



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS ANÁTIDOS (AVES: ANATIDAE) EN LAGUNA SAN IGNACIO, B. C. S., MÉXICO

TESIS

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

PRESENTA

ROSALBA VÁZQUEZ CAMACHO

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 21 del mes de Octubre 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:

"DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS ANÁTIDOS (AVES: ANATIDAE)
EN LAGUNA SAN IGNACIO, B.C.S., MÉXICO"

Presentada por el alumno:

VÁZQUEZ

Apellido paterno

CAMACHO

materno

ROSALBA

nombre(s)

Con registro:

B	0	8	1	2	5	6
---	---	---	---	---	---	---

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

DR. FERNANDO CLEMENTE SÁNCHEZ

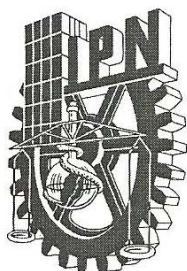
MC. FELIPE NERI MELO BARRERA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 17 del mes Noviembre del año 2010, el (la) que suscribe B.M. ROSALBA VÁZQUEZ CAMACHO alumno(a) de Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B081256 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: "DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS ANÁTIDOS (AVES: ANATIDAE)
EN LAGUNA SAN IGNACIO, B.C.S., 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: ros0027@gmail.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.

B.M. ROSALBA VÁZQUEZ CAMACHO

nombre y firma

DEDICATORIA

A mi esposo **Israel Martínez**, porque junto a su lado he aprendido a ponerle sal a mi vida.

A mi hija **Rebeca Martínez Vázquez**, iniciamos juntas el grato proyecto de la maternidad y desde tu llegada has sido fuente de inspiración y de lucha constantes.

A mis padres, **Gerardo Vázquez Sánchez** y **María Rosalba Camacho Guzmán**, por ser ejemplo de esfuerzo y dedicación, por motivarme a crecer académicamente, por su amor y por estar siempre pendientes de mí.

A mis hermanas, **Ciltali**, **Gloria Alejandra** y **Mayra Elizabeth** con cariño princesas.

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios, por abrirme las puertas para realizar la maestría en CICIMAR, por ayudarme con las materias cuando tuve el problema de salud y finalmente por darme el ánimo requerido para escribir este trabajo. Gracias, este trabajo es tanto tuyo como mío;

a los compañeros del Laboratorio de Aves de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, iniciando por el jefe: Roberto Carmona, Víctor Ayala, Nallely Arce, Denisse Morales, Fabiola Molina, Gerardo Guadalupe Marrón, Luis Mendoza e Israel Martínez, por el apoyo brindado en campo, en particular a Luis Mendoza e Israel Martínez por su apoyo en campo y por la paciencia mostrada al momento de realizar los censos;

a mis directores de Tesis: Dr. Roberto Félix Uraga, gracias por aceptar y defender mi proyecto en CICIMAR, por su disposición para apoyarme en los diferentes trámites administrativos y por sus sugerencias y comentarios a mi trabajo, los cuales me ayudaron a mejorar el contenido del mismo; y el Dr. Roberto Carmona, gracias por darte el tiempo de aclarar mis dudas y por revisar mis muy largos escritos, pese a la gran cantidad de trabajo que has tenido, en estas líneas deseo expresarte que has sido un gran director de tesis;

a mi Comité Revisor: los Doctores Fernando Clemente Sánchez, Casimiro Quiñonez Velázquez y David A. Siqueiros Beltrones y al M en C. Felipe Neri Melo Barrera, por darse el tiempo para aclararme dudas y por sus comentarios y sugerencias los que contribuyeron a la mejora de este trabajo;

a CONACYT y al programa de becas PIFI, por el apoyo económico otorgado, mismo que permitió la realización de este trabajo de tesis;

a Pronatura Noroeste A.C., en especial a Dr. Gustavo Danemann, pues este trabajo se enmarcó dentro del proyecto "Conservation of the Brant (Branta bernicla) and other migratory waterbirds in San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, México", del cual fue responsable; también agradezco a Socorro Muñoz por su ayuda en la elaboración de los mapas;

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 particular a Ellen C. Murphy, Coordinadora del Programa México por todas las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto y por su apoyo para financiar mi participación en el campamento anual de captura y marcaje de Gansos de collar realizado en Alaska;

al Dr. Rafael Riosmena Rodríguez y al M en C. Jorge López Calderón, por la asesoría brindada y por facilitarme información;

al Dr. David A. Siqueiros Beltrones y al M en C. Francisco Omar López Fuerte, por darse el tiempo de aclararme dudas y proporcionarme información. Gracias, porque sin conocerme mucho, me brindaron su ayuda sin vacilar;

a mi estimado amigo, Bill Eldridge, por aclararme dudas y proporcionarme información. Muchas gracias Bill;

a mis queridas amigas, Georgina Brabata, Dellys Montuy, Cosette Quiñones y Juani Conde por su apoyo incondicional,

a mi suegra, la Sra. Martha Cedillo y a mis cuñados: Martha, Verónica, Mónica, Roberto y Ulises, por su apoyo;

a mis hermanas, Gloria Alejandra y Mayra Elizabeth Vázquez Camacho por ayudarme con el cuidado de mi pequeña Rebeca y por animarme siempre que lo ocupe, son increíbles;

a Israel Martínez, muchas gracias por apoyarme en campo, por aclararme dudas, por escuchar mis ideas, por leer mi trabajo, por todo tu apoyo durante este tiempo el cual ha sido fundamental para finalizar el mismo;

a mi pequeña princesa, Rebeca Martínez Vázquez, gracias porque con tus sonrisas, abrazos y caricias me ayudaste a disipar la presión que por momentos sentí y por ser muy paciente cuando no podía estar contigo,

a mis pastores Marco y Juani Quiroz, por sus oraciones y consejos que me han impulsado para seguir adelante.

INDICE	Página
Lista de Figuras.....	<i>i</i>
Lista de Tablas.....	<i>iii</i>
Lista de Anexos.....	<i>iv</i>
Glosario.....	<i>v</i>
Resumen.....	<i>vi</i>
Abstract.....	<i>vii</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
4. OBJETIVO GENERAL.....	9
4.1 METAS	9
5. ÁREA DE ESTUDIO	10
6. MATERIAL Y MÉTODOS	13
6.1 CENSOS	13
6.2 ANÁLISIS DE DATOS	13
6.2.1 Distribución y abundancia temporal	13
6.2.2 Plan de censos	14
6.2.3 Relación de la abundancia con la fisiografía del paisaje	15
6.2.4 Distribución espacial.....	15
7. RESULTADOS.....	17
7.1 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA TEMPORAL.....	17

7.2 PLAN DE CENSOS	24
7.3 RELACIÓN DE LA FISIOGRAFÍA CON LA ABUNDANCIA DE ANÁTIDOS	30
7.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL.....	32
8. DISCUSIÓN	37
8.1 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA TEMPORAL.....	37
8.2 PLAN DE CENSOS	46
8.3 RELACIÓN DE LA ABUNDANCIA CON LA FISIOGRAFÍA DEL PAISAJE.....	48
8.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL.....	49
9. CONCLUSIONES	52
10. SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS	54
11. LITERATURA CITADA	55
12. ANEXOS	60

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Mapa de Laguna San Ignacio mostrando los 14 segmentos en los que se dividió la laguna.	12
Figura 2. Abundancia y riqueza de anátidos en Laguna San Ignacio (octubre 2007 a septiembre 2008). Las barras representan la abundancia y la línea la riqueza.....	17
Figura 3. Abundancia porcentual acumulada para las diferentes especies de anátidos observadas en Laguna San Ignacio.....	18
Figura 4. Abundancia mensual del ganso de collar (<i>Branta bernicla nigricans</i>) en Laguna San Ignacio.....	19
Figura 5. Abundancia mensual del pato boludo (<i>Aythya affinis</i>) en Laguna San Ignacio.....	19
Figura 6. Abundancia mensual del pato golondrino (<i>Anas acuta</i>) en Laguna San Ignacio.....	20
Figura 7. Abundancia mensual del pato monja (<i>Bucephala albeola</i>) en Laguna San Ignacio.....	21
Figura 8. Abundancia mensual de la negreta de nuca blanca (<i>Melanitta perspicillata</i>) en Laguna San Ignacio.....	21
Figura 9. Abundancia mensual del mergo copetón (<i>Mergus serrator</i>) en Laguna San Ignacio.....	22
Figura 10. Abundancia mensual del pato chillón (<i>Bucephala clangula</i>) en Laguna San Ignacio.....	23
Figura 11. Abundancia mensual del pato chalcúan (<i>Anas americana</i>) en Laguna San Ignacio.....	23
Figura 12. Tendencia de los coeficientes de determinación (r^2) y los residuales de las relaciones entre la abundancia total y la abundancia acumulada en los nueve segmentos elegidos.....	24
Figura 13. Abundancia porcentual acumulada de los anátidos presentes durante el año de muestreo en Laguna San Ignacio.....	26
Figura 14. Relación entre las abundancias de los anátidos en todo el complejo y en los nueve segmentos elegidos. Se muestra la ecuación obtenida, su coeficiente de determinación y los intervalos de confianza al 95%.....	27
Figura 15. Relación entre las densidades de los anátidos en todo el complejo y en los nueve segmentos elegidos. Se muestra la	

ecuación obtenida, su coeficiente de determinación y los intervalos de confianza al 95%.....	28
Figura 16. Segmentos elegidos (resaltados en colores) para el plan de censos en Laguna San Ignacio.	29
Figura 17. Laguna San Ignacio con los rasgos fisiográficos considerados.	31
Figura 18. Similitud cuantitativa de las diferentes especies de anátidos presentes en los 14 segmentos, en los que se dividió Laguna San Ignacio. Se muestra el agrupamiento por secciones.	32
Figura 19. Cambios mensuales en abundancia de los anátidos por sección en Laguna San Ignacio.....	33
Figura 20. Cambios mensuales en abundancia porcentual de los anátidos en las cuatro secciones en las que se dividió Laguna San Ignacio.	34
Figura 21. Cambios mensuales en abundancia del ganso de collar por sección en Laguna San Ignacio.	34
Figura 22. Cambios mensuales en abundancia del pato boludo por sección en Laguna San Ignacio.....	35
Figura 24. Comparación de la abundancia mensual del ganso de collar en tres lagunas de la Península de Baja California (BSQ= Bahía San Quintín, GN= Guerrero Negro y LSI= Laguna San Ignacio).	42

LISTA DE TABLAS

Página

Tabla I. Puntos georeferenciados del inicio y fin de cada segmento y los rasgos fisiográficos considerados.	11
Tabla II. Segmentos elegidos en el plan de censos por su importancia para los anátidos, se indica la abundancia y la densidad porcentuales de cada segmento y el porcentaje que representaron del total de registros.....	25
Tabla III. Estimados de los parámetros de la relación entre la abundancia en las nueve secciones elegidas y la observada en las 14 secciones, para las dos especies mejor representadas.	28
Tabla IV. Pruebas de independencia X^2 de de las tendencias espaciales de las dos especies mejor representadas (<i>Branta bernicla nigricans</i> y <i>Aythya affinis</i>) en las cuatro secciones.	36

LISTA DE ANEXOS

Página

Anexo 1. Resultados de las pruebas de independencia X^2 de las tendencias espaciales de las dos especies mejor representadas (<i>Branta bernicla nigricans</i> y <i>Aythya affinis</i>) por sección.....	60
---	----

GLOSARIO

Anátidos: grupo de aves acuáticas que incluye a los patos verdaderos, gansos, cisnes y patos silbadores; estas aves tienen en común el presentar picos anchos y aplanados, adaptados a una alimentación básicamente de filtradores, pero que también les permite alimentarse de granos, partes de plantas, invertebrados y peces. Se encuentran en lagunas costeras, ríos o en humedales de aguas interiores.

Censo: conteo de aves por especie, realizado en áreas previamente definidas.

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

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 los seis metros.

Migración: movimientos estacionales que realizan los individuos entre las áreas de reproducción y las de invernación; que en el hemisferio septentrional están en el norte y en el sur, respectivamente.

Monitoreo: se define como un seguimiento intermitente (regular o irregular) llevado a cabo para determinar el grado de cambio en algún o algunos de los parámetros poblacionales de acuerdo con un nivel estándar predeterminado o determinar el grado de desviación de una norma predefinida.

Pastos marinos: fanerógamas adaptadas a vivir sumergidas en aguas marinas bien iluminadas. Pueden existir desde la zona intermareal hasta cerca de los 80 metros de profundidad, dependiendo de la transparencia de las aguas.

Pradera perenne: conjunto de plantas perennes que se presentan todo el año, presentando variaciones estacionales.

Servidumbre ecológica: Es una herramienta jurídica que permite la protección de los recursos naturales mediante un acuerdo legal voluntario entre dos o más propietarios, un predio dominante y un predio sirviente, que restringe la cantidad y forma de desarrollo que puede realizarse en la propiedad sirviente.

Zostera marina: es una fanerógama que se distribuye en las aguas marinas frías y templadas del hemisferio norte, tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico. Es una especie eurihalina que se presenta en salinidades tan bajas como 6ups, pero puede desarrollarse completamente en agua marina. La temperatura, es uno de los principales factores que limita su desarrollo.

RESUMEN

Laguna San Ignacio (LSI) es uno de los sitios de mayor importancia para la migración e internación de anátidos y en particular para el ganso de collar (*Branta bernicla nigricans*). Sin embargo, existen pocos estudios que aborden la distribución espacio-temporal de estas aves en sus zonas de internación. En este trabajo se determinó la abundancia y patrones de uso espacio-temporal de los anátidos en LSI (dividida en 14 segmentos). Se realizaron censos mensuales de octubre 2007 a septiembre 2008, en los cuales se registraron las abundancias por especie y segmento. Con estos resultados se elaboró un plan de censos. Se observaron ocho especies de anátidos, de las cuales las más abundantes fueron el ganso de collar y el pato boludo (*Aythya affinis*) con el 76.5 y 18.9%; respectivamente. Las aves arribaron a LSI a fines de octubre, alcanzando su abundancia máxima en noviembre (33,982 aves). Posteriormente se observó una disminución constante, para estar ausentes del área a partir de mayo. Estas especies presentaron un patrón de distribución temporal diferente. El ganso de collar utilizó LSI como sitio de paso en otoño (hasta 28,000 aves) y como área de internación (12,000 aves en promedio); en contraste, el pato boludo utilizó LSI preferentemente como un sitio de internación. La distribución espacial de los anátidos en LSI está relacionada con la distribución espacial de los recursos alimenticios y su accesibilidad, y con la estrategia alimenticia que presenta cada especie. Dentro de LSI, las áreas que presentaron la mayor concentración de anátidos se caracterizaron por presentar vegetación de manglar, sustrato lodoso y presencia de pasto marino. Estas secciones fueron profusamente utilizadas al principio de la temporada (otoño) como sitio de recuperación después del desgaste físico por el viaje migratorio, particularmente para el ganso de collar. El plan de censos propuesto permite disminuir el esfuerzo de muestreo a un 26% del original, manteniendo una confianza superior al 90%.

Palabras claves: ganso de collar, pato boludo, plan de censos.

ABSTRACT

San Ignacio Lagoon (LSI) is one of the most important sites for migration and wintering of anatidae, particularly to Black brant (*Branta bernicla nigricans*). However, there are few reviews that aboard the space-temporal distribution of these birds in there wintering zones. In this study it was determinate the abundance and patterns of space-temporal usage of anatidae in LSI (divided in 14 segments). It was made monthly census from October 2007 to September 2008, in which there was registered the abundance by specie and segment. Whit these results it was elaborated a census plan. It were observed eight species of anatidae, and the most abundant were Black brant and Lesser scaup (*Aythya affinis*) whit 76.5 and 18.9%, respectively. The birds arrive in LSI late October, getting the maximum abundance in November (33,982 birds). Hind it was observed a constant decrease, to be absent from the area since May. These species had presented a different pattern of temporal distribution. The Black brant use LSI as a staging area in autumn (up to 28,000 birds) and as a wintering area (12,000 birds on average); in contrast, Lesser scaup use LSI as a wintering site preferably. The spatial distribution of anatidae in LSI is related with the spatial distribution of the food recourses, their accessibility and the food strategy of each specie. Inside LSI, the areas that had the higher concentration of waterfowls were characterized by mangrove, muddy substrate and presence of seagrass. These sections were profusely used at the beginning of the season (autumn), as a recovering site after the physical wear of migratory journey, particularly to black brant. The census plan proposed reduces the time sampling to 26% of the original, maintaining a higher confidence than 90%.

Key words: Black brant, Lesser scaup, Census plan.

1. INTRODUCCIÓN

La familia Anatidae es un grupo variado de aves acuáticas que incluye a los patos verdaderos, gansos, cisnes y patos silbadores y constituyen en Norteamérica el grupo más importante de aves de caza (Anónimo, 2000). Estas aves se caracterizan por presentar cabezas grandes con cúlmenes horizontalmente aplanados, cuellos largos, cuerpos grandes, colas cortas, alas largas y patas palmeadas para la natación (American Ornithologists Union, 1998; Sibley, 2001). La coloración del plumaje en los patos varía de colores brillantes y patrones visibles en los machos reproductivos, a una mezcla de grises y marrones altamente crípticos en las hembras y machos en invierno (Sibley, 2001). En los gansos y cisnes, la coloración del plumaje varía poco entre los sexos, la edad o la estación (Bellrose, 1976; Sibley, 2001). Esta familia está constituida por tres subfamilias: Anserinae (cisnes y gansos); Anatinae (patos verdaderos) y Dendrocygninae (patos silbadores; American Ornithologists Union, 1998).

En América de las 145 especies que conforman este grupo, 45 anidan en Norteamérica y cinco que anidan en Eurasia visitan regularmente el Continente Americano (Bellrose, 1976). Una característica generalizada de estas aves es la migración, definida como movimientos estacionales que realizan las aves entre sus zonas de reproducción en latitudes altas y sus áreas de estancia invernal en latitudes bajas (American Ornithologists Union, 1998), durante estos movimientos utilizan una serie de humedales distribuidos a lo largo de sus rutas (Lesler, 1978). La extensión y ruta de la migración, así como la duración de su estadía invernal dependen de la especie y de las condiciones climáticas de la temporada (Bellrose, 1976; Sibley, 2001). En el Continente Americano la migración de estas aves ocurre por cuatro rutas principales, denominadas corredores: los corredores migratorios del Pacífico, Atlántico, Mississippi y Central (Bellrose, 1976).

A lo largo de su viaje migratorio de aproximadamente 7,000 km, estas aves utilizan humedales ubicados en Estados Unidos, Canadá y México y debido a su importancia recreativa y económica, llegan a generar una derrama monetaria que en los Estados Unidos se calcula en 2,300 millones de dólares

(www.greenenvironmentnews.com/Environment/Wildlife/New+Report+Shows+Waterfowl+Hunting%27s+Contribution+to+U.S.+Economy,+Large+Economic+Impact+in+Midwestern+States. 2009. *New Report Shows Waterfowl Hunting's Contribution to U.S. Economy, Large Economic Impact in Midwestern States*).

De aproximadamente 100 millones de individuos de la familia Anatidae que se estiman para Norteamérica, entre el 7 y el 17% arriban a México durante el periodo invernal, dependiendo de las condiciones ambientales del año en particular; pudiéndose mezclar con poblaciones de anátidos residentes (Anónimo, 2008). La mayoría de las especies de anátidos registradas en México son migratorias (33 de 40 especies; Howell & Webb, 1995). Estas especies arriban al país entre septiembre y diciembre y parten entre marzo y mayo (Howell & Webb, 1995).

Los anátidos, son uno de los grupos de aves migratorias que hacen un uso intensivo de las lagunas costeras, ya que en éstas cumplen funciones críticas de sus ciclos de vida, como la reproducción e invernación, además de ser sistemas que cuentan con recursos alimenticios abundantes por lo que muchas especies de anátidos se ven asociados a éstos (Saunders & Saunders, 1981). Durante sus migraciones los anátidos requieren de los humedales para satisfacer sus demandas energéticas, debido a los vuelos de gran alcance que realizan (Saunders & Saunders, 1981), por ejemplo varias especies como el ganso de collar (*Branta bernicla nigricans*; Reed *et al.*, 1998), el pato boludo (*Aythya affinis*; Austin *et al.*, 1998) y el pato golondrino (*Anas acuta*; Austin *et al.*, 1995) realizan vuelos transoceánicos, en algunos casos sin parar desde sus sitios de reproducción a los de invernación, por lo que la alteración o deterioro de los sitios de invernación puede traer como consecuencia colapsos poblacionales, independientemente de las buenas condiciones de las zonas reproductivas (Ward *et al.*, 2005).

Los factores que afectan la distribución y abundancia de estas aves en sus sitios de invernación son la temporalidad, los ciclos de marea y algunas variables ambientales como la temperatura y el viento (Burger *et al.*, 1983). Algunos de los factores que afectan la distribución espacial en sus sitios de invernación son: la distribución espacial de los recursos alimenticios (Mather *et al.*, 1998), la profundidad

del agua (Perry & Deller, 1996; Bolduc & Afton, 2008), el tipo de sustrato y la comunidad vegetal (Nagarajan & Thiyagesan, 1996). Así algunas especies de patos y gansos que no bucean y que se alimentan de vegetación acuática sumergida, ven restringidos sus tiempos de alimentación por el nivel de marea. Por ejemplo, el ganso de collar sólo puede acceder a su principal recurso alimenticio, las praderas de pasto marino (*Zostera marina*), en marea baja o en aguas poco profundas (Einarsen, 1965; Reed *et al.*, 1998; Mather *et al.*, 1998; Ganter, 2000; Moore *et al.*, 2004). Burger *et al.* (1983) mencionan que el viento es otro factor que afecta la distribución y abundancia de este ganso, ya que en días de fuertes vientos las aves prefieren sitios menos expuestos como las marismas. También se ha indicado que la disminución en la cobertura de la vegetación acuática provocó cambios en la distribución espacial de los cisnes y gansos de la Bahía Chesapeake hacia los campos de agricultura aledaños (Perry & Deller, 1996).

A principios del siglo XX diferentes especies de anátidos, particularmente patos, presentaron drásticas disminuciones en sus abundancias poblacionales. Las principales razones de estas disminuciones fueron la destrucción del hábitat en sus zonas de reproducción, parada migratoria e invernación (Bellrose, 1976) y la cacería no regulada (Perry & Deller, 1996). Esta problemática llevó al desarrollo e implementación de planes de manejo y conservación por parte del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los E.U.A. y de agencias de conservación privadas (Bellrose, 1976; Perry & Deller, 1996).

Como parte de la estrategia de manejo de los anátidos, a partir de la década de los cuarenta, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre inició censos aéreos, mismos que se realizan dos veces al año; uno en las zonas de reproducción (de mayo a julio) que está dirigido a conocer las abundancias de las diferentes especies de patos; y otro a mediados de invierno, cuando los anátidos están concentrados en sus sitios de invernación (Bellrose, 1976; Perry & Deller, 1996). Los censos de mediados de invierno tienen como propósitos monitorear las poblaciones de aves a través de sus rutas migratorias, monitorear las poblaciones después de la reproducción (reclutamiento) y monitorear las condiciones de los sitios de invernada (Saunders &

Saunders, 1981; Sibley, 2001). Estos censos inicialmente sirvieron para identificar las áreas de mayor concentración y se han mantenido para conocer las tendencias poblacionales en los sitios de reproducción e invernación y con base a las abundancias estimadas establecer las regulaciones de las cuotas de caza de este grupo de aves (Perry & Deller, 1996; Conant & King, 2006).

La generación de información básica sobre este grupo de aves ha facilitado su manejo y conservación en Canadá y Estados Unidos (Anónimo, 2002). Aunque muchos de los humedales costeros de México son utilizados por un gran número de anátidos (Saunders & Saunders, 1981), la información con la que se cuenta es escasa (Anónimo, 2008) y por esto es difícil sugerir alternativas para su conservación. De hecho los planes nacionales de conservación de los anátidos en México recomiendan enfáticamente la necesidad de implementar programas de monitoreo en las áreas de escala migratoria y en sus sitios de invernación, ya que el país ocupa una posición geográfica privilegiada, pues es tanto un sitio de invernación como un punto de escala para algunas aves que viajan hasta Centroamérica (Austin *et al.*, 1995).

Para generar, al menos parte de la información faltante, es necesario realizar estudios sistemáticos que permitan identificar, dentro de cada localidad, los sitios de mayor relevancia para estas aves, para con ello proponer planes de censado que permitan realizar monitoreos adecuados que apoyen decisiones sobre el manejo y conservación de estas aves a largo plazo.

2. ANTECEDENTES

La mayoría de la información con la que se cuenta respecto a la distribución espacial de los anátidos en México se sustenta en los censos aéreos realizados por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los E.U.A. (Saunders & Saunders, 1981), los cuales iniciaron en nuestro país en la década de los cuarenta y actualmente se realizan cada tres años en todo el territorio nacional y de forma anual en sitios específicos del país (Carrera & de la Fuente, 2003).

Estos censos aéreos han mostrado la importancia que revisten las bahías y lagunas costeras de la Península de Baja California como zonas de invernación para los anátidos en general y particularmente para el ganso de collar, *Branta bernicla nigricans* (Saunders & Saunders, 1981; Anónimo, 2002; Conant & King, 2005; 2006). Si bien en general las lagunas peninsulares presentan abundancias bajas de patos comparadas con las registradas en las costas de Sonora y Sinaloa revisten gran importancia para el ganso de collar, ya que en estas inverte el 71% de la población total de esta especie (Anónimo, 2002; Mallek & Conant, 2007).

Los cuerpos de agua de mayor relevancia para la invernación del ganso de collar en la península son Bahía San Quintín, el Complejo Lagunar Guerrero Negro-Ojo de Liebre, Laguna San Ignacio y Bahía Magdalena. La presencia de este ganso en los humedales peninsulares se debe a la existencia de praderas de *Zostera marina*, su principal alimento en invierno, a la protección natural que proporcionan y a la escasa modificación de sus costas (Saunders & Saunders, 1981; Anónimo, 2002). De las lagunas mencionadas, sólo en Bahía San Quintín se permite la caza de esta ave (Carrera & de la Fuente, 2003). El ganso de collar en Norteamérica está representado por dos subespecies *Branta bernicla hrota*, que migra básicamente por las costas del Atlántico y *B. b. nigricans* que lo hace por las costas del Pacífico (Bellrose, 1976; Wilson & Atkinson, 1995), México sólo es utilizado por la subespecie del Pacífico (Ward *et al.*, 2005).

La mayoría de los trabajos ornitológicos en la Península de Baja California se han realizado en los extremos norte y sur de la misma (Guzmán *et al.*, 1994; Ruiz-

Campos & Rodríguez-Meraz, 1997; Castillo-Guerrero & Carmona, 2001; Ruiz-Campos *et al.*, 2005; Zamora-Orozco *et al.*, 2007; Jiménez-Pérez *et al.*, 2009), dichos trabajos han evidenciado que los anátidos son visitantes temporales y que los humedales incluidos en las investigaciones son utilizados como sitios de paso migratorio y como áreas de invernación.

Los estudios sobre el ganso de collar tomaron particular relevancia debido a que en la década de los cincuenta y sesenta las poblaciones de esta especie se redujeron entre un 20 y un 50% (Ward *et al.*, 2005). A partir de esta fecha el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los E.U.A. (Conant & King, 2005; 2006; Mallek & Conant, 2007) ha estado realizado censos aéreos anuales de estas aves en la península y en las costas continentales de Sonora y Sinaloa, los cuales han servido para conocer las tendencias poblacionales de estas aves y con base a ellas tomar las medidas adecuadas para su manejo y conservación (Anónimo, 2002). Este ganso, está catalogado en nuestro país como una especie amenazada (Anónimo, 2001), es decir, una población que podría llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, de continuar operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat, o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Laguna San Ignacio alberga el 15% de la población total de esta especie (Mallek & Conant, 2007), lo que hace de esta laguna uno de los sitios más importantes para la invernación del ganso de collar. Los trabajos sistemáticos realizados en la península que han abordado aspectos de la distribución y abundancia espacio temporal de esta especie son pocos e incluyen el realizado por Kramer (1976) en Bahía San Quintín, quien evidenció que esta bahía es utilizada principalmente como zona de paso en la migración de primavera. El mismo autor menciona que debido a la cacería organizada que se practica en esta zona, el comportamiento de los gansos se ve afectado, particularmente en los tiempos de alimentación, ya que los cazadores seleccionan sitios donde hay abundante pasto; además los gansos suelen realizar vuelos entre el océano y la bahía (motivados por la perturbación), lo que dificulta la identificación los tiempos de arribo de las aves, así como el momento de su partida.

Martínez-Cedillo (2009), mostró que el Complejo Lagunar Guerrero Negro-Ojo de Liebre y Exportadora de Sal es utilizado por el ganso de collar como un sitio de invernación, además este autor propone que en el área hay una pobre relación entre la abundancia de aves y el nivel de marea, lo que al parecer está relacionado con un desprendimiento masivo de las praderas de *Zostera marina* en los meses de mayor utilización. Además observó que el ganso hace un uso diferencial del espacio, pues la Laguna Ojo de Liebre fue la zona más importante, en relación a su fisiografía y al tamaño de la misma. Finalmente Ward (1983) realizó estudios en el brazo norte de Laguna San Ignacio (LSI), el autor menciona que la zona es importante para el ganso de collar como sitio de invernación con un máximo de aves en febrero. También mostró que el área más utilizada dentro del brazo norte fue la parte más norteña, donde se registró aproximadamente el 60% del total de aves, la preferencia por esta zona la atribuyó a las grandes praderas de *Ruppia maritima* que dominaban la zona intermareal y al bajo disturbio antropogenico y concluye que *Ruppia maritima* fue el principal recurso alimenticio para el ganso de collar en LSI.

El pasto marino ha sido indicado como el principal recurso alimenticio durante el periodo no reproductivo (migración e invernación), a falta de dicho recurso estas aves pueden alimentarse de la vegetación de marismas o de algas de los géneros *Ulva* y *Enteromorpha* (Einarsen, 1965; Burger *et al.*, 1983; Reed *et al.*, 1998; Ganter, 2000; Moore *et al.*, 2004; Ward *et al.*, 2005). Esta ave durante el periodo de invernación y en las diferentes escalas de sus rutas migratorias hacen un uso exhaustivo de las praderas de *Z. marina* (Kramer, 1976; Ganter, 2000; Moore *et al.*, 2004; Ward *et al.*, 2005). Algunas de las áreas de escala más utilizadas son Laguna de Izembek (Alaska), las Lagunas de Baja California (México), el mar de Danish Wadden (Alemania), el Golfo Morbihan (Francia), los estuarios británicos y el Mar Blanco (Rusia; Ganter, 2000; Moore *et al.*, 2004; Ward *et al.*, 2005), todos estos lugares se caracterizan por presentar grandes praderas de pasto (Reed *et al.*, 1998; Ganter, 2000).

Los cambios en la abundancia y disponibilidad de las praderas de *Z. marina* afectan la distribución espacial de estas aves (Kramer, 1976; Mather *et al.*, 1998;

Reed *et al.*, 1998; Ganter, 2000; Moore *et al.*, 2004). Un ejemplo de esto se observó cuando la enfermedad ocasionada por el patógeno *Labyrinthula zosterae*, conocida como “wasting”, en el Atlántico Norte y otras costas europeas llevó a la pérdida considerable de las praderas de pasto, lo que trajo como consecuencia una reducción del 90% en el tamaño poblacional de las subespecies *hrota* y *bernicla* (Reed *et al.*, 1998). Las poblaciones de ambas subespecies se han recuperado, pero la recuperación incompleta de los pastos marinos en Europa ha llevado a cambios en el comportamiento alimenticio, al menos de la subespecie *bernicla*, la cual modificó su dieta a vegetación de marisma y sólo se alimenta de *Z. marina* en la migración de primavera (Ganter, 2000).

Se ha demostrado que debido a que este ganso no bucea, la accesibilidad a las praderas está limitada por el nivel de marea (Einarsen, 1965; Reed *et al.*, 1998; Mather *et al.*, 1998; Ganter, 2000; Moore *et al.*, 2004). Diferentes investigaciones indican que existe un alto impacto que estas aves sobre las praderas, ya que en muchos de los sitios utilizados los gansos pueden llegar a consumir importantes cantidades de la biomasa del recurso, sin embargo, el pasto presenta un elevado potencial regenerativo, por lo que independientemente del consumo del ganso, éste puede regenerarse totalmente para la estación siguiente (Reed *et al.*, 1998; Ganter, 2000; Moore *et al.*, 2004).

Para LSI se ha reportado altas biomásas y densidades en las praderas de *Z. marina* entre septiembre y noviembre; además en noviembre las plantas presentan el mayor crecimiento de sus brotes (Cabello-Pasini *et al.*, 2003; 2004).

Laguna San Ignacio reúne diferentes características que la hace un lugar importante no sólo para el ganso de collar. El área tiene los siguientes reconocimientos: (1) humedal prioritario en México; (2) área de importancia continental en América del Norte para patos y gansos; (3) área prioritaria para la conservación terrestre en México; (4) humedal prioritario para aves acuáticas en México; (5) humedal prioritario para aves playeras en México; (6) área de Importancia para la conservación de las Aves; (7) área prioritaria para la conservación marina y costera en México; (8) sitio Ramsar; (9) Sitio patrimonio de la

Humanidad, además está incluida en (10) la Reserva de la Biosfera “El Vizcaíno” (G. Danemann, datos no publ.).

Pese a la importancia de LSI para los anátidos en general y para el ganso de collar en particular, a la fecha no hay trabajos sistemáticos que aborden aspectos de la comunidad de estas aves en el humedal. En la zona la única información con la que se cuenta para las poblaciones de anátidos invernantes proviene de los censos aéreos anuales realizados por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre (Conant & King, 2005; 2006; Mallek & Conant, 2007). Dicha información es puntual en tiempo y no permite observar cambios temporales ni espaciales a microescala que pudieran realizar los anátidos en las diferentes lagunas del Pacífico bajacaliforniano, incluido San Ignacio. Los censos aéreos sólo registran las abundancias totales, por lo que es imposible evidenciar la probable existencia de una utilización diferencial de las distintas zonas que conforman LSI. Por lo que se hace evidente la necesidad de llevar a cabo estudios ecológicos sobre estas aves, que muestren el papel que juega esta laguna durante los períodos de migración e invernación. Por lo que en este trabajo, se propone:

4. OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución espacio-temporal de los anátidos (Aves: Anatidae), en Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México durante un ciclo anual.

4.1 Metas

- Estimar la distribución y abundancia temporal entre octubre de 2007 y septiembre de 2008.
- Proponer un plan de censos que facilite el monitoreo.
- Relacionar la abundancia con la fisiografía del paisaje.
- Conocer los cambios temporales en la distribución espacial.

5. ÁREA DE ESTUDIO

Laguna San Ignacio cubre una superficie de 107,626 ha, con una longitud de 24 km por 3-6 km de ancho (Carrera & de la Fuente, 2003). Se localiza en la costa occidental de la Península de Baja California (26° 38' y 27° 00' N y 113° 06' y 113°18' W) y está rodeada por el desierto del Vizcaíno, además forma parte de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, un área federal protegida (Anónimo, 2000). Presenta una profundidad entre 2 a 4 m en la mayor parte de su extensión y alcanza 26 m en los canales que la comunican con el Océano Pacífico. Dos brazos se separan a partir de la zona baja de la laguna: uno hacia el norte, que es el cuerpo de agua principal y otro hacia el sudeste, que contiene amplias extensiones de manglar y canales poco profundos. La costa de la laguna está representada por playas arenosas, bajos lodosos, manglares y parches de costa rocosa (Danemann, 1991).

El clima en general es cálido y árido, con lluvias principalmente en verano (menos de 100 mm anuales). El promedio anual de temperaturas oscila entre los 18 y 22°C, con un intervalo diario de 7 a 14°C (Contreras, 1985).

La flora que se presenta en LSI cambia de acuerdo a la zona: en las dunas costeras predominan: *Abronia gracilis*, *Atriplex canescens*, *Dalea maritima*, *Plantago insularis*, *Oenothera primiveris*; en los eriales: *Atriplex sp*, *Salicornia sp*, *Allenrolfea sp*, *Suaeda sp* y *Limonium sp*; en los manglares: mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y en las praderas marinas: *Zostera marina*, *Phyllospadix scouleri* y *Ruppia maritima* (Rzedowsky, 1978; Anónimo, 2000).

Con base en una visita prospectiva realizada en enero de 2006, el perímetro interno de la LSI se dividió en 14 segmentos. Dichas divisiones se realizaron de acuerdo al tipo de vegetación, pendiente y sustrato (ver Tabla I). Todos los puntos se georeferenciaron (± 5 m) para su integración en un Sistema de Información Geográfica (Fig. 1)

Tabla I. Puntos georeferenciados del inicio y fin de cada segmento y los rasgos fisiográficos considerados. Vegetación: DC (dunas costeras), E (eriales), M (manglar) y PM (pasto marino); Sustrato: L (lodoso), A (arenoso) o R (rocoso); Pendiente: S (suave: 4°), M (media: 4-10°) o F (fuerte: +10°).

Segmento	Inicio			Fin			Rasgos fisiográficos
S1 Estero Cardón-El Medanito	26° 113 °	47" 10"	5.3' 10.2'	26 ° 113 °	46" 8"	39.4' 58.4'	Vegetación: M y PM Sustrato: L Pendiente : S
S2 El Medanito-Punta Verde	26 ° 113 °	46" 8"	39.4' 58.4'	26 ° 113 °	45" 8"	27.9' 49.6'	Vegetación: M y PM Sustrato: L Pendiente: S
S3 Punta Verde-Salitral Natural	26 ° 113 °	45" 8"	27.9' 49.6'	26 ° 113 °	43" 6"	12.3' 55.1'	Vegetación: DC y PM Sustrato: A Pendiente S
S4 Salitral Natural-Estero Pitahaya	26 ° 113 °	43" 6"	12.3' 55.1'	26 ° 113 °	38" 3"	48.7' 30.8'	Vegetación: E y PM Sustrato: A. Pendiente: S
S5 Estero Pitahaya-Punta El Delgadito	26 ° 113 °	38" 3"	48.7' 30.8'	26 ° 113 °	38" 4"	7.2' 53.4'	Vegetación: M y PM Sustrato: L Pendiente: S
S6 Punta El Delgadito-La Pitahaya	26 ° 113 °	38" 4"	7.2' 53.4'	26 ° 113 °	39" 6"	36.6' 51.3'	Vegetación: M y PM Sustrato: A Pendiente: S
S7 Isla Ana	26 ° 113 °	44" 13"	5.1' 57.3'	26 ° 113 °	39" 8"	49.2' 9.4'	Vegetación: M y PM Sustrato: A Pendiente: S
N1 Estero Cardón- Kuyima I	26 ° 113 °	47" 10"	5.3' 10.2'	26 ° 113 °	49" 10"	13' 53.8'	Vegetación: M y PM Sustrato: L. Pendiente: S
N2 Kuyima I-Campo Pachico	26 ° 113 °	49" 10"	13' 53.8'	26 ° 113 °	52" 8"	28.9' 10'	Vegetación: DC Sustrato: R Pendiente: M
N3 Campo Pachico-El Remate	26 ° 113 °	52" 8"	28.9' 10'	26 ° 113 °	59" 10"	0.1' 5.9'	Vegetación: E Sustrato: A Pendiente: S
N4 El Remate-Cantil Cristal	26 ° 113 °	59" 10"	0.1' 5.9'	26 ° 113 °	56" 11"	12.6' 41.8'	Vegetación: E Sustrato: A Pendiente: S
N5 Cantil Cristal-Punta Manuela	26 ° 113 °	56" 11"	12.6' 41.8'	26 ° 113 °	51" 12"	3' 4.6'	Vegetación: E Sustrato: A Pendiente: M
N6 Punta Manuela-Boca El Sigidero	26 ° 113 °	51" 12"	3' 4.6'	26 ° 113 °	47" 16"	17.9' 7.4'	Vegetación: M y PM Sustrato: L Pendiente: M
N7 Boca El Sigidero-Canal Norte	26 ° 133 °	47" 16"	17.9' 7.4'	26 ° 113 °	45" 15"	23.5' 53.9'	Vegetación: DC Sustrato: A Pendiente: M

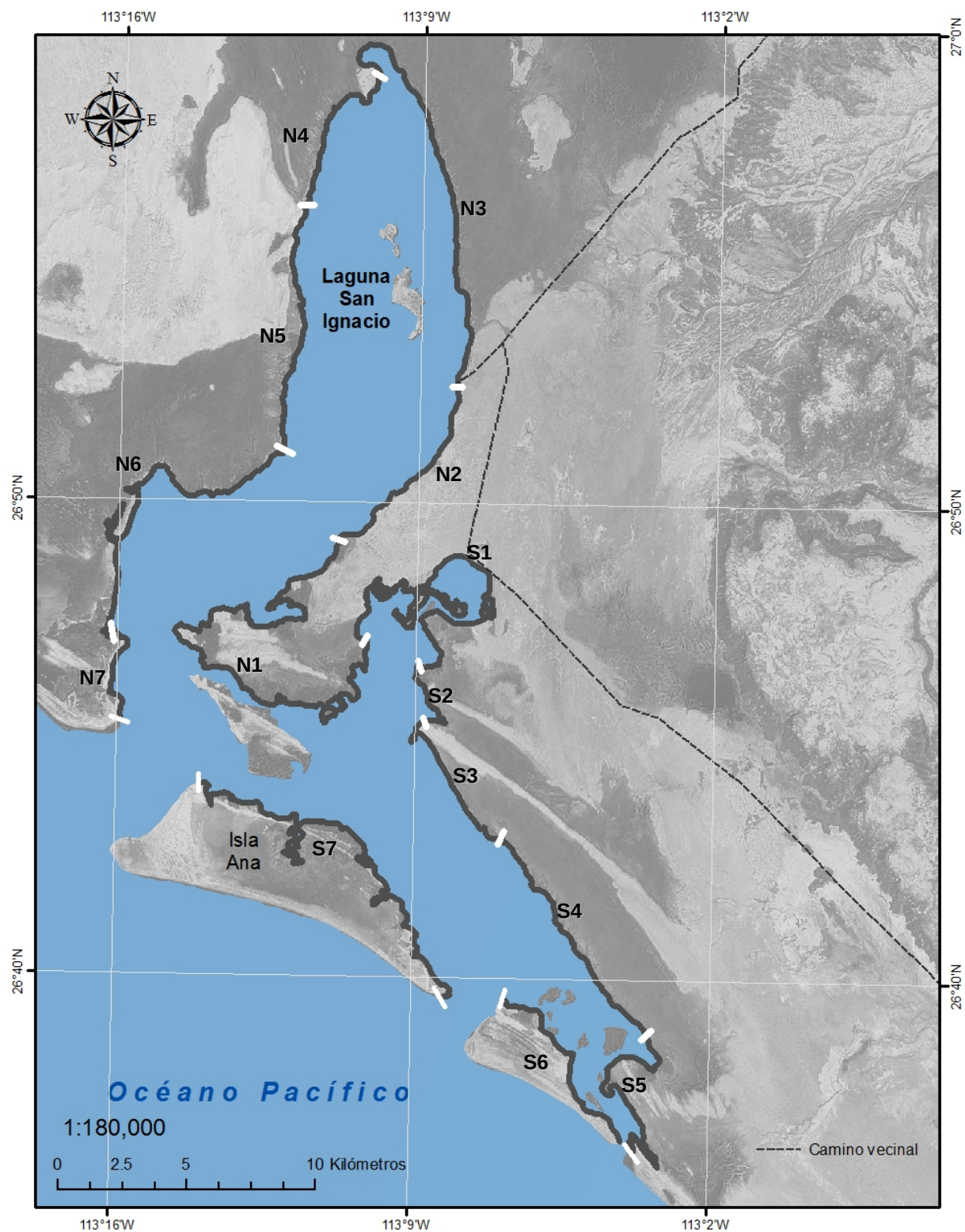


Figura 1. Mapa de Laguna San Ignacio mostrando los 14 segmentos en los que se dividió la laguna.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Censos

Para estimar la distribución espacio-temporal de los anátidos, se llevaron a cabo censos mensuales, de octubre de 2007 a septiembre de 2008, en los 14 segmentos en los que se dividió LSI. En cada recorrido se registró la abundancia de los anátidos por segmento. Los censos se realizaron durante mareas altas, las aves se identificaron utilizando guías de campo (Sibley, 2000; National Geographic Society, 2007) y se cuantificaron con binoculares (10x) y telescopio (20-60x), cuando fue necesario.

Los censos se realizaron desde una embarcación menor (22 pies de eslora), navegando paralelamente sobre la línea de costa a una distancia máxima de 50 m de los grupos de aves. Se navegó a una velocidad promedio de 10 km/h. La tripulación de la embarcación consistió de un timonel, un observador a cada lado de la embarcación y un anotador. Un observador contabilizó las aves presentes en la línea de costa y el otro las presentes en el mar.

El conteo fue directo cuando las parvadas eran menores de 300 individuos, se realizaron estimaciones en parvadas mayores. En tales casos, las aves se estimaron contando muestras representativas y extrapolando a la parvada entera. Además, en cada censo se registró la fecha y las horas de inicio y final de los recorridos.

6.2 Análisis de datos

6.2.1 Distribución y abundancia temporal

Para determinar cuántas y cuáles fueron las especies más importantes se aplicó el criterio de la abundancia porcentual acumulada, para de esta manera seleccionar las especies necesarias para obtener el 95% del total.

Una vez definidas las especies a analizar y con el fin de saber si las tendencias de las abundancias relativas a través del tiempo (para las diferentes especies) puede ser consideradas similares, se aplicó una prueba de independencia

(X^2), en las que se compararon dichas tendencias mensuales en porcentaje. Se excluyeron de estos análisis los meses de octubre y de mayo a septiembre debido a la ausencia de aves.

6.2.2 Plan de censos

Se realizó un ejercicio para la priorización de los segmentos en los que se dividió LSI, con base en la concentración de anátidos y así proponer un plan de censos que permita *a posteriori* realizar un monitoreo adecuado, en el cual se aplique un esfuerzo temporal y espacial menor al realizado en el trabajo presente.

Para la elección de los segmentos que fueron incluidos en el plan de censos se utilizaron tres criterios: 1) la abundancia porcentual acumulada; 2) la pertinencia geográfica y 3) la relación de los coeficientes de determinación de los 14 segmentos.

Con la finalidad de observar los cambios de los coeficientes de determinación y de la suma de cuadrados del error (residuales) de los segmentos acumulados, se realizaron 14 análisis de regresión lineal simple (Zar, 1999). Para realizar estos análisis, se ordenaron las abundancias totales de los 14 segmentos de mayor a menor. En todos los casos la variable dependiente fue la abundancia total de la laguna. En el primer análisis se relacionó esta última con la abundancia del segmento que presentó la mayor concentración de anátidos (variable independiente), en el segundo análisis se relacionó con la abundancia acumulada de los dos segmentos más importantes y así sucesivamente. Así, al relacionar la abundancia total de la laguna con la acumulada de los 14 segmentos se alcanzaría una recta perfecta ($r^2=1$; Zar, 1999). Estos análisis se hicieron con el fin de seleccionar el menor número de segmentos posibles que arrojaran un excelente ajuste.

La pertinencia de la selección de segmentos se determinó mediante un análisis de regresión lineal simple (Zar, 1999), en el que se relacionó la abundancia total de la laguna (variable dependiente) con la abundancia acumulada de los segmentos elegidos (variable independiente). Se realizaron ejercicios similares utilizando las densidades y la abundancia de las especies mejor representadas, esto

con el fin de corroborar la importancia de los nueve segmentos elegidos. Todos los análisis se realizaron en STATISTICA 6.0 (StatSoft, 2001) con un nivel de significancia de 0.05.

6.2.3 Relación de la abundancia con la fisiografía del paisaje

Se elaboró un mapa digital del área de estudio utilizando el programa Arcview 8.x (Arc Map), al cual se incorporaron los siguientes rasgos fisiográficos: batimetría, sustrato, vegetación, asentamientos humanos (temporales y permanentes) y caminos. Este mapa al permitir visualizar la información de una manera integrada, facilitó la identificación de las características que poseen los segmentos más utilizados. Así mismo, esta representación gráfica es una herramienta que permite relacionar información cualitativa (rasgos fisiográficos) con información cuantitativa (abundancia de los anátidos).

Para determinar diferencias mensuales en la abundancia de anátidos y su relación con los rasgos fisiográficos (tipo de vegetación presente en la línea de costa: dunas costeras, eriales y manglares; sustrato: lodoso, rocoso y arenoso; y presencia o ausencia de pasto marino), se utilizó una prueba de independencia X^2 , para cada rasgo. La hipótesis probada fue que la abundancia se puede considerar independiente de los rasgos fisiográficos y del mes (Zar, 1999).

6.2.4 Distribución espacial

Para facilitar el análisis de los cambios temporales en la distribución espacial de los 14 segmentos recorridos, se decidió agrupar la información en un número menor de divisiones. Para ello, se utilizó como criterio la abundancia mediante la aplicación del índice de similitud de Bray-Curtis. La expresión gráfica de los valores de similitud obtenidos se realizó por medio de un dendrograma, utilizando el método de ligamientos promedio no ponderados (Crisci y López, 1983). El criterio de corte utilizado fue de 0.66 de similitud.

Una vez agrupada la información en un menor número de divisiones (a las que en adelante se les llamará secciones), para determinar si hay cambios en la

abundancia mensual de la comunidad de anátidos por sección, se utilizó la abundancia porcentual a la cual se le aplicó una prueba χ^2 , bajo la hipótesis de que la abundancia es independiente de la sección y del mes (Zar, 1999). Se excluyeron de este análisis el mes de octubre y los meses de mayo a septiembre.

Para determinar la existencia de cambios en la distribución espacial de las especies más abundantes (entre las secciones), se aplicó una serie de pruebas de independencia χ^2 en las que se compararon, para cada sección, las abundancias acumuladas porcentuales de las especies más abundantes (Carmona *et al.*, 2004). En la primer prueba se involucraron las abundancias porcentuales de las cuatro secciones, de ser rechazada la hipótesis nula (independencia entre las abundancias y las secciones), se determinó (con base a su contribución al valor de χ^2) la sección que más contribuyó a dicho rechazo. El procedimiento fue repetido hasta que la hipótesis nula fue aceptada, de esta forma se creó el primer grupo homogéneo (Carmona *et al.*, 2004).

Posteriormente se excluyeron las secciones que formaron el primer grupo homogéneo, a las restantes se les aplicó otra serie de pruebas de independencia, repitiendo el proceso (Anexo I). En todos estos análisis se utilizó un nivel de significancia de 0.05 (Zar, 1999) y se excluyeron el mes de octubre y de mayo a septiembre.

7. RESULTADOS

A lo largo del año se observaron ocho especies de anátidos en la Laguna San Ignacio pertenecientes a seis géneros. De las especies observadas, sólo *Branta bernicla nigricans* está incluida en la Norma Oficial Mexicana (especie amenazada; Anónimo, 2001).

7.1 Distribución y abundancia temporal

La riqueza específica (definida como el número de especies observado) presentó un patrón temporal bien definido, alcanzando su valor máximo entre noviembre y marzo, oscilando alrededor de 7 especies, a partir de mayo disminuyó notoria y constantemente, hasta que en agosto no se observaron anátidos en la zona.

El comportamiento de la abundancia fue diferente de la riqueza específica. Los anátidos iniciaron su arribo a la laguna entre octubre y noviembre, con la mayor abundancia en noviembre, mes a partir del cual se registró una constante disminución. De mayo a septiembre se registraron en promedio siete individuos en todo el complejo lagunar, por lo que para fines prácticos se puede considerar que los anátidos estuvieron ausentes de LSI (Fig. 2).

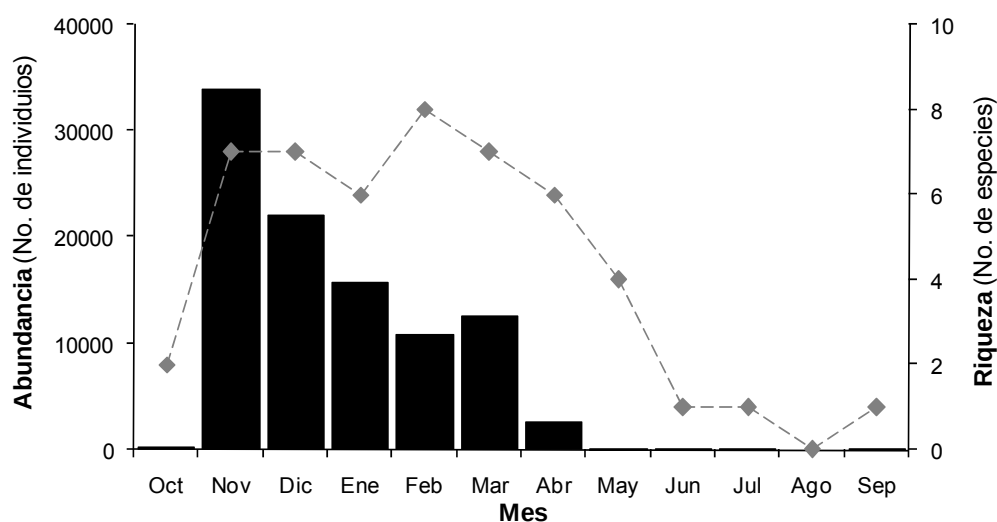


Figura 2. Abundancia y riqueza de anátidos en Laguna San Ignacio (octubre 2007 a septiembre 2008). Las barras representan la abundancia y la línea la riqueza.

Durante los 12 meses se acumularon cerca de 98,000 registros de anátidos. La comunidad estuvo notoriamente dominada por dos especies, las cuales representaron el 95% del total de registros: *Branta bernicla nigricans* (76.5% del total de registros y 28,700 individuos en el conteo máximo) y *Aythya affinis* (18.9% y 4,626), las seis especies restantes aportaron cada una con menos del 1% de la abundancia total (Fig. 3).

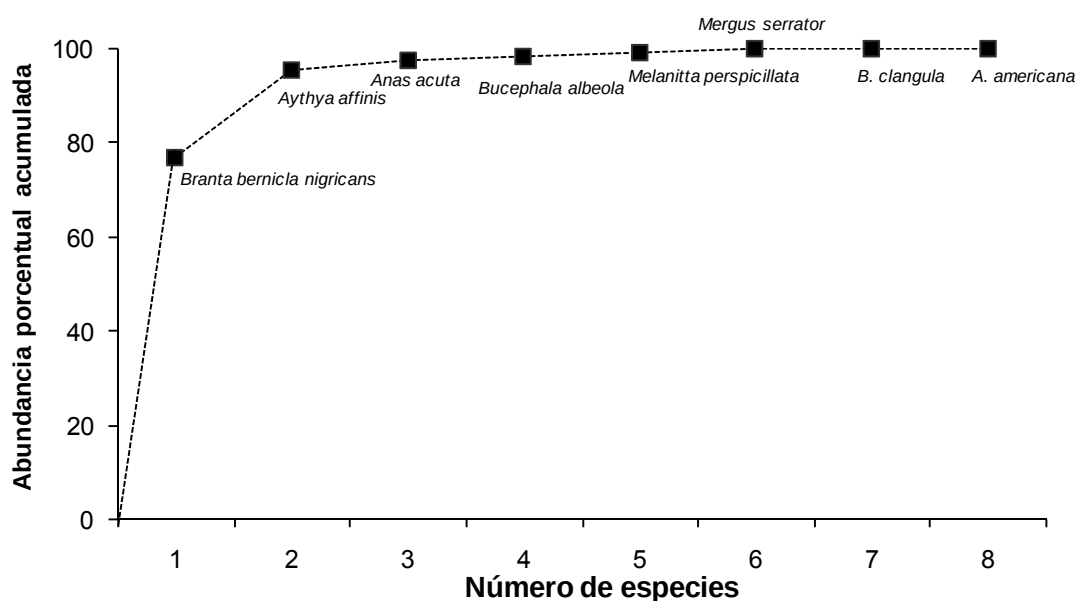


Figura 3. Abundancia porcentual acumulada para las diferentes especies de anátidos observadas en Laguna San Ignacio.

A continuación se describen las fluctuaciones mensuales de las ocho especies registradas en LSI en orden de abundancia decreciente.

Ganso de collar (*Branta bernicla nigricans*)

El ganso de collar presentó un arribo masivo a la laguna entre octubre y noviembre, la mayor abundancia se observó en este último mes, con más de 28 mil aves. Posteriormente la abundancia disminuyó constantemente, registrándose en abril solo 2 mil aves. La especie prácticamente desapareció de la zona entre mayo y septiembre (Fig. 4).

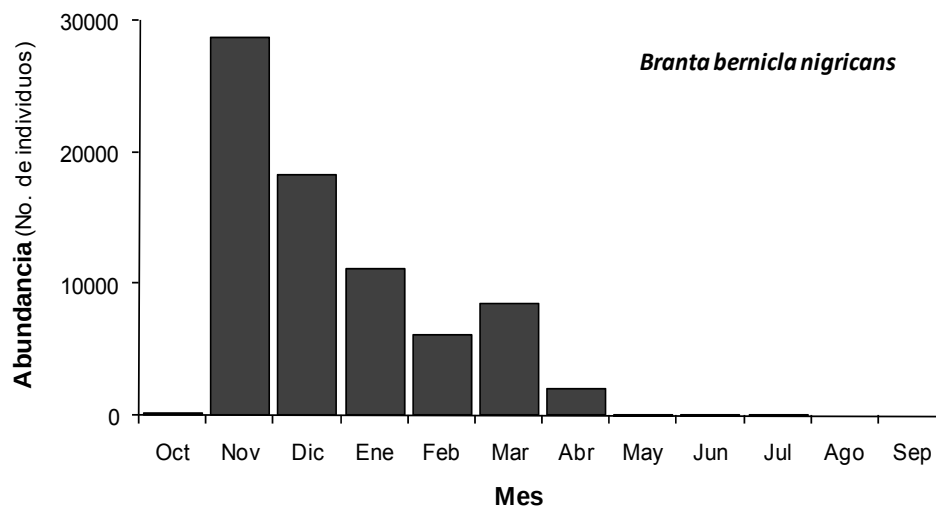


Figura 4. Abundancia mensual del ganso de collar (*Branta bernicla nigricans*) en Laguna San Ignacio.

Pato boludo (*Aythya affinis*)

De forma similar al ganso de collar, el pato boludo arribó de forma masiva a la laguna entre octubre y noviembre, la mayor abundancia se registró en noviembre, se observó una ligera disminución en diciembre y enero y un ligero repunte en febrero. De marzo a abril hubo una notoria disminución. El pato boludo estuvo ausente en la laguna a partir de mayo (Fig. 5).

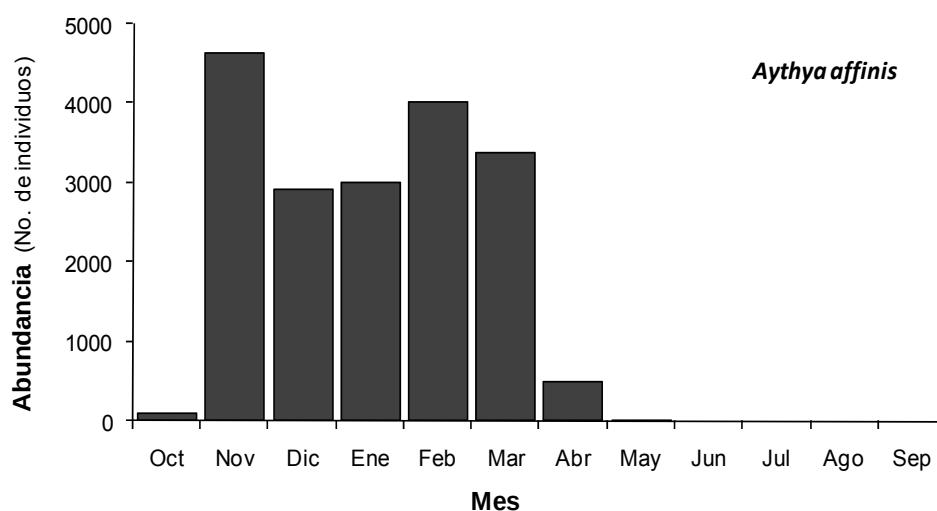


Figura 5. Abundancia mensual del pato boludo (*Aythya affinis*) en Laguna San Ignacio.

Pato golondrino (*Anas acuta*)

Respecto al pato golondrino, este arribó a la laguna en noviembre, de forma semejante a las especies anteriores, pero a diferencia del ganso de collar presentó abundancias relativamente estables de noviembre a febrero, con un notorio repunte en enero, mes en el que se registró la mayor abundancia (1,000 aves). El pato golondrino abandonó la laguna a partir marzo, con una ausencia de abril a agosto (Fig. 6).

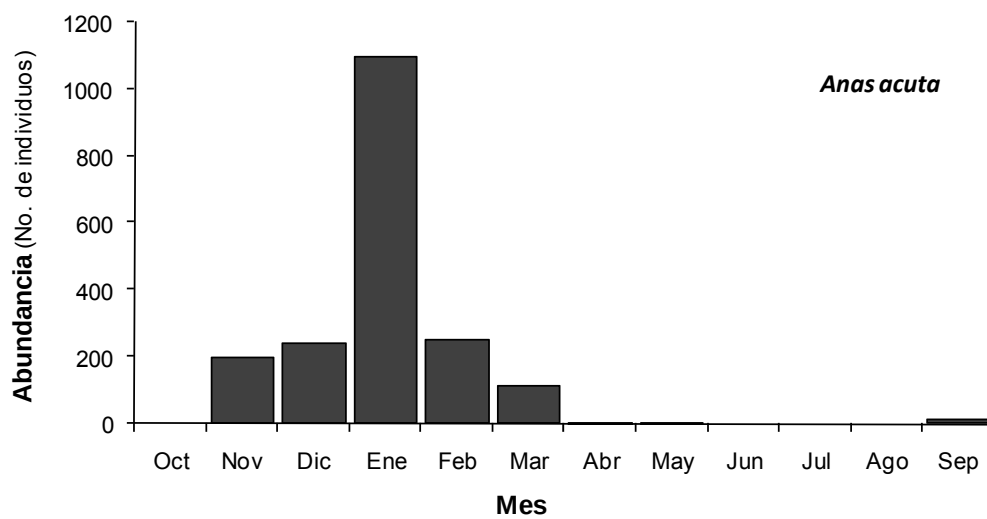


Figura 6. Abundancia mensual del pato golondrino (*Anas acuta*) en Laguna San Ignacio.

Pato monja (*Bucephala albeola*)

El pato monja arribó a la laguna en noviembre, en este mes se registró la abundancia máxima, aunque ésta no fue muy alta (270 aves). La abundancia se mantuvo relativamente estable entre diciembre y enero. Se observó una disminución en febrero y un ligero repunte en marzo. El pato monja abandonó la laguna en abril y estuvo ausente de la zona partir de mayo (Fig. 7).

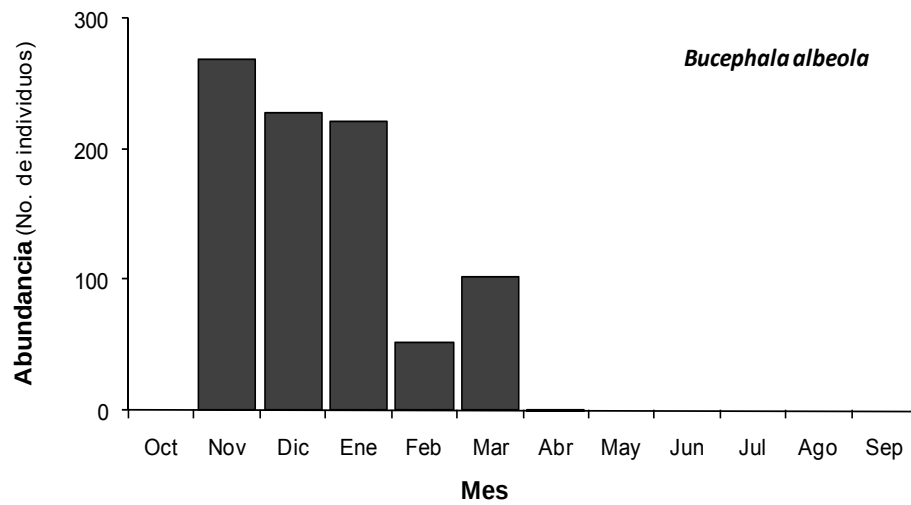


Figura 7. Abundancia mensual del pato monja (*Bucephala albeola*) en Laguna San Ignacio.

Negreta de nuca blanca (*Melanitta perspicillata*)

La negreta llegó a la laguna en noviembre (66 organismos), la abundancia de estas aves aumentó notoriamente en diciembre, para disminuir en enero. En febrero se registró otro repunte, este mes presentó la máxima abundancia con 273 aves. A partir de marzo la negreta empezó a abandonar la laguna, para estar ausente de la zona entre abril y septiembre (Fig. 8).

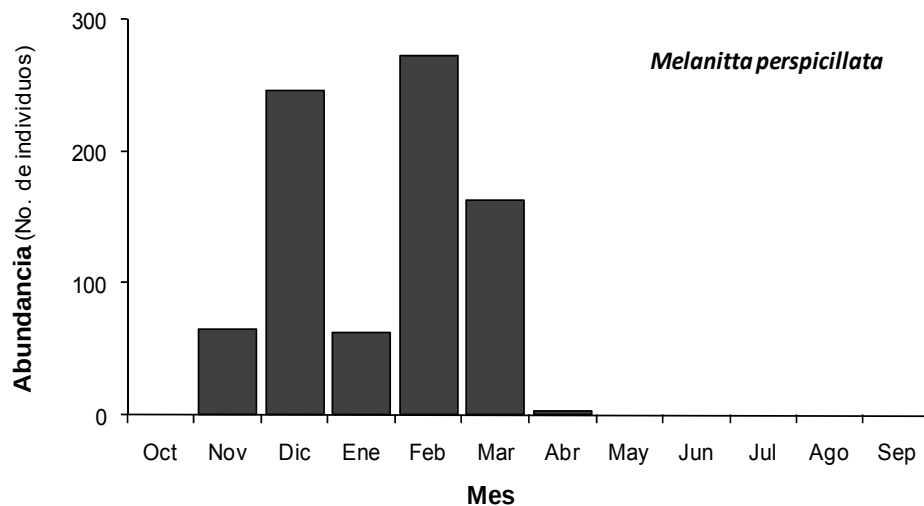


Figura 8. Abundancia mensual de la negreta de nuca blanca (*Melanitta perspicillata*) en Laguna San Ignacio.

Mergo copetón (*Mergus serrator*)

El mergo arribó a la laguna en noviembre (53 aves), de diciembre a febrero las abundancias se mantuvieron relativamente homogéneas (150 aves en promedio). Se observó un ligero repunte en marzo (máxima abundancia) con 246 aves. En abril se registró una notoria disminución en la abundancia para estar ausente en la laguna a partir de junio (Fig. 9).

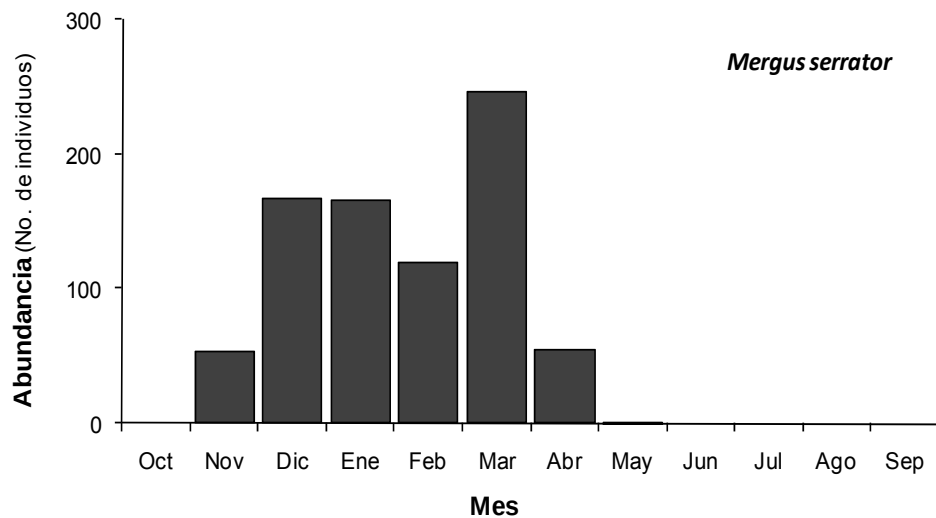


Figura 9. Abundancia mensual del mergo copetón (*Mergus serrator*) en Laguna San Ignacio.

Pato chillón (*Bucephala clangula*)

Del pato chillón se observaron 69 aves en noviembre, posteriormente se registró un individuo en diciembre, tres en febrero y cinco en marzo (Fig. 10).

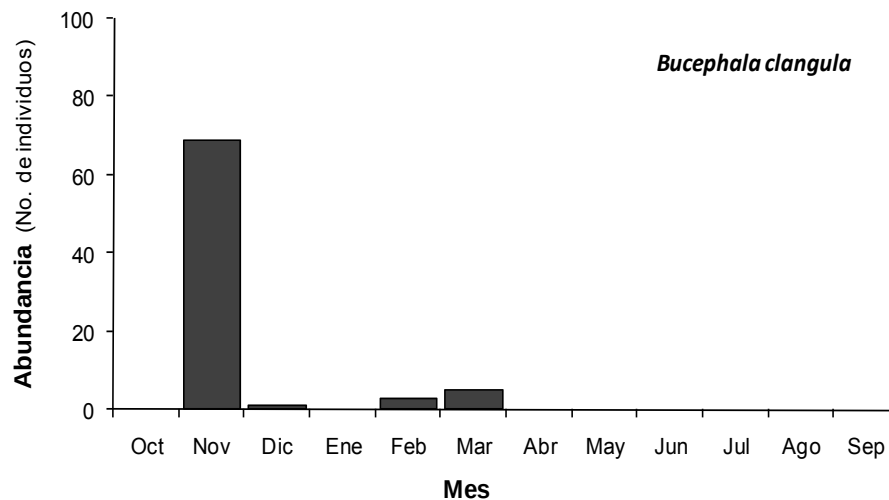


Figura 10. Abundancia mensual del pato chillón (*Bucephala clangula*) en Laguna San Ignacio.

Pato chalcúan (*Anas americana*)

Sólo se registro una bandada de ocho individuos en febrero (Fig. 11).

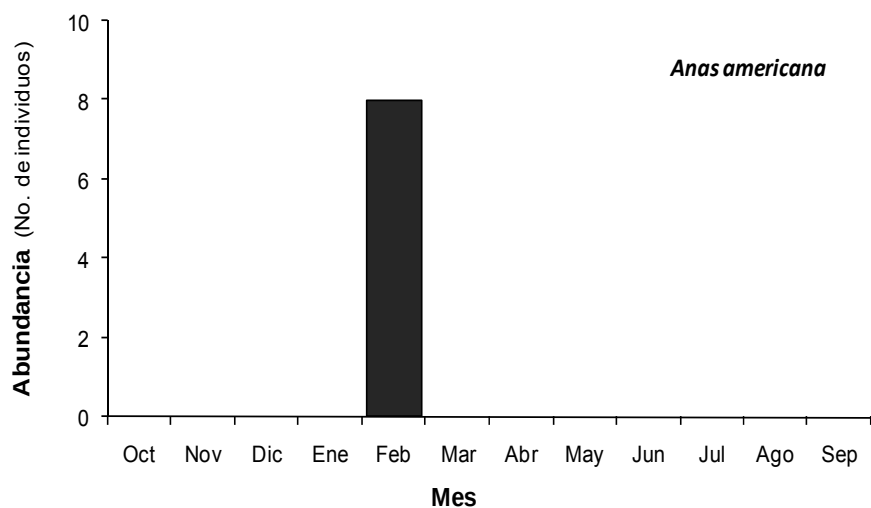


Figura 11. Abundancia mensual del pato chalcúan (*Anas americana*) en Laguna San Ignacio.

La prueba de independencia mostraron que el comportamiento de la abundancia relativa a través del tiempo de las dos especies más abundantes (*Branta bernicla nigricans* y *Aythya affinis*) puede considerarse estadísticamente diferente ($X^2=12.4$; $g.l.=5$; $P<0.05$).

7.2 Plan de censos

Con respecto al plan de censos (monitoreo), con base en los 14 análisis de regresión, se aprecia que conforme aumenta el coeficiente de determinación los valores de las sumas de cuadrados del error (residuales) disminuyeron gradualmente (Fig. 12).

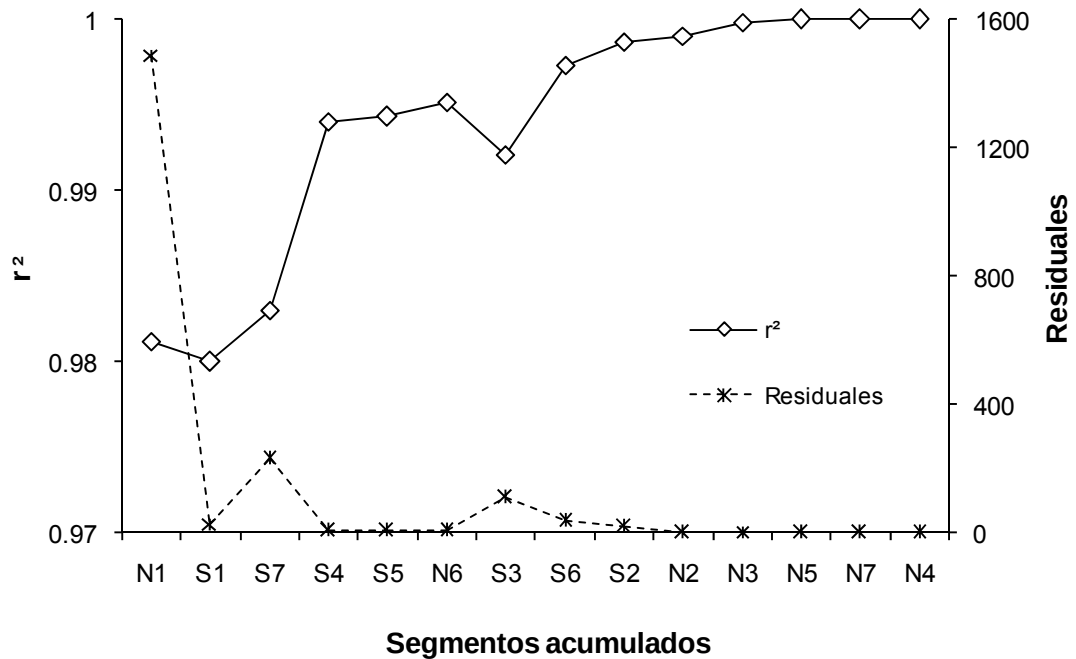


Figura 12. Tendencia de los coeficientes de determinación (r^2) y los residuos de las relaciones entre la abundancia total y la abundancia acumulada en los nueve segmentos elegidos.

Con base en lo anterior se eligieron nueve de los 14 segmentos, dichos segmentos incluyeron el 92% del total de registros realizados (Tabla II). Los recorridos por los nueve segmentos permitirán disminuir el esfuerzo espacial al 64% del aplicado en el presente trabajo. Si bien bastaría censar ocho de los 14 segmentos, por pertinencia geográfica se incluyó uno más (S2), pues es una zona de paso obligado.

Se realizó el mismo ejercicio para la densidad. En este análisis se incluyeron los mismos nueve segmentos elegidos, bajo el criterio de abundancia. Estos nueve segmentos acumularon el 90% de la densidad total (Tabla II).

Tabla II. Segmentos elegidos en el plan de censos por su importancia para los anátidos, se indica la abundancia y la densidad porcentuales de cada segmento y el porcentaje que representaron del total de registros.

Segmento	Abundancia Porcentual	Densidad porcentual
N1	21.86	7.25
S1	14.69	5.03
S7	14.06	5.74
S4	9.55	10.14
S5	9.44	25.05
N6	7.61	3.85
S3	6.08	9.21
S6	6.01	15.94
S2	3.17	8.42
Total	92.47	90.63

Con base en la importancia porcentual acumulada, bastaría realizar censos en los cinco meses de mayor importancia (noviembre a marzo), pues en éstos se realizaron el 97% del total de registros, es decir, el esfuerzo temporal podría reducirse al 42% del aplicado originalmente (Fig. 13).

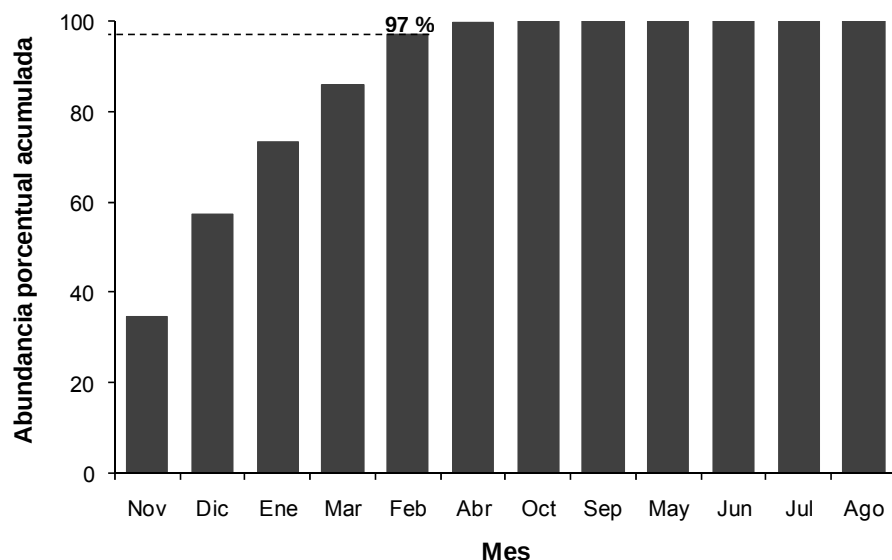


Figura 13. Abundancia porcentual acumulada de los anátidos presentes durante el año de muestreo en Laguna San Ignacio.

Respecto a la pertinencia de los nueve segmentos considerados para el plan de censos, el análisis mostró que existe una estrecha relación entre el número de anátidos contados en los nueve segmentos y el total para el complejo ($F=7,957.9$, $g.l.= 1,10$, $r^2= 0.99$, $P<0.001$), explicando el modelo más del 99% de la variación observada (Fig. 14). Según la ecuación obtenida, una vez determinada la abundancia en los nueve segmentos bastaría multiplicar a ésta por 1.069 (el valor de la pendiente) y sumarle 91 (el de la ordenada al origen), para al 99% de confianza, determinar la abundancia total en la laguna.

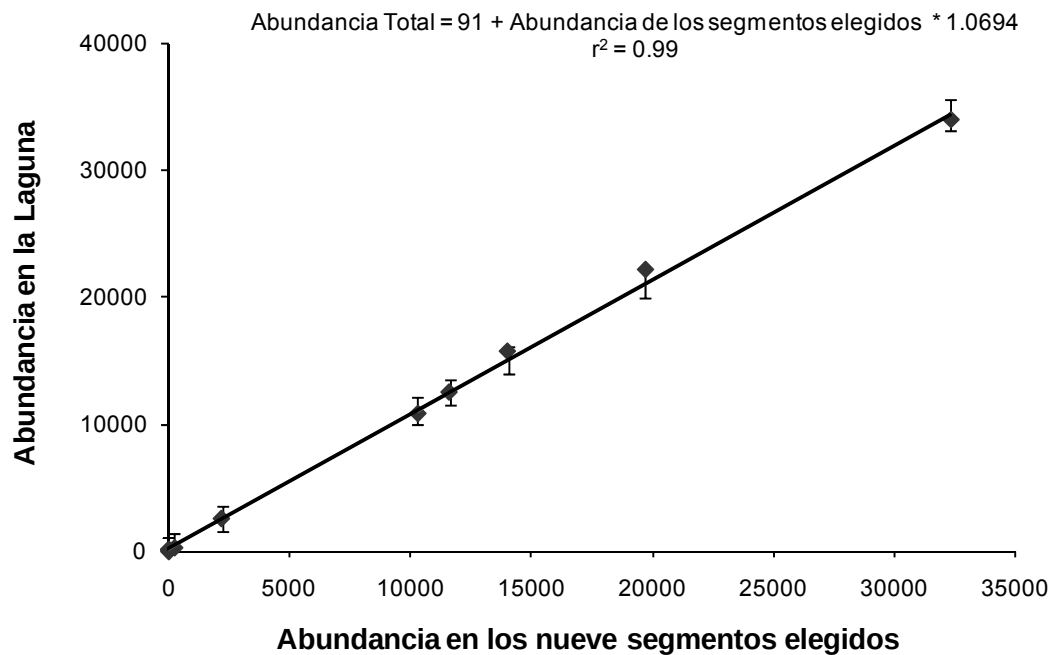


Figura 14. Relación entre las abundancias de los anátidos en todo el complejo y en los nueve segmentos elegidos. Se muestra la ecuación obtenida, su coeficiente de determinación y los intervalos de confianza al 95%.

La densidad determinada para los nueve segmentos elegidos, permitió también estimar la densidad total del complejo lagunar al 99% de confianza ($F=7,957.9$, $g.l.=1,10$, $P<0.001$, $r^2=0.99$; Fig. 15). Para determinar la densidad en todo el sistema, una vez conocida la de los nueve segmentos bastaría multiplicar a ésta por 0.79 (el valor de la pendiente) y sumarle 0.5 (el de la ordenada al origen).

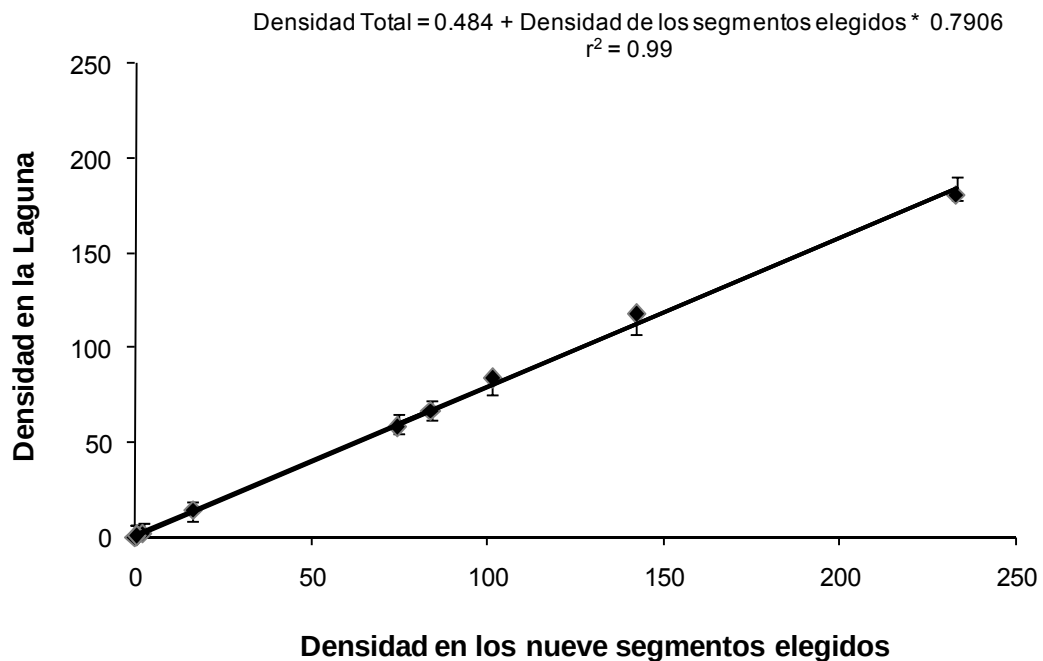


Figura 15. Relación entre las densidades de los anátidos en todo el complejo y en los nueve segmentos elegidos. Se muestra la ecuación obtenida, su coeficiente de determinación y los intervalos de confianza al 95%.

Para observar la localización geográfica de los segmentos elegidos ver la Figura 16.

Por otro lado, los análisis de la abundancia de las especies mejor representadas (*Branta bernicla nigricans* y *Aythya affinis*) mostraron excelentes ajustes (Tabla III), por lo que el plan de monitoreo propuesto puede ser aplicado de forma específica, al menos a las especies más abundantes.

Tabla III. Estimados de los parámetros de la relación entre la abundancia en las nueve secciones elegidas y la observada en todo el complejo, para las dos especies mejor representadas; a= ordenada al origen; b= pendiente; r²=coeficiente de determinación y P=nivel de probabilidad.

Especie	Abundancia (%)	a	b	r ²	P
<i>Branta bernicla nigricans</i>	91	110.43	1.08	0.99	<0.01
<i>Aythya affinis</i>	98	1.19	1.00	1	<0.01

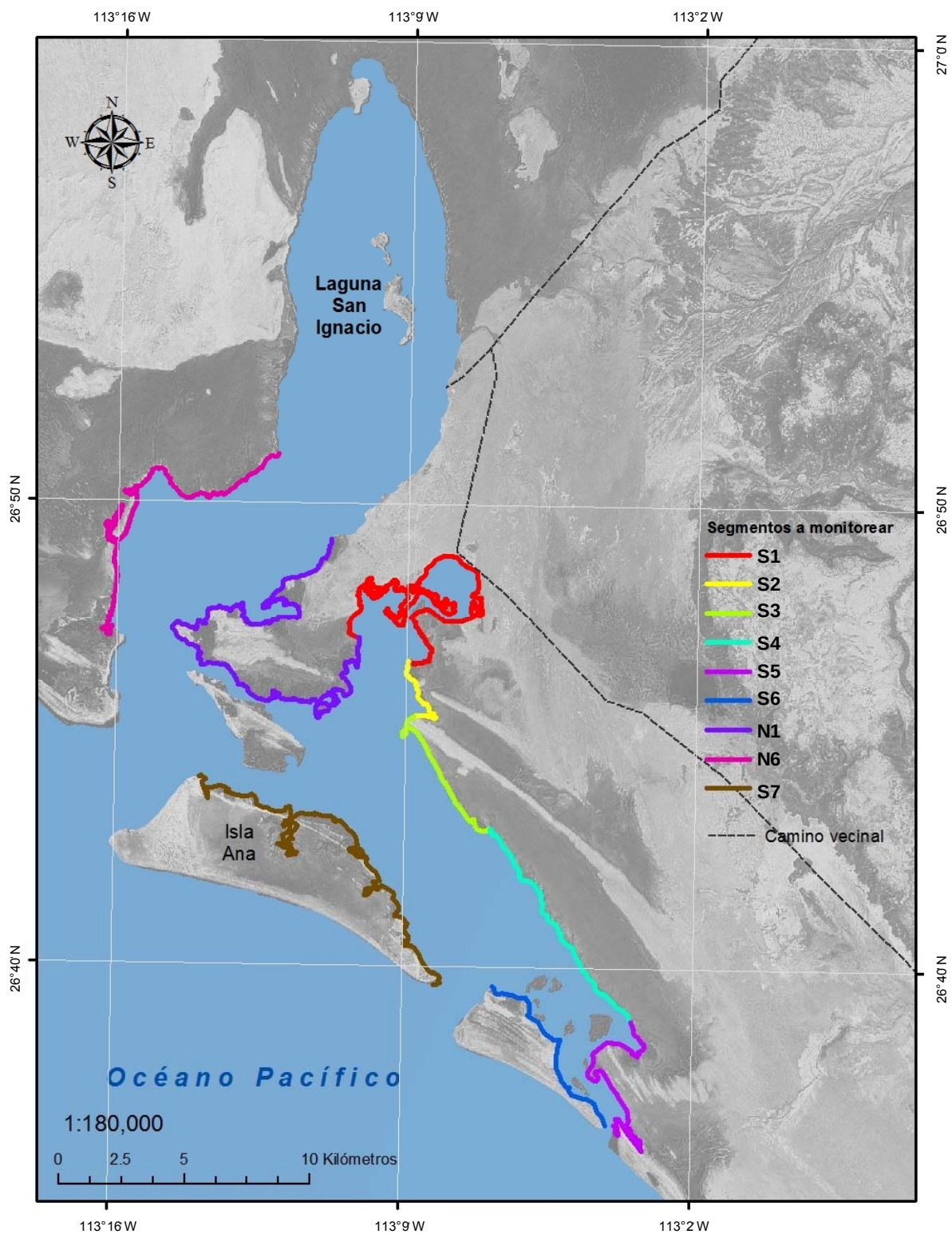


Figura 16. Segmentos elegidos (resaltados en colores) para el plan de censos en Laguna San Ignacio.

7.3 Relación de la fisiografía con la abundancia de anátidos

En general, todas las secciones elegidas por los anátidos se caracterizaron por presentar vegetación de manglar, sustratos lodosos y presencia de mantos de pasto (Fig. 17).

Respecto a la abundancia en función al tipo de vegetación predominante sobre la línea de costa, el 77% de los anátidos se observó en costas con manglar, el 13% en los eriales y el menor porcentaje (10%) en las dunas costeras. La prueba mostró que existen diferencias significativas entre la abundancia de aves y el tipo de vegetación ($X^2= 4315$; $g.l.=12$; $P<0.001$).

La abundancia de anátidos en función al tipo de sustrato mostró que el 57% de las aves estuvo presente en sustratos lodosos, 40% en sustratos arenosos y sólo un 3% en sustratos rocosos. La prueba estadística mostró una dependencia entre la abundancia y el tipo de sustrato ($X^2= 2732$; $g.l.=12$; $P<0.001$).

En cuanto a la abundancia y la presencia de pasto marino, el 92% de los registros se realizaron en áreas con presencia de pasto marino. El análisis estadístico evidenció la dependencia entre la abundancia de aves y la presencia de pastos ($X^2= 2732$; $g.l.=6$; $P<0.001$).

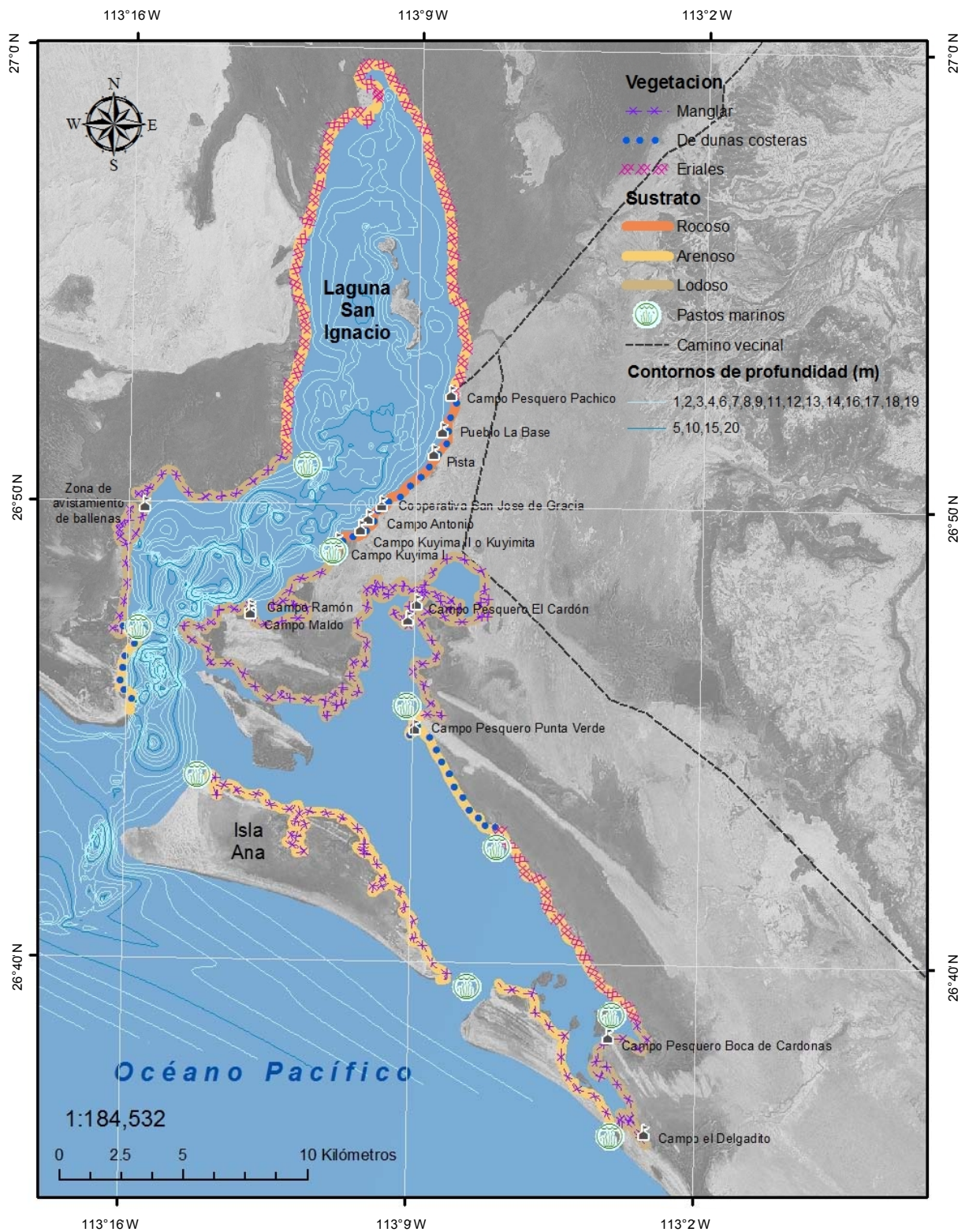


Figura 17. Laguna San Ignacio con los rasgos fisiográficos considerados.

7.4 Distribución espacial

Respecto a la distribución espacial el dendrograma realizado con los índices de similitud (Bray-Curtis) mostró la formación de cuatro secciones: A (segmentos N2, N3, N5 y S2), B (N4 y N7), C (N1, S1 y S7) y D (S3, S4, S5, S6 y N6). A *grosso modo* **A** presentó bajas abundancias; **B** muy bajas; **C** las mayores y **D** abundancias intermedias.

Con base en dichas secciones se analizaron los patrones de distribución espacial de la comunidad de anátidos en general y de las especies numéricamente más importantes (Fig. 18).

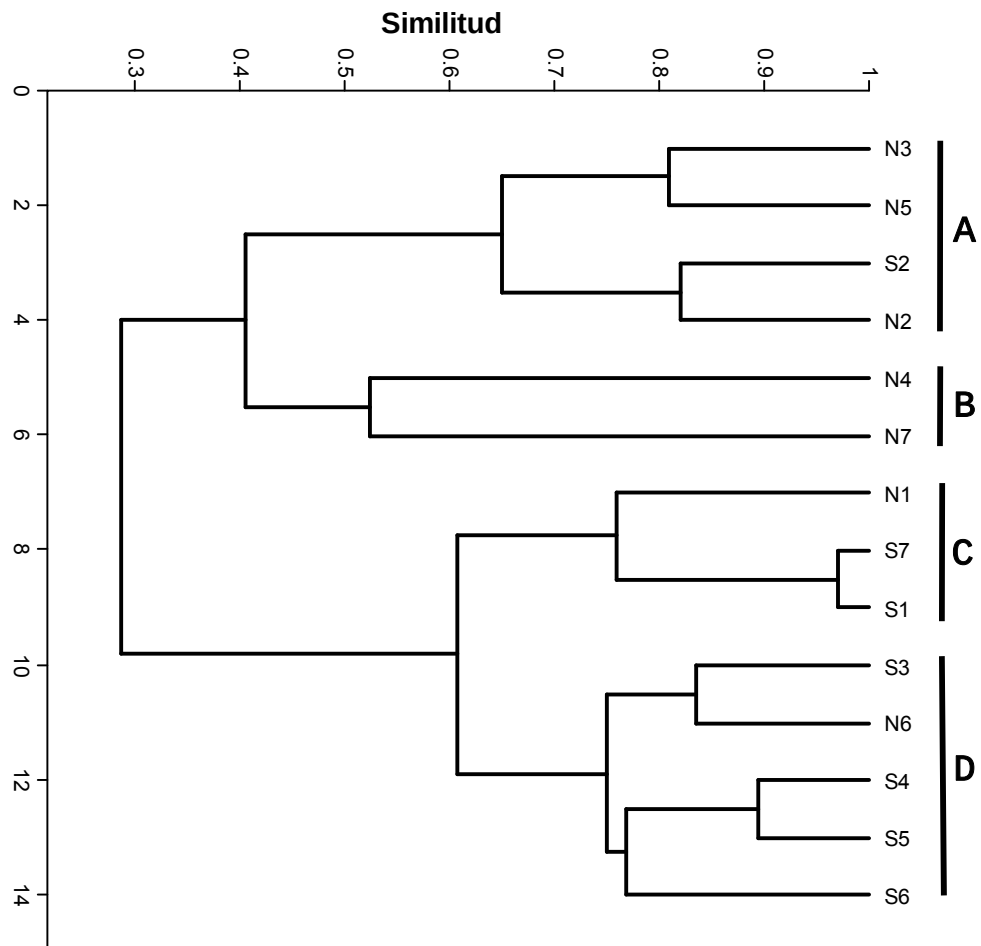


Figura 18. Similitud cuantitativa de las diferentes especies de anátidos presentes en los 14 segmentos, en los que se dividió Laguna San Ignacio. Se muestra el agrupamiento por secciones.

En las secciones C y D se registraron las máximas abundancias, el comportamiento de la abundancia de estas dos secciones fue similar, con una tendencia a disminuir conforme transcurrió la temporada, sólo se observó un ligero repunte en la sección D en enero. En las secciones A y B las abundancias se mantuvieron bajas y relativamente homogéneas a través del tiempo (Fig. 19).

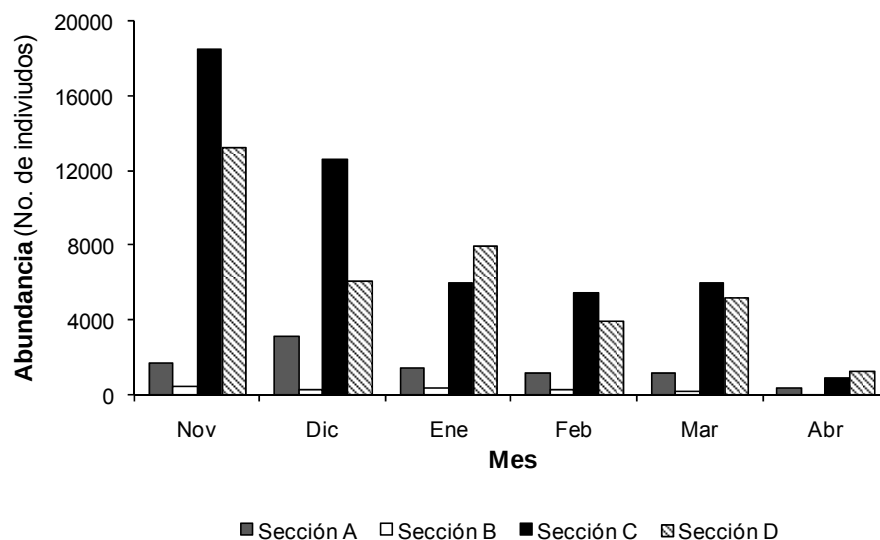


Figura 19. Cambios mensuales en abundancia de los anátidos por sección en Laguna San Ignacio.

La prueba estadística mostró que existió independencia entre las secciones y sus cambios temporales a través del tiempo ($X^2= 24.34$; $g.l.=15$; $P=0.08$), es decir, independientemente de los cambios en la abundancia, la proporción de las diferentes especies se mantuvo relativamente constante en las cuatro secciones a lo largo del período de estudio (Fig. 20).

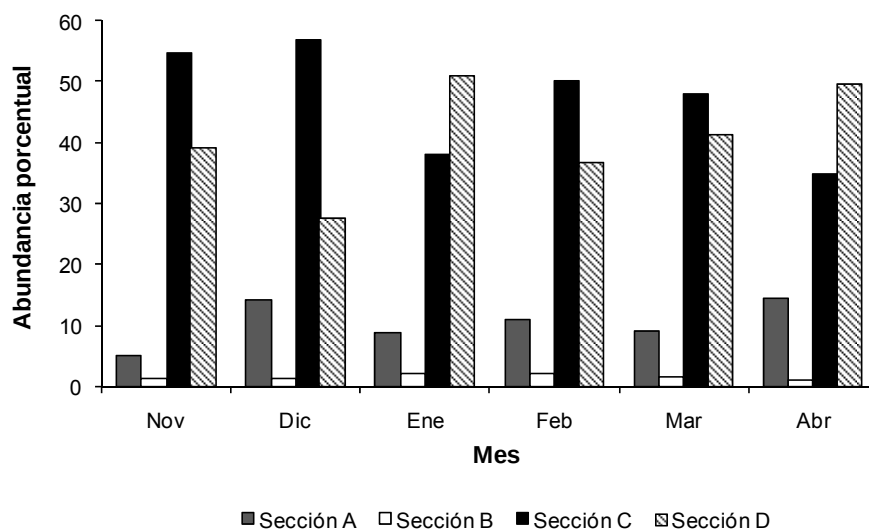


Figura 20. Cambios mensuales en abundancia porcentual de los anátidos en las cuatro secciones en las que se dividió Laguna San Ignacio.

El ganso de collar estuvo presente en todas las secciones, pero mostró una marcada preferencia por la C y la D. La máxima abundancia en estas dos secciones se registró en noviembre y disminuyó notoriamente para diciembre, sin embargo, en la sección C la abundancia fue disminuyendo gradualmente con un ligero repunte en marzo, mientras que en la sección D las abundancias se mantuvieron relativamente homogéneas (Fig. 21).

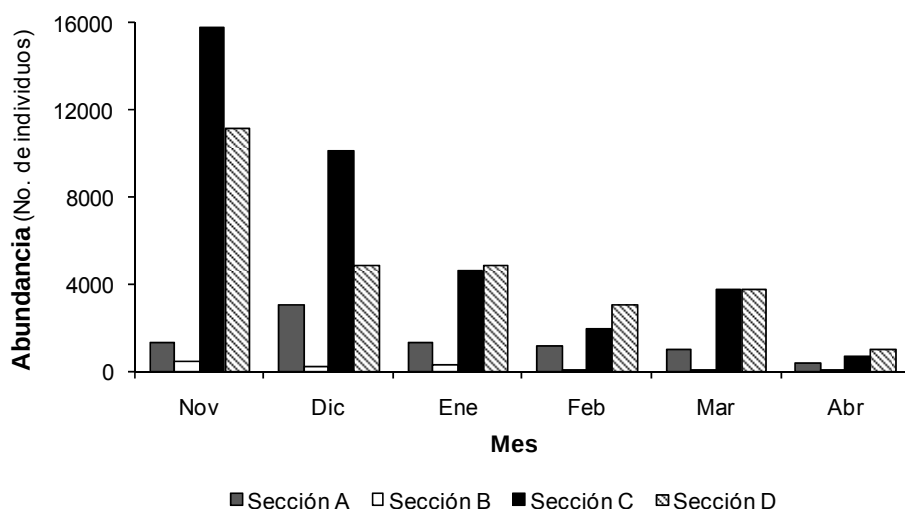


Figura 21. Cambios mensuales en abundancia del ganso de collar por sección en Laguna San Ignacio.

El pato boludo a diferencia del ganso de collar estuvo presente en sólo tres de las cuatro secciones. De forma similar al ganso de collar, mostró una marcada preferencia por las secciones C y D. Los cambios en la abundancia entre las secciones fueron diferentes a la especie anterior. En la sección C las abundancias fueron disminuyendo de forma gradual de noviembre a enero con un notorio repunte en febrero, para nuevamente disminuir en marzo y abril; mientras que en la sección D las abundancias disminuyeron entre noviembre y diciembre, pero en enero y marzo se observaron repuntes (Fig. 22).

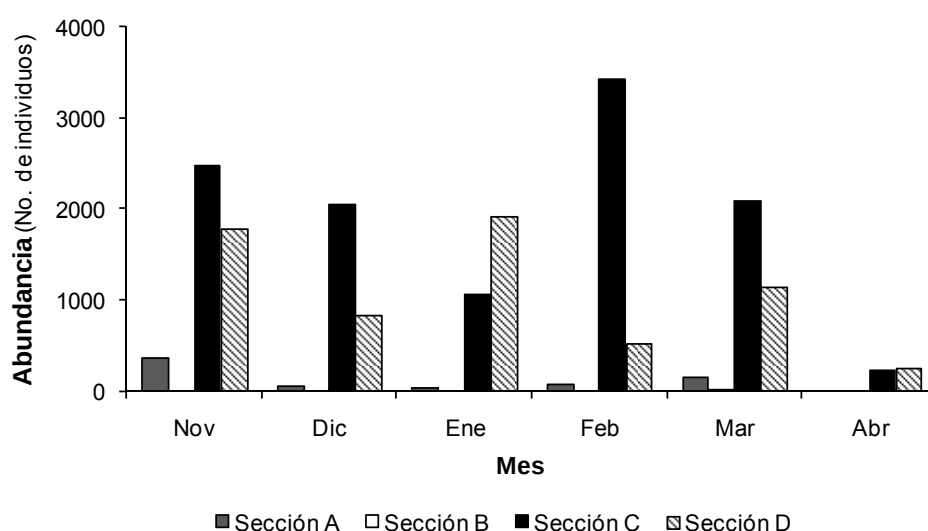


Figura 22. Cambios mensuales en abundancia del pato boludo por sección en Laguna San Ignacio.

Las pruebas de independencia mostraron que los patrones espaciales de ambas especies (ganso de collar y el pato boludo) se pueden considerar iguales para las secciones C y D y para las A y B, y diferentes entre las dos agrupaciones. Así se formaron dos grupos, uno que incluyó a las secciones C y D caracterizado por presentar abundancias altas y otro integrado por las secciones A y B, caracterizado por presentar menores abundancias (Tabla IV).

Tabla IV. Pruebas de independencia χ^2 de de las tendencias espaciales de las dos especies mejor representadas (*Branta bernicla nigricans* y *Aythya affinis*) en las cuatro secciones.

Grupo comparado (Sección)	χ^2	P	<i>g.l.</i>	Sección que más contribuyo al rechazo de la hipótesis nula
A-B-C-D	30.27	<0.01	3	B
A-C-D	9.88	<0.05	2	A
C-D	0.8	>0.10	1	
B-A	6.63	>0.10	1	

8. DISCUSIÓN

8.1 Distribución y abundancia temporal

La riqueza específica observada en el presente trabajo fue similar a la reportada en el último censo aéreo realizado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de E.U.A., para la comunidad de anátidos en LSI (Conant & King, 2006), pero baja en comparación a lo reportado por Massey & Palacios (1994), quienes indican un total de 14 especies. Esto no significa necesariamente que haya disminuido la riqueza específica, más bien el listado presentado por estos últimos autores es el resultado de una compilación de observaciones a lo largo de cinco años, en las que participaron diferentes ornitólogos, por lo que la riqueza reportada en este trabajo, está influenciada tanto por el esfuerzo de investigación como la experiencia de los ornitólogos involucrados. Así, la diferencia observada en la riqueza por Massey & Palacios con el presente estudio es resultado del método y del esfuerzo empleado.

Siete de las ocho especies observadas en el trabajo presente están incluidas en los listados ornitológicos realizados para LSI (Massey & Palacios, 1994; Conant & King, 2006). Durante las visitas de campo llevadas a cabo en el presente se observó una especie que no estaba registrada previamente para la zona, el pato chillón (*Bucephala clangula*). Es posible que esta especie no haya sido detectada por los censos aéreos debido a la técnica, ya que esta es útil para cubrir áreas en periodos de tiempo cortos o llegar a áreas remotas y para aquellas aves cuyo plumaje presenta marcas bien definidas (Kasprzyk & Harrington, 1989); sin embargo, esta técnica no permite realizar identificaciones precisas cuando las diferencias entre las especies no son tan evidentes, como es el caso del pato chillón y por ello es posible que este pato no haya sido identificado mediante esta técnica. Independientemente de lo anterior, el pato chillón es considerado como un visitador de invierno poco común para la costa pacífica de la península (Wilbur, 1987).

Todas las especies de anátidos registradas en LSI son migratorias (American Ornithologists Union, 1998). Estas aves se reproducen en Alaska, Canadá y norte de

los Estados Unidos (Bellrose, 1976; Howell & Webb, 1995) y dado que LSI forma parte del corredor del Pacífico, es utilizada como una escala en la ruta migratoria de las aves o como un lugar de invernación. Esto explica las variaciones observadas en la riqueza específica y la abundancia en la laguna, ya que el aumento registrado entre octubre y noviembre corresponde al arribo otoñal de las diferentes especies desde sus sitios de reproducción (Bellrose, 1976; Sibley, 2001). En la riqueza específica se reflejó la estadía invernal de las aves, ya que ésta se mantuvo relativamente constante durante el invierno. El ligero incremento observado en febrero estuvo asociado con el registró de dos especies ocasionales, *Anas americana* y *Bucephala clangula*. Estas dos especies, que se presentaron en números bajos, son consideradas como visitantes raros o poco comunes en la Península de Baja California (Howell & Webb, 1995). La disminución en la riqueza específica a partir de mayo, coincidió con el inicio de la migración de primavera cuando la mayoría de los anátidos abandonan sus áreas de invernación para dirigirse a los sitios de reproducción (Bellrose, 1976; Sibley, 2001).

A diferencia de la riqueza, la abundancia disminuyó notoriamente a partir de diciembre, lo que al parecer está relacionado con el inicio de la migración hacia el norte del ganso de collar (Reed *et al.*, 1998), aunque la abundancia disminuyó gradualmente a partir de diciembre, se observó la estadía de fracciones poblacionales, las cuales hicieron un uso constante del área durante el invierno (diciembre-febrero). El ligero aumento observado en marzo podría deberse al arribo de aves que invernaron en humedales peninsulares más sureños, como Bahía Magdalena, donde es una especie común (Zarate-Ovando *et al.*, 2006).

El patrón de abundancia de los anátidos en LSI fue determinado por el ganso de collar, especie que representó el 77% del total de registros. La abundancia de esta especie, así como la del pato boludo (19 % del total de registros), coincide con lo registrado por los censos aéreos anuales realizados (Conant & King, 2006), por lo que se puede considerar que la comunidad de anátidos de esta laguna está bien descrita.

En estos censos aéreos el tercer grupo en abundancia ha sido recurrentemente el género *Melanitta* (Conant & King, 2006), en contraste en el trabajo presente este género representó menos del 1% del total de registros, lo cual se relaciona con su preferencia de hábitat, pues estas aves prefieren lugares más oceánicos o cercanos de la boca de bahías y lagunas (Howell & Webb, 1995; Savard *et al.*, 1998), dichas áreas son cubiertas en los censos aéreos, pero estuvieron poco representadas en este trabajo, donde el mayor esfuerzo se aplicó en el perímetro interno de la laguna.

Al revisar los trabajos realizados en los cuatro humedales peninsulares de mayor importancia para estas aves: Bahía San Quintín (Mallek & Wortham, 2008), Guerrero Negro (Carmona & Danemann, 1998; Mallek & Wortham, 2008; Martínez-Cedillo, 2009), Bahía Magdalena (Zarate-Ovando *et al.*, 2006; Mallek & Wortham, 2008) y LSI (Mallek & Wortham, 2008); se muestra que el anátido más abundante en la península es el ganso de collar.

La preferencia de los anátidos y en particular del ganso de collar por LSI se debe: (1) a la protección natural que ésta ofrece por ser un cuerpo de agua protegido (Winant & Gutiérrez De Velazco, 2003); (2) a su configuración topográfica (poca profundidad y presencia de bajos y canales submareales) la cual permite que estas aves tengan acceso a los recursos alimenticios (Danemann, 1991; Winant & Gutiérrez De Velazco, 2003); (3) a la presencia de grandes praderas submareales de *Zostera marina*, las cuales pueden llegar a cubrir en la zona de 3,000 a 6,000 ha (Ward *et al.*, 2003; Riosmena-Rodríguez, 2009); (4) a los bajos niveles de disturbio antropogénico, ya que esta laguna se encuentra dentro de la Reserva de la Biósfera del Vizcaíno (Anónimo, 2000), por lo que la actividad humana está relativamente regulada y donde la cacería no está permitida (Carrera & de la Fuente, 2003) y (5) a la escasa modificación de sus costas (Saunders & Saunders, 1981; Reed *et al.*, 1998; Carrera & de la Fuente, 2003), ya que diferentes grupos conservacionistas han logrado mediante la aplicación de servidumbres ecológicas que 57,000 ha de la laguna estén protegidas a perpetuidad (Pro-Natura Noroeste, 2010), lo que ha

permitido que en LSI se localice la servidumbre ecológica más grande en México (47,000 hectáreas en tierras de uso común).

LSI fue utilizada diferencialmente por las especies más comunes en la zona. Las aves que utilizaron la laguna como sitio de escala migratoria como el ganso de collar, se observaron en mayor número en noviembre, posteriormente, durante el periodo invernal disminuyeron. En contraste, los patos boludo y golondrino se presentaron en números relativamente constantes de noviembre a marzo, lo que indicó que estas dos especies utilizaron LSI como zona de invernación, de forma semejante a lo reportado para Bahía Magdalena (Zarate-Ovando *et al.*, 2006).

Respecto a la distribución y abundancia temporal del ganso de collar, la diferencia en los números observados entre octubre y noviembre, es un indicativo de la estrategia de la especie en su migración de otoño (Reed *et al.*, 1998); la cual consiste en formar grandes agregaciones en Laguna Izembek Alaska, antes de iniciar la migración al sur a mediados de octubre. Estas aves realizan vuelos directos a través del Océano Pacífico a una velocidad promedio de 100 km/h y pueden llegar a volar 54 h de forma continua (Reed *et al.*, 1998), por lo que son comunes las llegadas masivas a sus sitios de invernación. Esta estrategia ha sido recientemente confirmada en Guerrero Negro (Martínez-Cedillo, 2009) y aparentemente también ocurre en LSI, pues explica el rápido aumento en el número de gansos observados de octubre a noviembre.

Al parecer los gansos sincronizan su llegada a LSI al momento en que se presentan altas biomasas de pasto marino (de septiembre a noviembre; Cabello-Pasini *et al.*, 2003) y con la época del desprendimiento masivo del pasto submareal, como se ha sugerido para Guerrero Negro (Martínez-Cedillo, 2009), pues de noviembre a febrero se observó una gran cantidad de hojas frescas de pasto flotando en la columna de agua y al ganso alimentándose activamente de ellas durante marea alta, comportamiento previamente observado en la laguna (Ward, 1983) y en otros humedales utilizados por estas aves (Ganter, 2000; Mather *et al.*, 1998; Martínez-Cedillo, 2009). De tal forma es probable que la alimentación de los gansos en el área de estudio no sea tan dependiente del nivel de marea, como ha sido documentado

en otras localidades norteñas (Moore *et al.* 2004). Además en la zona existen otros recursos alimenticios potenciales para esta ave como *Ruppia maritima* que, aunque con menor cobertura que *Zostera marina*, tiende a dominar en el área intermareal (Ward, 1983; López-Calderón *et al.*, 2010) y *Ulva* spp., la cual ha sido reportada de forma abundante en la laguna (Carrera & de la Fuente, 2003).

Por otro lado la disminución constante de la abundancia de gansos observada a partir de diciembre se debe a dos posibles razones: 1) el inicio de la migración al norte, pues se ha documentado que las aves que invernán al sur de su intervalo geográfico (como Baja California) inician su migración de primavera de forma temprana (finales de diciembre), en comparación con las aves que invernán más al norte (Reed *et al.*, 1998) o 2) al impacto que las aves tienen sobre las praderas de pasto marino en el área (Reed *et al.*, 1998; Ganter, 2000; Moore *et al.*, 2004), ya que tanto la densidad como la cobertura de las praderas disminuye notoriamente de septiembre a diciembre (Riosmena-Rodríguez, 2009), cuando se registraron las abundancias máximas de estas aves. Pues las aves, al disminuir el alimento tenderían a moverse a lagunas cercanas.

Al comparar las abundancias del trabajo presente con las registradas por Ward (1983), se observaron notorias diferencias, en general las registradas por Ward fueron más bajas (2,8000 aves) que las del estudio aquí presentado (7,5000 aves), esto se debe a dos posibles razones: 1) el año en el que contó Ward (1982) coincidió con un evento El Niño muy pronunciado (Sedinger *et al.*, 2006), mismo que presumiblemente ocasionó una disminución de la cobertura y densidad de *Zostera marina*, principal alimento de este ganso y 2) al esfuerzo de muestreo, ya que Ward sólo realizó censos en el brazo norte de LSI, que en el estudio presente corresponderían a los segmentos N1 al N7.

Al comparar las abundancias temporales en tres de los sistemas lagunares de la península utilizados por este ganso: San Quintín (Kramer, 1976; temporada 1974-1975), Guerrero Negro (Martínez-Cedillo, 2009; temporada 2006-2007) y San Ignacio (trabajo presente) se observaron tres patrones de uso temporal diferentes, San Quintín presentó sus máximas abundancias en primavera (marzo), Guerrero Negro

en invierno (diciembre y enero) y San Ignacio en otoño (noviembre; Fig. 24). Es necesario mencionar que no se trata de los mismos años, lo que podría limitar las inferencias, sin embargo, los patrones observados pueden considerarse válidos.

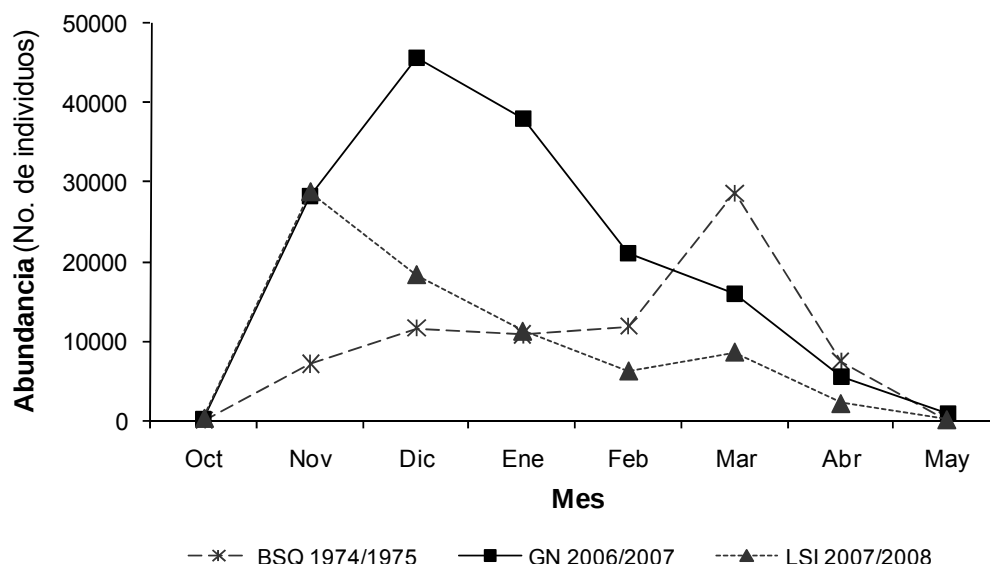


Figura 24. Comparación de la abundancia mensual del ganso de collar en tres lagunas de la Península de Baja California (BSQ= Bahía San Quintín, GN= Guerrero Negro y LSI= Laguna San Ignacio).

El comportamiento temporal de las abundancias sugiere que estas aves hacen una utilización temporal complementaria de los tres sitios a lo largo del período migratorio e invernal (Martínez-Cedillo, 2009). Tal comportamiento al parecer está relacionado con la estrategia migratoria primaveral que presenta este ganso, ya que a diferencia de la migración de otoño, la de primavera consiste en un recorrido gradual a través de 67 bahías y lagunas costeras (Reed *et al.*, 1998; Moore *et al.*, 2004; Ward *et al.*, 2005) presentes en la costa pacífica. Es posible que esta estrategia migratoria escalonada les permita a las aves conservar las reservas nutricionales necesarias para la reproducción, como ha sido sugerido por Ward *et al.* (2005).

Al revisar la tendencia de los censos aéreos del ganso de collar en las lagunas peninsulares (Bahía San Quintín, Guerrero Negro, Bahía Magdalena y LSI), se

aprecia que la abundancia de estas aves en los últimos 10 años se ha mantenido relativamente estable; sin embargo al revisar la tendencia poblacional en una escala temporal mayor (50 años), se observa que las abundancias de estas aves han disminuido en un 35% (de 140,000 a 90,000). Recientes estudios, sugieren que tal disminución en la abundancia podría estar reflejando nuevamente un cambio en la distribución invernal de este ganso, donde la importancia de las lagunas peninsulares va a la baja y ahora un mayor número de gansos invernan en la península Alaska (Ward *et al.*, 2009).

Contrario a lo sucedido en la década de los sesenta, cuando el cambio en la distribución invernal se atribuyó a la notoria disminución de las praderas de pasto marino en gran parte de la costa de California E.U.A. (Reed *et al.*, 1998; Anónimo, 2002; Ward *et al.*, 2005), actualmente Ward *et al.* (2009) sugieren que el aumento en el número de gansos que invernan en Alaska está relacionado con el efecto del calentamiento climático. Estos autores mencionan que la población que inverna en Alaska fluctúa a la par del índice de oscilación decadal del Pacífico, ya que durante la fase positiva de dicho índice se presenta un calentamiento general del Pacífico Norte y en el Mar de Bering, que trae como consecuencia que gran parte de las praderas de *Zostera marina* estén accesibles, debido a la disminución en la cobertura de hielo, mientras que en la fase negativa, dichas praderas están cubiertas e inaccesibles (Ward *et al.*, 2009).

Estos autores también mencionan que el tamaño de la población invernal de Alaska está relacionado negativamente con el número de días de vientos noroeste, lo que sugiere que la constancia de vientos a favor del destino migratorio podría ser un factor clave para que estas aves lleven a cabo su migración hasta áreas peninsulares (Ward *et al.*, 2009). Es posible que el uso de las lagunas peninsulares disminuya, si el efecto del calentamiento climático persiste, ya que a los gansos les resultaría energéticamente más ventajoso invernar en Laguna Izembek, Alaska. Sin embargo, el efecto a largo plazo es dudoso.

Respecto a la distribución y abundancia temporal del pato boludo, LSI es después de Guerrero Negro, el sitio de internación más importante para esta especie

dentro de la Península de Baja California (Saunders & Saunders, 1981; Conant & King, 2006). La abundancia de este pato en la zona de estudio fue relativamente baja comparada a la registrada en el resto del país, lo que se debe a que la mayoría de estas aves (60%) invernán a lo largo del corredor migratorio del Mississippi, el 31% usa el corredor del Atlántico, el 3% utiliza el corredor central y sólo el 6% inverna en el corredor del Pacífico (Saunders & Saunders, 1981). De estos últimos las mayores concentraciones se presentan en Estados Unidos y en menor número en México (entre Guaymas y Mazatlán 15% y de Mazatlán a Acapulco 36%; Bellrose, 1976; Saunders & Saunders, 1981): sólo una pequeña parte inverna en las costas peninsulares (7.5%; Bellrose, 1976; Saunders & Saunders, 1981). De hecho la mayor abundancia en nuestro país se presenta a lo largo de las costas del Golfo de México, en ellas el pato boludo es el anátido más abundante (Saunders & Saunders, 1981).

El pato boludo, de forma semejante al ganso de collar arribó a LSI en noviembre, el aumento de la abundancia entre octubre y noviembre es un reflejo de su estrategia migratoria, porque de manera semejante al ganso de collar este pato tiende a llegar masivamente a sus sitios de invernación (Austin *et al.*, 1998), pues su estrategia migratoria implica realizar vuelos transoceánicos, desde sus áreas de reproducción en Alaska hasta sus zonas de invernación (Austin *et al.*, 1998). Esta especie es una de las últimas en abandonar las áreas de reproducción (Austin *et al.*, 1998). Inician la migración de otoño a mediados de septiembre, sin embargo, los mayores movimientos migratorios se dan de mediados de octubre a principios de noviembre (Austin *et al.*, 1998).

En LSI la abundancia del pato boludo se mantuvo relativamente constante entre diciembre y marzo, lo cual es un indicativo de que utilizó la laguna como un área de invernación. Es probable que la estancia invernal de esta especie esté relacionada con la abundancia de los recursos alimenticios en la zona. El pato boludo durante su estadía invernal se alimenta principalmente de invertebrados, como moluscos, crustáceos e insectos (Austin *et al.*, 1998). Una reciente evaluación de la meiofauna asociada a las praderas de *Zostera marina* realizada en LSI en 2008 (Riosmena-Rodríguez, 2009), muestra que la meiofauna presenta sus valores

máximos (densidad) de noviembre a abril y el taxa mejor representado fueron los moluscos y crustáceos. Además en algunos sitios de internación la vegetación acuática constituye parte importante de su dieta (Austin *et al.*, 1998) y en LSI hay una gran cantidad de vegetación, principalmente *Zostera marina* y *Ruppia maritima* (Riosmena-Rodríguez, 2009), recursos alimenticio que potencialmente pueden ser consumidos por estas aves.

El ligero aumento en la abundancia observado en febrero, podría deberse al arribo de patos que internaron en humedales más sureños como Bahía Magdalena (Zarate-Ovando *et al.*, 2006), ya que las aves que internan más al sur inician sus movimientos migratorios primaverales antes (Austin *et al.*, 1998). La notoria disminución en la abundancia de esta especie observada entre marzo y abril, se debió a que en este período ocurre el grueso de los movimientos migratorios hacia el norte, cuando las aves abandonan las áreas de internación para dirigirse a sus zonas de reproducción (Bellrose, 1976; Austin *et al.*, 1998).

Respecto al pato golondrino, esta especie es uno de los anátidos más abundantes de Norteamérica y es la especie que presenta el intervalo de reproducción más norteño (Bellrose, 1976; Austin *et al.*, 1995). Se reproduce en una amplia zona del Círculo Polar Ártico, que incluye el norte de Rusia, la Península de Escandinavia, Islandia, Groenlandia, Ártico canadiense y Alaska (Bellrose, 1976; Austin *et al.*, 1995). Este pato abandona sus sitios de reproducción desde mediados de agosto, aproximadamente la mitad de los patos golondrinos migran a California, de éstos cerca de tres cuartas partes internan en dicha zona (Bellrose, 1976; Austin *et al.*, 1995) y el resto de las aves continúa migrando (de septiembre a octubre) a las costas mexicanas e incluso pequeños números se mueven más al sur (Sudamérica; Bellrose, 1976; Austin *et al.*, 1995), dadas estas tendencias el pato golondrino arriba a LSI hasta noviembre.

En México las mayores concentraciones de esta especie se presentan en Sonora y Sinaloa (Saunders & Saunders, 1981), ya que prefiere lugares cercanos a campos de cultivo, pues el arroz constituye más del 95% de su dieta (Saunders & Saunders, 1981; Austin *et al.*, 1995).

La abundancia de estas aves en la laguna se mantuvo baja y constante de noviembre a febrero. Ante la falta de campos de cultivo en LSI, es posible que este pato se alimente de la vegetación nativa (*Ruppia maritima*, macroalgas y semillas de *Zostera marina* o *Ruppia maritima*; Saunders & Saunders, 1981) o de insectos acuáticos, caracoles y crustáceos (Austin *et al.*, 1995), recursos alimenticios abundantes en el área de estudio (Kathiresan & Bingham, 2001; Riosmena-Rodríguez, 2009).

El notorio aumento observado en enero podría deberse a dos razones: a posibles movimientos regionales entre humedales cercanos como La Bocana o El Coyote, comportamiento registrado en California (Austin *et al.*, 1995) o a la llegada de aves que invernaron en sitios sureños como Bahía Magdalena (Zarate-Ovando *et al.*, 2006) o cuerpos dulceacuícolas artificiales aledaños a la Ensenada de La Paz (Castillo-Guerrero & Carmona, 2001; Zamora-Orozco *et al.*, 2007).

La constante disminución en la abundancia a partir de febrero está relacionada con la migración de primavera. Aunque estos movimientos pueden presentarse desde finales de enero, el grueso de la migración se presentó en febrero y casi todas las aves abandonaron el área a finales de marzo (Bellrose, 1979; Austin *et al.*, 1995).

8.2 Plan de censos

Una de las políticas de conservación para las Áreas Naturales Protegidas es favorecer las acciones de conservación y gestión ambiental, para con ello llevar a cabo un mejor manejo y conservación de los recursos, así como tener una evaluación y monitoreo eficiente de los recursos naturales (Anónimo, 2000). Sin embargo, es difícil sugerir alternativas de conservación si no se dispone de estudios que permitan identificar la problemática de dichos recursos. Para lograr esto último es necesario realizar investigaciones que permitan incrementar el conocimiento sobre los recursos.

Los programas de monitoreo tienen dos objetivos primordiales: a corto plazo, identificar las áreas de mayor importancia para los organismos (regional o

localmente; Howell *et al.*, 1989) y a largo plazo estimar las variaciones en las tendencias poblacionales (Pienkowski, 1991; Villaseñor & Santana, 2003). En el caso de aves migratorias, las tendencias de los tamaños poblacionales han sido estudiadas en las áreas de reproducción, donde las poblaciones se encuentran estables, aunque dispersas (Page *et al.*, 1979; Anónimo, 2002), sin embargo, el acceso a estas áreas es difícil, lo que ocasiona que las evaluaciones sean costosas (Reed *et al.*, 1998; Anónimo, 2002).

Debido a lo anterior, diferentes instancias han fijado su atención en los sitios de paso migratorio e invernación, ya que en éstos el acceso es más fácil y representa menores costos, pues las aves tienden a concentrarse en áreas relativamente pequeñas (Anónimo, 2002). La eficiencia de los programas de monitoreo dependen de la adecuada selección (representatividad) de las áreas más importantes para las aves (Anónimo, 2008). Las áreas elegidas dentro de LSI son una adecuada muestra de los sitios de mayores concentraciones de la comunidad de anátidos, por lo que el modelo generado, a partir de las abundancias en los segmentos elegidos permitirá predecir a más del 90% de confianza la abundancia total.

Este plan de censos propuesto para los anátidos se puede realizar con sólo el 26% del esfuerzo original. Esto es una disminución del esfuerzo espacial al 64% (nueve de 14 segmentos) y 42% del temporal (cinco de 12 meses) y aún así mantener una confianza del 90% (0.92 en espacio por 0.97 en tiempo). Además la considerable reducción del esfuerzo (tiempo y área) permitirá minimizar los costos y con ello se incrementará la probabilidad de llevar a cabo monitoreos a largo plazo. Estos resultados ya fueron puestos a disposición del personal de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno y actualmente se están aplicando, pues el plan de censos ya fue puesto en marcha, de momento con la ayuda del personal de la UABCS, pero la idea es que pronto sea realizado por el personal de la reserva.

Aunque el análisis empleado para determinar el número de segmentos puede ser criticado debido a la autocorrelación de las variables involucradas, una reciente evaluación del método propuesto, aplicado a la comunidad de aves playera en el

Complejo Lagunar Ojo de Liebre-Guerrero Negro y Exportadora de Sal, sugiere que este método es una valiosa herramienta para estimar adecuadamente la abundancia de aves del sistema (Ayala-Pérez *et al.*, en revisión).

8.3 Relación de la abundancia con la fisiografía del paisaje

El 77% de los anátidos se observaron asociados a los manglares, lo cual puede deberse a que en las inmediaciones de los bosques de manglar existen condiciones adecuadas para el desarrollo de *Zostera marina*, por ejemplo se ha demostrado que el crecimiento, biomasa y producción primaria del pasto marino es mucho mayor en zonas próximas a manglares, debido a que el CO₂ derivado de la materia orgánica particulada generada por el manglar podría ser una fuente de carbono para el pasto marino y promover así su rápido crecimiento (Tussenbroek, 1995). Además el refluo de la marea puede promover la exportación neta de nutrientes y de materia orgánica particulada del manglar hacia los pastos marinos, la cual es aprovechada por estos (Tussenbroek, 1995), además las cercanías a los manglares ofrecen protección física, ya que en general los anátidos prefieren sitios menos expuestos a los vientos (Burger *et al.*, 1983).

En cuanto a la relación de la abundancia en función al tipo de sustrato, el 57% de las aves estuvo presente en sustratos lodosos y 40% en arenosos. Esta preferencia puede deberse a tres factores: (1) estas zonas favorecen el óptimo crecimiento del pasto marino ya que este crece mejor donde el sedimento es predominantemente lodoso (Santamaría-Gallegos, 1996); (2) permiten la fácil penetración al sustrato por parte de las aves para extraer las plantas enteras (Mather *et al.*, 1998) y (3) favorece la presencia de una gran variedad de epifauna e infauna, que incluye crustáceos, moluscos e insectos (Kathiresan & Bingham, 2001), recursos alimenticios consumidos por los patos.

8.4 Distribución espacial

La preferencia de las dos especies más abundantes (el ganso de collar y el pato boludo) por las secciones C y D está relacionado con las características fisiográficas que presentan (presencia de importantes praderas de *Zostera marina*, vegetación de manglar y sustrato lodoso) y con su configuración topográfica. En estas secciones las aves pueden encontrar alimento y descansar durante las mareas altas (Nilsson, 1972; Wilson & Atkinson, 1995; Schummer *et al.*, 2008); además el grado de perturbación antropogénica es casi nulo, debido a que estas secciones no son utilizadas con fines turísticos para el avistamiento de la ballena gris (Anónimo, 2000).

Respecto a la distribución espacial del ganso de collar las mayores abundancias se registraron en las secciones C y D en noviembre, esto debe a que en ambas secciones hay importantes praderas de pasto marino, mismas que cubren 1,600 ha (López-Calderón & Riosmena-Rodríguez, 2010), por lo que, de la misma forma que en otras localidades, en LSI la distribución espacial de este ganso está estrechamente relacionado con distribución espacial de su principal recurso alimenticio, *Zostera marina* (Moore *et al.*, 2004). Además las secciones mencionadas fueron utilizadas profusamente al principio de la temporada (noviembre), por lo que funcionaron como un sitio de recuperación, inmediatamente después del desgaste ocasionado por el vuelo migratorio.

Otro factor que determinó la distribución espacial de este ganso en LSI fue la accesibilidad a las praderas de *Zostera marina*, debido a la configuración topográfica de estas secciones y el nivel de marea, ya que los meses de mayor utilización de estas dos secciones coinciden con las mareas de mayor amplitud y debido a la baja profundidad que presentan, las aves tienen accesos prolongados a las praderas submareales más profundas, donde además el valor nutricional de los pastos es mayor (Ward, 1983; Cabello-Pasini *et al.*, 2003).

Finalmente otro factor que probablemente determinó la presencia de este ganso en las secciones C y D, fue la presencia de grandes extensiones de manglar

que sirven como una barrera física contra los vientos (Kathiresan & Bingham, 2001) y por ello favorece que sea un área menos expuesta, a diferencia de las secciones A y B donde la incidencia del viento es mayor (Winant y Gutiérrez De Vélazco, 2003). De hecho, se ha evidenciado que este ganso tiende a congregarse en los sitios menos expuestos al viento (Burger *et al.*, 1983), comportamiento que concuerda con lo observado en LSI.

Las bajas concentraciones observadas en las secciones A y B no concuerdan con lo registrado por Ward (1983), es decir se aprecia que la distribución espacial a cambiado, pues Ward registró la mayor concentración de aves en la porción más norteña del brazo norte, que en el estudio presente fue la menos importante (sección A).

Ward menciona que la alta concentración de aves en esta área se debió a la presencia de grandes praderas de *Ruppia maritima*, especie que dominaban en el área intermareal, lo cual permitió que este recurso estuviera más accesible en comparación con las praderas de *Zostera marina* (submareal) y al bajo disturbio humano. Sin embargo una reciente evaluación de la vegetación acuática presente en LSI ha mostrado que la distribución espacial de las praderas de pasto marino ha cambiado (Riosmena-Rodríguez, 2009), ocasionando aparentemente un cambio en las tendencias espaciales de las aves.

La preferencia del pato boludo por las secciones C y D se debe a que en éstas se presentan recursos alimenticios abundantes, pues un estudio reciente de la meiofauna asociada a las praderas de *Zostera marina* mostro que los grupos dominantes en LSI son los crustáceos y moluscos (Riosmena-Rodríguez, 2009) y de éstos las mayores densidades dentro de la laguna se encuentran precisamente en las secciones mencionadas (Riosmena-Rodríguez, 2009), lo que aunado a la conducta de buceo de esta especie se facilita su acceso a estos recursos alimenticios (Nilsson, 1972; Shummer *et al.*, 2008).

En sus sitios de invernación está documentado que, de forma semejante al ganso de collar, la distribución del pato boludo está en función a la distribución de los

recursos alimenticios (Saunders & Saunders, 1981; Bergan & Smith, 1989; Adair *et al.*, 1996; Lindeman & Clark, 1999; Shummer *et al.*, 2008; Herring & Collazo, 2009;), comportamiento que coincide con lo observado en LSI.

Además como ya ha sido mencionado, en estas secciones abunda *Zostera marina*, recurso alimenticio que potencialmente puede ser utilizado por estas aves, cuando su principal recurso alimenticio es escaso (Perry & Deller, 1996; Herring & Collazo, 2009).

Otra probable razón de la preferencia de este pato por estas secciones es la protección que ofrece, pues al igual que el ganso de collar esta ave prefiere alimentarse y descansar en humedales protegidos (Nilsson, 1972).

Al parecer los patrones de distribución espacial del ganso de collar y el pato boludo en LSI están relacionado de forma directa con la distribución espacial de los recursos alimenticios que presenta cada sección (Saunders & Saunders, 1981), con la accesibilidad de éstos dentro de la laguna (Moore & Black, 2006), con las diferentes estrategias alimenticias que presentan las especies (Nilsson, 1972; Reed *et al.*, 1998) y con las características físicas del sitio en particular.

9. CONCLUSIONES

- La riqueza específica en LSI evidenció la condición migratoria de las especies presentes, mientras que la abundancia mostró que esta laguna es utilizada por los anátidos principalmente en otoño.

- La comunidad de anátidos en LSI, estuvo dominada por dos especies, el ganso de collar (*Branta bernicla nigricans*) y el pato boludo (*Aythya affinis*), las cuales representaron en conjunto el 95% del total de registros.

- Las variaciones observadas en la abundancia de la comunidad de anátidos se debieron a la conducta migratoria de las especies presentes.

- La preferencia de los anátidos y en particular del ganso de collar por LSI se debe a la protección natural que ésta ofrece, a su configuración topográfica, a la presencia de grandes praderas de pasto marino, a los bajos niveles de disturbio antropogenico y a la poca modificación de sus costas.

- LSI fue utilizada temporalmente de manera diferente por las especies más comunes en la zona, lo que depende de la estrategia migratoria de cada una.

- El ganso de collar utiliza LSI principalmente como un sitio de paso migratorio en otoño y en menor grado como un sitio de invernación. Esta laguna sigue albergando una fracción importante de su población.

- En general, los patos utilizan LSI como un sitio de invernación.

- La identificación de los sitios más importantes para los anátidos dentro de la laguna ha permitido proponer un plan de censos, que permiten estimar adecuadamente la abundancia total del sistema.

- La distribución espacial de los anátidos está estrechamente relacionada con la distribución espacial de los recursos alimenticios, la accesibilidad de éstos dentro de la laguna y la estrategia alimenticia de cada especie.

- Las secciones caracterizadas por presentar manglar, sustratos lodosos y presencia de pasto marino fueron profusamente utilizadas al principio de la temporada (noviembre-diciembre), dichas secciones sirvieron como un sitio de recuperación inmediatamente después del viaje migratorio, particularmente para el ganso de collar, especie que dictó el comportamiento de las abundancias en la zona.

10. SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

- Evaluar la cobertura de *Z. marina* a lo largo de una temporada y determinar el efecto del ramoneo de los anátidos y en particular del ganso de collar en dicha cobertura.
- Realizar estudios que relacionen los cambios en la comunidad de anátidos en función a diferentes variables como el nivel de marea, vientos y profundidad del agua.
- Evaluar cuantitativamente la cantidad de pasto marino presente en la columna de agua, así como su valor nutrimental y al mismo tiempo realizar estudios cuantitativos sobre las técnicas alimenticias empleadas por el ganso de collar durante las diferentes fases de la marea.
- Realizar trabajos que aborden los cambios en la densidad y cobertura de *Zostera marina* en los cuatro humedales relevantes para la invernación de esta especie, resultados que podrían ayudar a explicar el uso complementario que el ganso de collar hace de estos.
- Continuar con el plan de censos propuesto para con ello apreciar eventuales cambios en las abundancias de estas aves a mediano y largo plazo.

11. LITERATURA CITADA

- Adair, S. E., J. L. Moore & W. H. Kiel Jr. 1996. Wintering diving use of coastal ponds: an analysis of alternative hypotheses. *J. Wildlife Manage.* 60 (1): 83-93.
- American Ornithologists Union. 1998. *Check List of Northamerican Birds*. Allen Press. Lawrence, Kansas. 829 p.
- Anónimo. 2000. *Programa de manejo de Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, México*. INE-SEMARNAT. 242 p.
- Anónimo. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestre y acuática en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002. México, D.F. 85 p.
- Anónimo. 2002. *Pacific Flyway Management Plan for Pacific Brant*. Pacific Flyway Study Comm. (c/o USFWS, DMBM) Portland, OR. Unpubl. Rept., 40 p. +appendices.
- Anónimo. 2008. *Estrategia para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las aves acuáticas y su hábitat en México*. SEMARNAT. 92 p.
- Austin, J. E. & M. R. Miller. 1995. Northern Pintail (*Anas acuta*), The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the Birds of North America Online: <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/163>
- Austin, J. E., C. M. Custer & A. D. Afton. 1998. Lesser Scaup (*Aythya affinis*), The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the Birds of North America Online: <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/338>
- Bellrose, F. C. 1976. *Ducks, geese and swans of North America*. Stackpole Books, Harrisburg. P. A. 540 p.
- Bergan, J. F. & L. M. Smith. 1989. Differential habitat use by ducks wintering in South Carolina. *J. Wildlife Manage.* 53(4): 1117-1126.
- Bolduc, F. & D. Afton. 2008. Monitoring waterbird abundance in wetlands: The importance of controlling results for variation in water depth. *Ecol. Model.* 216 (3-4): 402-408.
- Burger, J., R. Trout., W. Wander & G. Ritter. 1983. Jamaica Bay studies: IV. abiotic factors affecting abundance of Brant and Canada geese on an east coast estuary. *Wilson Bull.* 95: 384-403.
- Cabello-Pasini, A. R., R. Muñiz-Salazar & D. Ward. 2003. Annual variations of biomass and photosynthesis in *Zostera marina* at its end of distribution in the North Pacific. *Aquat Bot.* 76: 31-47.
- Cabello-Pasini, A. R., R. Muñiz-Salazar & D. Ward. 2004. Caracterización bioquímica del pasto *Zostera marina* en el límite sur de su distribución en el Pacífico Norte. *Ciencias Marinas*. 30: 21-34.
- Carmona, R. & G. D. Danemann. 1998. Distribución espaciotemporal de aves en la Salina de Guerrero Negro, Baja California sur, México. *Ciencias Marinas*. 24(4): 398-408.
- Carmona, R., Gorgonio Ruiz-Campos & G. Brabata. 2004. Seasonal abundance of migrant shorebirds in Baja California Peninsula, Mexico, and California, USA. *Wader Study Group Bull.* 105: 65-70.

- Carrera, E. & G. de la Fuente. 2003. *Inventario y clasificación de humedales en México*. Parte I. Ducks Unlimited de México, A.C. Monterrey, Nuevo León. 239 p.
- Castillo-Guerrero, J. A. & R. Carmona. 2001. Distribución de aves acuáticas y rapaces en un embalse dulceacuícola artificial de Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.* 49 (3-4): 1131-1142.
- Conant, B. & J. King. 2005 *Winter waterfowl survey. México West coast and Baja California*. January 2005. U.S. Fish and Wildlife Service. 17 p.
- Conant, B. & J. King. 2006 *Winter waterfowl survey. México west coast and Baja California*. January 2006. U.S. Fish and Wildlife Service. 16 p.
- Contreras, F. 1985. *Las lagunas costeras mexicanas*. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México. 265 p.
- Crisci, J. V. & M. F. López. 1983. *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C. 89 p.
- Danemann, G. D. 1991. *Amplitud y sobreposición de nichos ecológicos de aves ictiófagas anidantes en la Isla Ballena, Laguna San Ignacio, B. C. S.* Tesis Licenciatura. UABCS. 92 p.
- Einarsen, A. S. 1965. *Black brant: sea goose of the Pacific coast*. Univ. Washington, Seattle. 142 p.
- Ganter, B. 2000. Seagrass (*Zostera spp.*) as food for brent geese (*Branta bernicla*): an overview. *Helgol. Mar. Res.* 54: 63-70.
- Guzmán, J., R. Carmona, E. Palacios & M. Bojórquez. 1994. Distribución temporal de aves acuáticas en el Estero San Jose del Cabo, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 20(1): 93-103.
- Herring, G. & J. A. Collazo. 2009. Site Characteristics and Prey Abundance at Foraging Sites Used by Lesser Scaup (*Aythya affinis*) Wintering in Florida. *Southeastern Nat.* 8(2): 363-374.
- Howell, S. N. G. & S. Webb. 1995. *A Guide to Birds of México and Northern Central America*. Oxford University Press. Oxford. 851 p.
- Howell, M. A., P. H. Geissler, & B. A. Harrington. 1989. Population trends of North American shorebirds based on the international shorebird survey. *Biol. Conserv.* 49: 185-199.
- Jiménez-Pérez L. C., H. de la Cueva, F. Molina-Peralta & A. Estrada-Ramírez. 2009. Avifauna del Estero de Punta Banda, Baja California, México. *Act. Zool. Mex.* 25(3): 589-608.
- Kasprzyk, M. J. & B. A. Harrington. 1989. *Manual de campo para el estudio de aves playeras*. CICESE-MBO. Ensenada, México. 134 p.
- Kathiresan K. & B. L. Bingham. 2001. Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. *Adv. Mar. Biol.* 40: 81-251.
- Kramer, G. W. 1976. *Winter ecology of black brant at San Quintin Bay. Baja California, México*. M.S. Thesis Humboldt State Univ. Arcata, CA. 78 p.
- Lesler D. Rake. 1978. Wetland diversity and waterfowl. American Water Resources association. 312-319 p.

- Lindeman, D. H. & R. G. Clark. 1999. Amphipods, land use impacts, and Lesser Scaup (*Aythya affinis*) distribution in Saskatchewan wetlands. *Wetlands*. 19: 627-638.
- López-Calderón J. & R. Riosmena-Rodríguez. 2010. Pastos marinos en Laguna San Ignacio, Baja California Sur: un ecosistema desatendido. CONABIO. *Biodiversitas*. 93: 7-10.
- López-Calderón, J., R. Riosmena-Rodríguez, J. M- Rodríguez-Baron, J. Carrión-Cortez, J. Torre, A. Melling-López, G. Hinojosa-Arango, G. Hernández-Carmona & J. García-Hernández. 2010. Outstanding appearance of *Ruppia marítima* along Baja California Sur, México and its influence in trophic networks. *Mar. Biodiv.* 40: 293-300.
- Mallek, E. & B. Conant. 2007. *Winter waterfowl survey. Mexico west coast and Baja California*. January 2007. U.S. Fish and Wildlife Service.
- Mallek, E. & J. Wortham. 2008. *Winter waterfowl survey Mexico West coast and Baja California*. January 2008. U.S. Fish and Wildlife Service. 18 p.
- Martínez-Cedillo, I. 2009. *Distribución y abundancia del Ganso de collar (Branta bernicla nigricans) en el complejo laguna Guerrero Negro-Ojo de Liebre-ESSA, México*. Tesis de Licenciatura. UABCS. 86p.
- Massey, W. B. & E. Palacios. 1994. Avifauna of the wetlands of Baja California, México: Current status. *Stud. Avian Biol.* 15: 45-57.
- Mather R. G., W. I. Montgomery & A. A. Portig. 1998. Exploitation of intertidal *Zostera* species by brent geese (*Branta bernicla hrota*): why dig for your dinner? *Biol. Environ.* 3: 147-152.
- Moore, J. E. & J. M. Black. 2006. Slave to the tides: spatiotemporal foraging dynamics of spring staging Black Brant. *Condor*. 108: 661-677.
- Moore J. E., M. A. Colwell, R. L. Mathis & J. M. Black. 2004. Staging of Pacific flyway brant in relation to eelgrass abundance and site isolation, with special consideration of Humboldt Bay, California. *Biol. Conserv.* 115: 475-486.
- Nagarajan, R. & K. Thiyagesan. 1996. Eaterbirds and substrate quality of the Pichavaranm wetlands, southern India. *Ibis*. 138: 710-721.
- National Geographic Society. 2007. *Field guide to the birds of North America*. 5^a. Edición. National Geographic Society. Washington, D. C. 503 p.
- Nilsson, L. 1972. Habitat selection, food choice, and feeding habits of diving ducks on Coastal Waters of South Sweden during the Non-breeding season. *Ornis Scand.* 3: 55-78.
- Page, G. W., L. E. Stenzel & C. M. Wolfe. 1979. Aspects of the occurrence of shorebirds on a Central California Estuary. 15-22 p. En: F.A. Pitelka (Eds.). Cooper Ornithological Society. *Studies in Avian Biology*. Allen Press. Lawrence Kansas, U.S.A.
- Perry, M. C. & A. S. Deller. 1996. Review of factors affecting distribution and abundance of waterfowl in shallow water habitats of Chesapeake Bay. *Estuaries*. 19(2A): 272-278.
- Pienkowski, W. 1991. Using long-term ornithological studies in setting targets for conservation in Britain. *Ibis*. 133: 62-75.

- Pro-Natura Noroeste. 2010. *Reporte Annual*. 31 p.
- Reed, A., D. H. Ward, D. V. Derksen & J. S. Sedinger. 1998. *Brant (Branta bernicla)*. En The Birds of North America, No. 337. A. Poole and F. Gill. (Eds.). The Birds of North America, Inc., Philadelphia, PA. 56 p.
- Riosmena-Rodríguez, R. 2009. Evaluación de hábitats críticos para la conservación de especies amenazadas en Laguna San Ignacio, B.C.S. Reporte técnico para el programa. Laguna San Ignacio Ecosystem Science Program.
- Ruiz-Campos, G. & Rodríguez-Meraz, M. 1997. Composición taxonómica y ecológica de la avifauna de los ríos El Mayor y Hardy, y áreas adyacentes, en el Valle de Mexicali, Baja California, México. *An. Inst. Biol.* 68(2): 291-315.
- Ruiz-Campos, G., E. Palacios, J. A. Castillo-Guerrero, S. González-Guzmán & E. H. Batche-González. 2005. Composición espacial y temporal de la avifauna de humedales pequeños costeros y hábitat adyacentes en el noroeste de Baja California, México. *Ciencias Marinas*. 31(3): 553-576.
- Rzedowsky, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, D.F. 432 p.
- Santamaría-Gallegos N. A. 1996. *Ciclo de crecimiento y fenología de la fanerógama Zostera marina L. en Punta Arena, Bahía Concepción, B.C.S., México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. 97 p.
- Saunders, G. B. & Saunders D. Ch. 1981. *Waterfowl and their Wintering Grounds in México, 1937-64*. Fish and Wildlife Service. U. S. Department of the Interior. Resource Publication 138: 1-151.
- Savard, J. P. L., D. Bordage & A. Reed. 1998. Surf Scoter (*Melanitta perspicillata*), The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the Birds of North America Online: <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/363>
- Sedinger, J. S., D. H. Ward, J. L. Schamber, W. I. Butler, W. D. Eldridge, B. Conant, J. F. Volzer, N. D. Chelgren & M. P. Herzog. 2006. Effects of El Niño on distribution and reproductive performance of Black Brant. *Ecology*. 87(1): 151-159.
- Shummer, M. L., S. A. Petrie & R. C. Bailey. 2008. Interaction between macroinvertebrate abundance and habitat use by diving ducks during winter on northeastern Lake Ontario. *J. Great Lake Res.* 34: 54-71.
- Sibley, D. A. 2000. *The Sibley Guide to Bird*. Alfred A. Knopf, New York. 544 p.
- Sibley, D. A. 2001. *The Sibley Guide to bird life and behavior*. Alfred A. Knopf, New York. 587 p.
- StatSoft. 2001. STATISTICA for Windows versión 6.0. StarSoft Inc. Tulsa, Oklahoma.
- Tussenbroek, B. I. 1995. *Thalassia testudinum* leaf dynamics in a Mexican Caribbean coral reef lagoon. *Mar Biol.* 122(1): 33-40.
- Villaseñor G. F. J. & C. E. Santana 2003. El monitoreo de poblaciones: herramienta necesaria para la conservación de aves en México. En: Gómez de Silva y Olivieras de Ita (Eds.). *Conservación de Aves, Experiencias en México*. CIPAMEX. México, 224-250 p.

- Ward, D. H. 1983. *The relationship of two seagrasses: Zostera marina and Ruppia maritima to the Black Brant, Branta bernicla nigricans, San Ignacio Lagoon, Baja California, Mexico*. Tesis de maestría. University of Oregon. 60 p.
- Ward, D. H., A. Morton, T. L. Tibbitts, D. C. Douglas & E. Carrera-González. 2003. Long-term in Eelgrass distribution at Bahía San Quintín, Baja California, México, using satellite imagery. *Estuaries*. 26(6): 1529-1539.
- Ward, D. H., Reed A., Seding J., Blacks J., Derksen D. & Castelli P. 2005. North American Brant: effects of changes in habitat and climate on population dynamic. *Global Change Biol.* 11: 869-880.
- Ward, D. H., C. P. Dau, T. L. Tibbitts, J. S. Seding, B. A. Anderson & J. E. Hines. 2009. Change in Abundance of Pacific Brant Wintering in Alaska: Evidence of a Climate Warming Effect? *Arctic*. 62(3): 541-555.
- Wilbur, S. R. 1987. *Birds of Baja California*. University of California, Berkeley. 253 p.
- Wilson, U. W. & J. B. Atkinson. 1995. Black brant winter and spring-staging use at two Washington coastal areas in relation to eelgrass abundance. *Condor*. 97: 91-98.
- Winant, C. D. & G. Gutiérrez De Velazco. 2003. Tidal dynamics and residual circulation in a well-mixed inverse estuary. *J. Phys. Oceanogr.* 33: 1365-1379.
- Zamora-Orozco, E. M., R. Carmona & G. Brabata. 2007. Distribución de aves acuáticas en las lagunas de oxidación de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México. *Rev. Biol. Trop.* 55(2): 617-626.
- Zarate-Ovando, B, E. Palacios, H. Reyes-Bonilla, E. Amador & G. Saad. 2006. Waterbirds of the Lagoon Complex Magdalena Bay-Almejas, Baja California Sur, México. *Waterbirds*. 29(3): 350-364.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 663 p.

12. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de las pruebas de independencia X^2 de las tendencias espaciales de las dos especies mejor representadas (*Branta bernicla nigricans* y *Aythya affinis*) por sección.

ABUNDANCIA			
Sección	BRBE	ANAC	Abun. por sección
Sección A	8135	649	8784
Sección B	1104	4	1108
Sección C	36831	11320	48151
Sección D	28727	6458	35185
Abun. por especie	74797	18431	93228

Abundancia porcentual			
Sección	BRBE	ANAC	Abun. por sección
A	92.61	7.39	100
B	99.64	0.36	100
C	76.49	23.51	100
D	81.65	18.35	100
Abun. por especie	350.39	49.61	400

Abundancia esperada		
Sección	BRBE	ANAC
A	87.60	12.40
B	87.60	12.40
C	87.60	12.40
D	87.60	12.40

X^2				
Sección	BRBE	ANAC	Sumatoria	Zona que aporó más para el rechazo
A	0.29	2.03	2.31	7.645776669
B	1.66	11.69	13.35	44.08797132
C	1.41	9.94	11.35	37.49920793
D	0.40	2.86	3.26	10.76704408
$X^2 =$			30.27	
g.l.=			3	
P =			< 0.01	

ABUNDANCIA			
Sección	BRBE	ANAC	Abun. por sección
A	8135	649	8784
C	36831	11320	48151
D	28727	6458	35185
Abun. por especie	73693	18427	92120

Abundancia porcentual			
Sección	BRBE	ANAC	Abun. por sección
A	92.61	7.39	100
C	76.49	23.51	100
D	81.65	18.35	100
Abun. por especie	250.75	49.25	300

Abundancia esperada		
Sección	BRBE	ANAC
A	83.58	16.42
C	83.58	16.42
D	83.58	16.42

X ²				
Sección	BRBE	ANAC	Sumatoria	Zona que apor to más para el rechazo
A	0.98	4.97	5.94	60.13
C	0.60	3.06	3.67	37.10
D	0.04	0.23	0.27	2.77
X ² = 9.88				
g.l.= 2				
P = <0.05				

ABUNDANCIA			
Sección	BRBE	ANAC	Abun. por sección
C	36831	11320	48151
D	28727	6458	35185
Abun. por especie	65558	17778	83336

Abundancia porcentual			
Sección	BRBE	ANAC	Abun. por sección
C	76.49	23.51	100
D	81.65	18.35	100
	158.14	41.86	200

Abundancia esperada		
Sección	BRBE	ANAC
C	79.07	20.93
D	79.07	20.93

X ²		
Sección	BRBE	ANAC
C	0.08	0.32
D	0.08	0.32
X ² = 0.80		
g.l.= 1		
P = > 0.10		

ABUNDANCIA			
Sección	BRBE	ANAC	Abun. por sección
A	8135	649	8784
B	1104	4	1108
	9239	653	9892

Abundancia porcentual			
Sección	BRBE	ANAC	Abun. por sección
A	92.61	7.39	100
B	99.64	0.36	100
	192.25	7.75	200

Abundancia esperada			
Sección	BRBE	ANAC	
A	96.13	3.87	
B	96.13	3.87	

χ^2			
Sección	BRBE	ANAC	
A	0.13	3.19	
B	0.13	3.19	

$$\chi^2 = 6.63$$

$$\text{g.l.} = 1$$

$$P = >0.10$$