	Playa arenosa y marisma
L0L02	4,052	0.719	Playa arenosa y marisma
GN01	3,906	0.693	Ambiente modificado
ESA7	3,700	0.657	Ambiente modificado
LOL21	2,504	0.445	Playa arenosa
GN06	2,337	0.415	Marisma

LOL19	1,982	0.352	Playa arenosa
ESA8	1,792	0.318	Ambiente modificado
GN09	656	0.116	Playa arenosa y marisma
GN11	437	0.078	Playa arenosa
ESS1B	99	0.018	Ambiente modificado
ESA5	73	0.013	Ambiente modificado
ESA4	44	0.008	Ambiente modificado
ESA2	11	0.002	Ambiente modificado
ESA3	3	0.001	Ambiente modificado
ESA9	2	0.000	Ambiente modificado
ESS2	2	0.000	Ambiente modificado
ESA6	0	0.000	Ambiente modificado
TOTAL	563,250	100	

ANEXO III. Protocolo para la técnica de identificación del sexo mediante los cromosomas sexuales.

EXTRACCION ALCALINA DE ADN

1. Añadir 20µl de 0.2 M NaOH a cada tubo de cada plato
2. Colocar un pedazo del papel filtro con muestra de células de sangre en cada uno de los tubos del plato
3. Encubar en calor a 75°C por cerca de 1 hora con 30 minutos
4. Neutralizar cada una de las submuestras añadiendo 180 µl de 0.04 M TrisHCL pH 7.5

CONDICIONES PARA LAS REPLICACIONES EN EL PCR (PARA CADA TUBO)

1. 1µl de la extracción de ADN
2. 0.5 µmol del Primer 1 (cagatggtgaggatgctggac)
3. 0.5 µmol del Primer 2 (ccctttattgatccatcaagyctctraagag)
4. 0.05 µl de Polimerasa (Invitrogen)
5. 0.28 µl de la dNTPs (bases nitrogenadas libres)
6. 1.25 µl de Buffer (El buffer es 10x y es 100 mM Tris-HCl pH 8.3, 0.5M KCl y 25 mM $MgCl_2$)
7. 8.92 µl de agua.
8. Volumen total 12 µl

CICLOS DE PCR

Los ciclos del PCR se llevaron a cabo iniciando a una temperature de 95°C por 5 min., seguido de 51 ciclos de 30 s a 94°C, 30 s a 50°C y 45 s a 72°C; con un ciclo final que incluye la fase de extensión de ADN el cual se llevo a cabo por 5 min. a 72°C.

FASE FINAL

A los productos amplificados se les añadió bromuro de yodo y fueron sujetos a una electroforesis en geles de agar al 1% durante 30 min. y los resultados fueron observados en una lámpara de rayos UV.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los fragmentos amplificados sometidos a una electroforesis darán un patrón de bandas característico. Ambos sexos comparten las bandas amplificadas

del cromosoma Z. En las hembras además, aparece la banda amplificada del cromosoma W permitiendo así diferenciar los sexos de manera inequívoca. En la figura 16 se muestra un patrón de bandas de 8 individuos de *L. fedoa* después de la electroforesis, los machos muestran una sola banda (ZZ) y las hembras dos (XW)

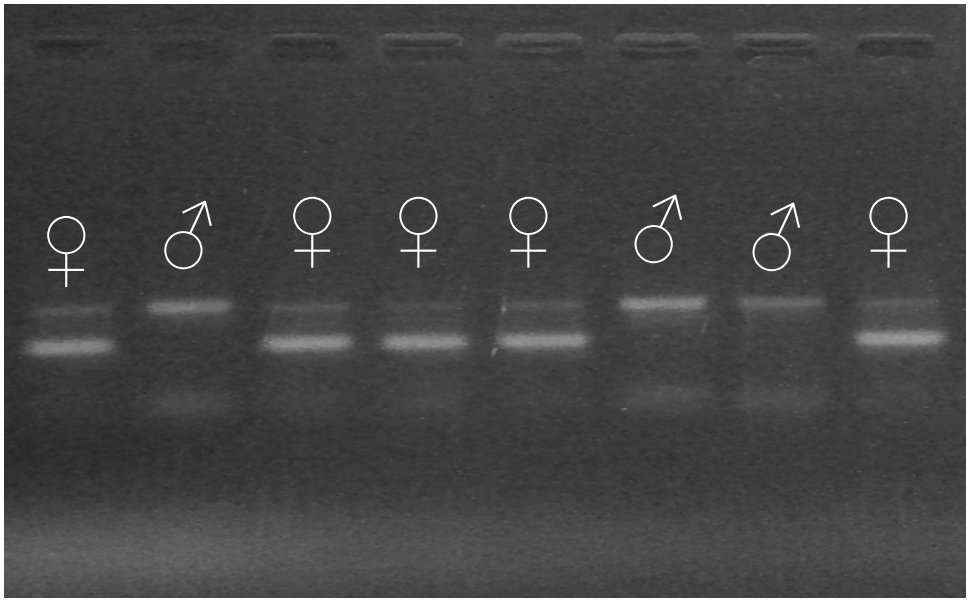


Figura 16. Imagen de la electroforesis del gel de agar con los fragmentos amplificados de ADN de los cromosomas sexuales. Se muestran cinco hembras (dos bandas, ZW) y tres machos (una banda, ZZ)