



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**AVES ESTUARINAS DE LA COSTA DE JALISCO, MÉXICO:
ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD, REPRODUCCIÓN E
IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS AVES**



T E S I S

Que como requisito para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS
P R E S E N T A:

M. EN C. SALVADOR HERNÁNDEZ VÁZQUEZ

La Paz, Baja California Sur, Junio 2005



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 06 del mes Junio del año 2005, el (la) que suscribe SALVADOR HERNÁNDEZ VÁZQUEZ alumno(a) del Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS con número de registro B011264 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo al dirección de: DR. RICARDO RODRÍGUEZ ESTRELLA y cede los derechos del trabajo titulado: "AVES ESTUARINAS DE LA COSTA DE JALISCO, MÉXICO: ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD, REPRODUCCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES" 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: sahernan@costera.melaque.udg.mx

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

SALVADOR HERNÁNDEZ VÁZQUEZ

nombre y firma



CGPI-14

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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:30 horas del día 24 del mes de Mayo del 2005 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

**"AVES ESTUARINAS DE LA COSTA DE JALISCO, MÉXICO: ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD,
REPRODUCCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN
DE LAS AVES"**

Presentada por el alumno:

HERNÁNDEZ
Apellido paterno

VÁZQUEZ
materno

SALVADOR
nombre(s)

Con registro:

B	0	1	1	2	6	4
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

R = 1

DR. RICARDO RODRÍGUEZ ESTRELLA

PRESIDENTE

DR. DANIEL LLOCH BELDA

SECRETARIO

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA
Co-Director

SEGUNDO VOCAL

DR. BERNARDO SHIRASAGO GERMAN

TERCER VOCAL

DR. EDUARDO PALACIOS CASTRO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

cl

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION**

DEDICATORIAS

Quiero dedicar este trabajo a varias personas que forman parte importante en mi vida, y que han sido y son mi principal motivo para continuar superándome:

A la memoria de mi hija Cristina, mi hermano Jorge y mi padre Manuel. Siempre los llevo en mi corazón

A mi gran amiga y esposa Carmen, por apoyarme en todas mis metas y por estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos. Gracias Amor

A mis dos bodeques, Jonathan y Wendy, por recibirme siempre con un abrazo y una sonrisa

A mi madre Antonia y mis hermanos Genoveva, Ramón, Eustolia, Angélicas, Francisco, José y Alfredo. Gracias a todos por su apoyo incondicional en "TODO"



AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer patente mi más sincero agradecimiento y reconocimiento, a todas las instituciones y personas que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de tesis. Por lo cual quiero agradecer a:

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad "CONABIO" (Convenio Núm. FB425/L292/97), el Canadian Wildlife Service/Latin American Program, y el Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSUR), Universidad de Guadalajara, por financiar las diferentes fases del trabajo de campo.

A la Universidad de Guadalajara por apoyarme en mi formación académica, y por otorgarme una licencia con goce de sueldo (U. de G. - PROMEP) durante mis estudios de doctorado en el CICIMAR.

Al Departamento de Estudios Para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras, particularmente al M.C. Francisco de Asís Silva B., y M.C. Alfredo Ortega (exdirectores) por el apoyo logístico para realizar el trabajo de campo, así como por el apoyo brindado para realizar los estudios de doctorado.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) y al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por haberme aceptado en su programa de doctorado, así como por todas las facilidades que me brindaron para culminar satisfactoriamente mi programa de estudios.

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) por permitirme el acceso a sus instalaciones y laboratorios.

A la Federación Regional de Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera del Estado De Jalisco, F.C.L, y en particular a las S.C.P Pesquera "Cruz de Loreto", "Roca Negra" y "Xola-Paramán" particularmente a las cooperativas pesqueras Piedra Negra, Cruz de Loreto y Xola-Paramán, por el apoyo logístico requerido durante el trabajo de campo. Así como a la Sociedad de Servicios Ecoturísticos CIPACTLI, La Manzanilla, Mar y Selva. S.C. de R.L.

Al Manomont Birds Observatory, por el equipo y material donado que apoyó en el trabajo de campo.

Mi permanencia en La Paz no hubiera sido posible sin el apoyo económico proporcionado por el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (No. de registro, 90769), Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP, UDG-411) y Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI).

Al Dr. Ricardo Rodríguez Estrella por aceptar ser el director de la tesis y ser parte importante en el desarrollo y enfoque de la misma. Por facilitar el equipo requerido en la digitalización de las variables ambientales y los mapas de distribución. Así como por su constante asesoría en el manejo de los Modelos Lineales Generalizados y por responder a mis numerosas dudas.

Al Dr. Felipe Galván M. por fungir como codirector y asesor académico. Además por brindarme a mi y mi familia su amistad y apoyo desinteresado durante mi estancia en La Paz.

A los doctores Ricardo Rodríguez Estrella, Felipe Galván Magaña, Daniel Lluch Belda, Bernardo Shirasago Germán y Eduardo Palacios Castro por aceptar formar parte del comité de tesis y por brindar lo mejor de sus comentarios y observaciones.

A la Dra. Ma. Carmen Blázquez por fungir como responsable de la estancia de investigación realizada en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Quiero agradecer al Dr. Bernardo Shirasago Germán y Dr. Marcial Villalejo por incluirme en sus proyectos de investigación, los cuales me permitieron contar en el apoyo económico del PIFI.

Al Laboratorio de Ordenamiento Ecológico del CIBNOR, particularmente a I. Ahmed Cruz Leyva, Geólogo Gonzalo Arredondo, Geólogo Agustín Argueta Arriaga y al M.C. Manuel Lobato, quienes me asesoraron en el uso de los programas de computo, herramienta fundamental en la última parte del trabajo.

Y por supuesto, quiero agradecer a los biólogos Carmen Valadez, Braulio Durán, Rodrigo Esparza, Fernando Aceves por su apoyo en el trabajo de campo. Gracias por aguantar mis constantes exigencias.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	7
3. ÁREA DE ESTUDIO.....	8
3.1. Costa de Jalisco.....	8
3.2. Ubicación de los humedales.....	10
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	15
4.1. Conteo e identificación de aves.....	15
4.2. Grupos funcionales.....	16
4.3. Hábitats.....	18
4.4. Análisis de la comunidad.....	18
4.4.1. Procesamiento de datos.....	18
4.5. Aspectos reproductivos de las aves acuáticas.....	21
4.5.1. Identificación de las colonias de aves reproductivas.....	21
4.5.2. Sustratos de anidación y características del nido.....	21
4.5.3. Tamaño de la nidada.....	21
4.5.4. Cronología de puesta y eclosión.....	22
4.5.5. Amplitud y sobreposición del periodo y sustratos de anidación.....	22
4.5.6. Éxito reproductivo.....	23
4.6. Análisis espacial.....	25
4.6.1. Uso de hábitat.....	25
4.6.2. Modelos predictivos.....	25
4.6.2.1. Obtención de datos biológicos.....	25
4.6.2.2. Variables ambientales.....	25
4.6.2.3. Modelos Lineales Generalizados.....	29
4.6.2.4. Método de ajuste del modelo.....	30
4.6.2.5. Validación de los modelos.....	31

4.6.3. Mapas predictivos.....	31
5. RESULTADOS.....	32
5.1. Análisis de la comunidad.....	32
5.1.1. Composición de especies y abundancia.....	32
5.1.1.1. Análisis general.....	32
5.1.1.2. Análisis por humedal.....	34
5.1.2. Diversidad y Equidad.....	38
5.1.3. Análisis de similitud.....	38
5.1.3.1. Análisis general.....	38
5.1.3.2. Análisis por humedal.....	40
5.1.4. Patrones estacionales de la ocurrencia de aves acuáticas.....	42
5.1.4.1. Análisis general.....	42
5.1.4.2. Análisis por humedal.....	45
5.2. Aspectos reproductivos de las aves acuáticas.....	48
5.2.1. Especies reproductivas registradas.....	48
5.2.2. Sustratos de anidación y características del nido.....	49
5.2.3. Tamaño de la nidada.....	52
5.2.4. Cronología de puesta y eclosión.....	53
5.2.5. Amplitud y sobreposición de los sustratos de anidación y periodo reproductivo.....	59
5.2.5.1. Sustratos de anidación.....	59
5.2.5.2. Periodo de anidación.....	59
5.2.6. Éxito reproductivo.....	64
5.3. Análisis Espacial.....	65
5.3.1. Uso de hábitat.....	65
5.3.1.1. Análisis general.....	65
5.3.1.2. Análisis por grupo y humedal.....	66
5.3.2. Modelos predictivos.....	70
5.3.2.1. Análisis general.....	70
5.3.2.2. Análisis por grupo.....	71
5.3.3. Mapas probabilísticos.....	75
6. DISCUSIÓN.....	86
6.1. Análisis de la comunidad.....	86

6.1.1. Composición de especies y abundancia.....	86
6.1.2. Análisis de similitud entre los humedales.....	87
6.1.3. Patrones estacionales de la ocurrencia de aves acuáticas.....	89
6.2. Aspectos reproductivos de las aves acuáticas.....	90
6.2.1. Especies reproductivas registradas.....	90
6.2.2. Sustratos de anidación y características del nido.....	92
6.2.3. Tamaño de la nidada.....	94
6.2.4. Cronología de puesta y eclosión.....	95
6.2.5. Amplitud y sobreposición de nicho..	96
6.2.6. Éxito reproductivo.....	96
6.3. Análisis espacial.....	98
6.3.1. Uso de hábitat y modelos predictivos.....	98
6.3.2. Mapas probabilísticos.....	107
6.4. Recomendaciones para el manejo.....	108
6.4.1. Humedales e islas.....	108
6.4.2. Reserva Playón de Mismaloya.....	111
6.4.3. Costa de Jalisco.....	113
7. CONCLUSIONES.....	115
8. LITERATURA CITADA.....	119
9. APÉNDICES.....	134

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Fig. 1 Localización geográfica del área de estudio.....	9
Fig. 2 Familias representativas de cada uno de los grupos de aves acuáticas consideradas en el presente estudio (figuras realizadas por Rodrigo Esparza).....	17
Fig. 3 Banda 3 y banda 4 de las imágenes Landsat (2000) utilizadas para el cálculo del NDVI. La línea blanca delimita el área de estudio.....	28
Fig. 4 Relación entre el área de los humedales y el número total de especies (a) y de aves (b).....	34
Fig. 5 Relación entre el área de los humedales y el número de especies de cada grupo de aves. a) = marinas, b) = patos y afines y c) = playeras y d) = garzas y afines.....	36
Fig. 6 Relación entre el área de los humedales y el número de aves de cada grupo. a)= marinas, b)= patos y afines, c)= playeras, d)= garzas y afines.....	37
Fig. 7 Valores de diversidad (H') y de equidad (J) para cada uno de los grupos de aves observados en los humedales de la costa de Jalisco.....	39
Fig. 8 Análisis de agrupamiento (a) y multidimensional (MDS) (b) con base en las abundancias de todas las especies (incluyendo todos los grupos). AD= Agua Dulce, ERM= Ermitaño, CHO= El Chorro, XP= Xola-Paramán, MAJ= Majahuas, SJ= San Juan, CHA= Chalacatepec, MAN=La Manzanilla, TUL= El Tule, BN= Barra de Navidad.....	40
Fig. 9 Análisis de agrupamiento y multidimensional (MDS) basados en las abundancias de las especies de cada gremio. AD= Agua Dulce, ERM= Ermitaño, CHO= El Chorro, MAJ= Majahuas, SJ= San Juan, CHA= Chalacatepec, XP= Xola-Paramán, MAJ= Majahuas, TUL= El Tule, BN= Barra de Navidad.....	41
Fig. 10 Riqueza específica (a) y abundancia (b) mensual de aves en la costa de Jalisco.....	43
Fig. 11 Número total de aves de cada grupo y de las especies más representativas observadas en la costa de Jalisco. a)= marinas, b)= patos y afines, c)= playeras, d)= garzas y afines.....	44
Fig. 12 Riqueza específica mensual total y por grupo en los humedales costeros de Jalisco.....	46

Fig. 13	Abundancia mensual total y por grupo en los humedales costeros de Jalisco. La laguna de San Juan no fue incluida por presentar abundancias relativamente bajas.....	47
Fig. 14	Número total de aves del gremio de patos y afines y de las especies más abundantes observadas en cada humedal.....	48
Fig. 15	Características del nido de algunas especies de aves. a)= <i>Sula leucogaster nesiotes</i> , b)= <i>Himantopus mexicanus</i> , c)= <i>Rynchops niger</i> , d)= <i>Butorides virescens</i> , e)= <i>Pelecanus occidentalis</i> , f)= <i>Eudocimus albus</i> , g)= <i>Tachybaptus dominicus</i>	51
Fig. 16	Tamaño de nidada para aquellas especies anidantes más numerosas a)= <i>Himantopus mexicanus</i> , b)= <i>Pelecanus occidentalis</i> , c)= <i>Sula leucogaster nesiotes</i> , d)= <i>Larus heermanni</i> , e)= <i>Butorides virescens</i> , f)= <i>Cochlearius cochlearius</i> , g)= <i>Ardea alba</i> , h)= <i>Eudocimus Albus</i> y h)= <i>Sula nebouxii</i>	52
Fig. 17	Cronología de puesta y eclosión de <i>Sula leucogaster nesiotes</i> en las islas Pajarera (a) y Cocina (b).....	53
Fig. 18	Cronología de puesta y eclosión de <i>Larus heermanni</i> en las islas Pajarera (a) y Cocina (b).....	54
Fig. 19	Cronología de puesta y eclosión de <i>Eudocimus albus</i> observada en la isla Pajarera.....	54
Fig. 20	Cronología de puesta y eclosión de <i>Sula nebouxii</i> en la isla Cocina.....	55
Fig. 21	Cronología de puesta y eclosión de <i>Butorides virescens</i> en La Manzanilla.....	56
Fig. 22	Cronología de puesta y eclosión de <i>Cochlearius cochlearius</i> en La Manzanilla.....	56
Fig. 23	Amplitud en los sustratos de anidación de las nueve especies que anidaron en la isla Pajarera (categorías del recurso=8).....	60
Fig. 24	Amplitud en los sustratos de anidación de las cuatro especies que anidaron en la isla Cocina (categorías del recurso n=6).....	61
Fig. 25	Amplitud del periodo de anidación de las nueve especies de aves que anidaron conjuntamente en la isla Pajarera (categorías del recurso n=21).....	62
Fig. 26	Amplitud del periodo reproductivo de las cuatro especies de aves que anidaron conjuntamente en la isla Cocina (categorías del recurso n=21).....	63
Fig. 27	Éxito reproductivo de <i>Sula leucogaster nesiotes</i> en las islas Pajarera (a)(N=255) y Cocina (b)(N=438).....	64

Fig. 28	Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats para cada uno de los grupos de aves.....	66
Fig. 29	Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats por parte de las aves marinas.....	67
Fig. 30	Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats para los patos y afines (San Juan no fue incluido por tener abundancias relativamente bajas).....	68
Fig. 31	Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats para las aves playeras (San Juan no fue incluido por tener abundancias relativamente bajas).....	69
Fig. 32	Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats para las garzas y afines.....	69
Fig. 33	Distribución espacial del número total de especies (incluyendo todos los grupos).....	76
Fig. 34	Distribución espacial del número total de aves (incluyendo todos los grupos).....	77
Fig. 35	Distribución espacial del número de especies del grupo de aves marina.....	78
Fig. 36	Distribución espacial del número de aves del grupo de aves marinas.....	79
Fig. 37	Distribución espacial del número de especies del grupo de patos y afines.....	80
Fig. 38	Distribución espacial del número de aves del grupo de patos y afines.....	81
Fig. 39	Distribución espacial del número de especies del grupo de playeras.....	82
Fig. 40	Distribución espacial del número de aves del grupo de playeras.....	83
Fig. 41	Distribución espacial del número de especies del grupo de garzas y afines....	84
Fig. 42	Distribución espacial del número de aves del grupo de garzas y afines.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1	Descripción de las variables consideradas en el presente estudio..... 26
Tabla 2	Número de especies (a) y de aves (abundancia acumulada) (b) para cada uno de los grupos observados en los humedales de la costa de Jalisco. Las islas Cocina y Pajarera no son incluidas en esta tabla..... 35

Tabla 3	Número de parejas reproductivas registradas en nueve de los 12 sitios monitoreados en la costa de Jalisco.....	50
Tabla 4	Registro del número de nidos (N), huevos (H) y pollos (P) de algunas especies de aves anidantes en las islas Cocina, Pajarera y en la laguna El Tule.....	57
Tabla 5	Número mensual de nidos, huevos y pollos de las especies que fueron observadas anidando en los humedales (excepto El Tule) y que presentaron un menor número de parejas reproductivas.....	58
Tabla 6	Sobreposición en los sustratos de anidación entre pares de especies que anidaron conjuntamente en la isla Pajarera. Sustratos considerados; suelo rocoso, árboles de selva baja (>200 cm), suelo areno-arcilloso, suelo areno-arcilloso con pasto, cactus (<1.5 m), cactus (>1.5 m), arbustos (<1.5 m) y playa rocosa (cantos rodados).....	60
Tabla 7	Sobreposición en los sustratos de anidación entre pares de especies que anidaron conjuntamente en la isla Cocina. Sustratos considerados; suelo rocoso, árboles de selva baja (>200 cm) suelo areno-arcillosos (sin vegetación y sin grava), suelo areno-arcillosos con pasto.....	61
Tabla 8	Sobreposición en el periodo de anidación entre pares de especies de aves que anidaron conjuntamente en la isla Pajarera.....	62
Tabla 9	Sobreposición en el periodo de anidación entre pares de especies de aves que anidaron conjuntamente en la isla Cocina.....	63
Tabla 10	Diversidad (H') de hábitats usados para alimentarse y descansar, y resultados de la prueba t de Hutcheson con un nivel $\alpha = 0.05$. S= significativo, NS= no significativo.....	65
Tabla 11	Modelo final del número total de especies (incluyendo todos los grupos).....	70
Tabla 12	Modelo final del número total de aves (incluyendo todos los grupos).....	70
Tabla 13	Modelo final del número de especies de aves marinas.....	71
Tabla 14	Modelo final del número de aves marinas.....	72
Tabla 15	Modelo final del número de especies de patos y afines.....	72
Tabla 16	Modelo final del número de aves de patos y afines.....	73
Tabla 17	Modelo final del número de especies de aves playeras.....	73
Tabla 18	Modelo final del número de aves playeras.....	74
Tabla 19	Modelo final del número de especies de patos y afines.....	74

Tabla 20	Modelo final del número de aves de garzas y afines.....	75
----------	---	----

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Página
Apéndice 1 Listado de especies por grupo y su abundancia acumulada en cada uno de los humedales. AD=Agua Dulce, ERM=Ermitaño, CHO=Chorro, MAJ=Majahuas, SJ=San Juan, X-P=Xola-Paramán, CHA=Chalacatepec, MAN=Manzanilla, TUL=Tule, BN=Barra de Navidad, COC=Cocina, PAJ=Pajarera. VI=visitante de invierno, MT=migratorio transitorio, VNR=visitante no reproductivo, RE=residente, VR=visitante reproductivo. Pr= sujeta a protección especial, A= amenazada y P= en peligro de extinción.....	135
Apéndice 2 Especies que contribuyeron en un 90% de la similitud de los grupos identificados en el análisis de Bray Curtis y el MDS. Las especies se enlistan de acuerdo a su aportación en el porcentaje de similitud. $\bar{x}$ = abundancia promedio, $\% \delta_i$ = porcentaje de similitud, $\Sigma \% \delta_i$ = similitud acumulada.....	140
Apéndice 3 Especies que contribuyeron en un 90% de la disimilitud entre los grupos identificados en el análisis de Bray Curtis y el MDS. Las especies se enlistan de acuerdo a su aportación en el porcentaje de disimilitud ($\% \delta_i$). $\bar{x}$ = abundancia promedio, $\Sigma \% \delta_i$ = disimilitud acumulada. Las garzas y afines no se incluyen en este apéndice por que sólo presentaron un grupo.....	144
Apéndice 4 Características de los nidos y de los sustratos de anidación de las aves acuáticas anidantes en la costa de Jalisco.....	147
Apéndice 5. Diversidad de hábitats usados para alimentarse y descansar por cada uno de los grupos de aves.....	148

RESUMEN

La finalidad de este trabajo es presentar un análisis de la comunidad, éxito reproductivo y distribución espacial de las aves acuáticas de la costa de Jalisco. La información de campo fue obtenida de noviembre de 1998 a octubre de 1999 (análisis de comunidad), y de abril de 1999 a febrero de 2000 (éxito reproductivo). Se registraron 107 especies (362,518 observaciones); 28 marinas (40,652 observaciones), 28 patos y afines (279,358 observaciones), 28 playeras (25,807 observaciones), 17 garzas y afines (15,245 observaciones) y seis especies dentro del grupo de “otros” (1,456 observaciones). El dendograma basado en el promedio total de la abundancia de las especies distinguió dos grupos. El primer grupo incluyó a los humedales de menor tamaño, mientras el segundo correspondió a los humedales de mayor tamaño. Los resultados del análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS) fueron similares a los obtenidos en el dendograma. Las mayores abundancias en el número de especies y número de aves se registraron durante el invierno debido a la llegada de un mayor número de aves migratorias, principalmente de patos y afines. Se registraron 22 especies de aves acuáticas reproductivas en la costa de Jalisco, siendo *Sula leucogaster nesiotes* (2,800 parejas), *Eudocimus albus* (250 parejas), *Pelecanus occidentalis* (152 parejas) y *Ardea alba* (135 parejas) las que presentaron el mayor número de parejas reproductivas. *Dendrocygna autumnalis* tuvo el mayor número de huevos por nido (18.43 ± 1.99), seguida por *Himantopus mexicanus* (3.58 ± 0.51), las demás especies tuvieron de uno a tres huevos por nido. El periodo reproductivo de todas las especies se ubicó entre abril y noviembre, siendo *Sula leucogaster nesiotes* la que presentó el periodo reproductivo más amplio, extendiéndose de abril a noviembre. La mayor abundancia de huevos y pollos de estas especies se observaron en junio y septiembre, respectivamente. El éxito del pollo fue similar entre los dos sitios donde anidó *Sula leucogaster nesiotes* ($Z = -0.163$, $P > 0.05$). Sin embargo, hubo diferencias para los otros valores (viabilidad: $Z = 2.015$, $P < 0.05$, fertilidad $Z = 5.050$, $P < 0.05$ y éxito de eclosión $Z = 5.577$, $P > 0.05$). Todos los grupos, excepto las playeras, presentaron diferencias significativas entre la diversidad de hábitats usados para alimentarse y descansar, siendo mayor en esta última actividad (t , $P < 0.05$). El espejo de agua fue el hábitat preferido para alimentarse; para las aves marinas y patos y afines fueron las áreas más profundas, mientras que para las playeras y garzas y similares fueron las áreas más someras. Las mayores abundancias de aves playeras y garzas y afines fueron observadas en áreas influenciadas por las mareas, mientras que los patos y afines prefirieron áreas con salinidades bajas. Los hábitats más usados para descansar fueron diferentes entre los grupos. Sin embargo, la mayoría se caracterizaron por ser áreas rodeadas por grandes dunas o vegetación (manglares). Con base en los modelos lineales generalizados (GLM's por sus siglas en inglés) se observó que para todos los grupos de aves, excepto garzas y afines, fueron relacionadas positivamente con la distancia a localidades (asentamientos humanos) y con la presencia de sustratos blandos (sustratos lodoso y arenoso). Las garzas y afines se relacionaron positivamente con el NDVI y negativamente con la distancia a la boca del humedal. Estas variables indicaron que los sitios más importantes para las aves acuáticas fueron la laguna Agua Dulce, estero El Ermitaño y la laguna Xola-Paramán, siendo estos los humedales de mayor tamaño de la costa de Jalisco.

Palabras clave: Aves acuáticas, comunidades, reproducción, uso de hábitat, análisis espacial, Modelos Lineales Generalizados, Jalisco, México.

ABSTRACT

This study presents an analysis of community, breeding success and spatial distribution of water birds along the coast of Jalisco, Mexico. Monthly surveys of water birds were conducted from November 1998 to October 1999 (community) and from April 1999 to February 2000 (breeding success). I recorded 107 species (362,518 observations); 28 seabirds (40,652 observations), 28 ducks related species (279,358 observations), 28 shorebirds (25,807 observations), 17 herons related species (15 245 observations), and six species in the group “others” (1,456 observations). Cluster analysis based on the total mean abundance of species distinguished two main groups. The first group included small wetlands, and the second group included large wetlands. The results of the MDS analysis supported those obtained by the cluster analysis. The maximum monthly abundance of number of species and number of birds were observed during the winter. The high abundance of species and birds were in part due to an influx of migratory species and individuals, mainly ducks and related species. I recorded 22 species of breeding waterbirds along the Jalisco's coast. *Sula leucogaster nesiotus* (2,800 pairs), *Eudocimus albus* (250 pairs), *Pelecanus occidentalis* (152 pairs) and *Ardea alba* (135 pairs) were the species with most breeding pairs. *Dendrocygna autumnalis* had most eggs per nest (18.43 ± 1.99), followed by *Himantopus mexicanus* (3.58 ± 0.51). The rest of the species had between one and three eggs per nest. The breeding periods of all species were from April to November. *Sula leucogaster nesiotus* had the largest breeding period, extending from April to November, and the maximum number of eggs and chicken were observed in June and September, respectively. The chicken success was similar between the two sites where *Sula leucogaster nesiotus* nested (Cocina and Pajarera islands $Z = -0.163$, $P > 0.05$). However, there were differences in the other values between sites (viability: $Z = 2.015$, $P < 0.05$, fertility: $Z = 5.050$, $P < 0.05$, hatching: $Z = 5.577$, $P < 0.05$). All groups, except shorebirds, used different feeding and resting habitats (t , $P < 0.05$). Seabirds and ducks and related species preferred deep waters, whereas the shorebirds and herons and related species preferred shallow waters (mudflats and sandflats). The higher abundance of the shorebirds and herons were observed in tides influenced areas, and ducks and related species preferred low salinity areas. All species were observed mainly resting in protected areas like dunes and vegetation (mangroves). To record waterbirds, 34 points (distributed in ten wetlands) count surveys were used to determine the special distribution of four groups of waterbirds. The number of species and numbers of birds data for each group and 13 environmental variables at each sampling point were fitted to generalized linear models (GLM's) to obtain distribution models and describe their distribution throughout the Jalisco coast. The GLM's indicated that the most important environmental variables for all groups, except herons, were the distance of towns, and presence of muddy and sandy substratum, showing a consistent and marked positive effect. Herons was positively associated with the NDVI, and was negatively by distance of the wetlands mouth. These variables identified three important sites to waterbirds, where the probability of finding these groups of waterbirds was very high. These areas are Agua Dulce lagoon, El Ermitaño estuary and Xola-Paramán lagoon. This work shows that valuable knowledge can be obtained from fragmentary and dispersed data, in order to describe general patterns of distribution, abundance and habitat preferred by birds.

Palabras clave: waterbirds, community, breeding, habitat use, spatial analysis, Generalized Linear Models, Jalisco, Mexico.

1. INTRODUCCIÓN

La zona costera es una franja que bordea los continentes, constituyendo la interfase entre tierra y agua (Inman y Brush 1973). Estas áreas son extremadamente importantes tanto por los recursos económicos y comunidades ecológicas que contienen como por ser áreas de gran concentración de actividades humanas. Se estima que un 50% de la población mundial vive en la zona costera (3% de la superficie de la tierra), y se ha detectado que la tendencia a habitar la zona costera va en aumento, prediciendo que para el 2030 el 70% de la población mundial vivirá en la costa (Monaghan 1992). Es aquí donde probablemente más que en ningún otro lugar que los componentes principales del ecosistema y las actividades humanas entran en serio conflicto con el mantenimiento de la calidad medioambiental y de la permanencia de los servicios ambientales (Monaghan 1992, Salazar-Vallejo y González 1993). Además de la inmensa y significativa economía derivada de las áreas costeras, poseen también un gran valor ecológico y estético, debido a que contienen los ecosistemas más productivos y diversos biológicamente que sirven de hábitat vital para muchas especies de importancia comercial y en vías de extinción. Un ejemplo de estos sistemas lo representan los humedales costeros, los cuales son considerados como los ecosistemas más productivos del mundo (Mitsch y Gosselink 1993, Frazier 1999) .

México tiene una zona costera muy extensa, siendo de 11,208 km (27% en el Golfo y 73% en el Pacífico). A lo largo de estas costas hay 1'479,800 ha que corresponden a superficies estuarinas o humedales costeros (INEGI 1997). Estos humedales sirven a una gran cantidad de especies de flora y fauna silvestre. No obstante el valor intrínseco de estos ecosistemas, la conservación en México de estos hábitats ha sido iniciada recientemente y a pesar de que no se ha experimentado la magnitud de la pérdida de hábitat que ha sucedido en otros países como los Estados Unidos, los esfuerzos de conservación se vuelven cada día más importantes y estratégicos para garantizar la conservación de la biodiversidad de nuestro país (CCA 1999, Carrera y de la Fuente 2003).

Un grupo de especies que utilizan permanentemente estos ecosistemas, son las aves acuáticas migratorias y residentes. Estas especies de aves representan un recurso natural de gran valor humano y ecológico que necesita ser protegido a través de un manejo adecuado. Las aves acuáticas son un recurso natural que puede generar ingresos económicos importantes para una zona o región. Por ejemplo, la observación de aves

(birdwatching) representa derrames económicos del orden de millones de dólares anuales en los Estados Unidos y Canadá (CCA 1999, James *et al.* 2002). En México, el ecoturismo (a menudo relacionado con la observación de aves) se está convirtiendo en una alternativa económica ambiental favorable. Para los habitantes locales, la conservación de la avifauna empieza a ser una opción viable frente a otras actividades económicas como son la tala de árboles y la agricultura de subsistencia, que dan como resultado la deforestación y la destrucción de los hábitats de vida silvestre (CCA 1999). Además de esta importancia de uso no conflictivo, las aves acuáticas son utilizadas como indicadores de la calidad ambiental y de la salud del ecosistema (Furness y Greenwood 1993, Furness *et al.* 1993, Faanes y Lingle 1995, Monaghan 1992, Montevecchi y Myers 1996, Velando y Freire 1999a, James *et al.* 2002).

Un gran número de especies de aves acuáticas son migratorias; algunas recorren grandes distancias (Myers *et al.* 1987, Berthold 2001). Durante su migración las aves acuáticas tienen requerimientos específicos de hábitat que las limitan a relativamente pocos lugares de alta productividad, como son los humedales (Helmers 1992). Es en estos humedales donde cubren sus diferentes necesidades a lo largo de un ciclo anual, como es descansar, alimentarse y anidar. Para las especies migratorias estos hábitats son importantes como sitios de parada o escala durante sus vuelos al norte o al sur (Howes y Bakewell 1989), donde descansan, se alimentan y almacenan energía en forma de grasa, que usarán para su vuelo hasta la siguiente parada. Las condiciones ambientales y los recursos alimenticios encontrados en estos sitios son fundamentales para su sobrevivencia (Myers *et al.* 1987, Berthold 2001). Su permanencia en muchas partes del mundo se encuentra amenazada por las presiones en los cambios del uso de la tierra y por los conflictos supuestos de su efecto en las pesquerías (James *et al.* 2002), por lo que el aumento de la población humana es correlacionado fuertemente con el declive de las especies (Soulé 1991). Estas presiones afectan a todas las especies, pero especialmente a aquellas cuyos rangos de distribución son restringidos, o aquellas que se encuentran bajo alguna categoría de protección (amenazadas, raras) (Arizmendi y Márquez-Valdelamar 2000).

Los hábitats críticos para las aves definidos como sitios importantes de los que las aves dependen para reproducirse, alimentarse y descansar, están en riesgo, debido principalmente a la pérdida y fragmentación del hábitat. La mayoría de las actividades que ponen en riesgo a este hábitat crítico están relacionadas con actividades de origen

antropogénico, tales como la contaminación, la modificación de patrones hidrológicos, la modificación para su explotación, o como resultado de su drenaje para destinarlo a otros usos (Rappole *et al.* 1993, James *et al.* 2002, Carrera y de la Fuente 2003).

Las amenazas que tienen las aves acuáticas y sus hábitats ha motivado a instancias gubernamentales y no gubernamentales a buscar mecanismos para su conservación (ejemplo, El Plan de Manejo de las Aves Acuáticas Migratorias de América del Norte “NAWMP por sus siglas en ingles”, la Convención de RAMSAR). La mayoría de estos esfuerzos se han enfocado a grandes humedales. Sin embargo, no han considerado la importancia que pueden tener los humedales pequeños para las aves migratorias y residentes. La disparidad entre las extensas áreas de reproducción e invernación y los humedales más pequeños usados durante la migración conduce a una mayor concentración de aves en áreas más pequeñas durante un tiempo determinado (Myers 1983), donde utilizan al máximo el alimento disponible para almacenar energía para continuar su vuelo (Clark *et al.* 1993). El interés por conservar los extensos humedales en lugar de los pequeños se ha basado en la premisa de que es mejor proteger áreas continuas que áreas pequeñas y fragmentadas. Esta premisa se basa en la teoría de McArthur y Wilson (1967), en la cual se ha sugerido que la maximación del área garantiza mayor riqueza de especies. Sin embargo, en el caso de los humedales más pequeños pueden ser relevantes como sitios de parada para las aves acuáticas durante su migración.

Este es el caso de los humedales costeros de Jalisco, los cuales se caracterizan por ser áreas pequeñas, pero con una alta heterogeneidad ambiental, conteniendo una alta diversidad de hábitats. En la actualidad hay un escaso conocimiento de las aves en la costa de Jalisco, lo cual no ha permitido determinar la importancia que tienen los humedales de esta región para las aves acuáticas. Es necesario analizar esta importancia ya que dichos humedales enfrentan distintas amenazas y un deterioro ecológico que pudiera afectar a muchas especies. Este deterioro se da por la explotación directa del área, debido al crecimiento de la población humana, todo lo cual afecta las áreas utilizadas por las aves acuáticas (Hernández-Vázquez 1996).

Lo primero y más importante para proteger a los humedales y las especies de aves es el recopilar información sobre ellos (James *et al.* 2002), las especies que se reproducen (Amat *et al.* 1985, Nur *et al.* 1999, James *et al.* 2002), el número de especies, uso de hábitat y la

relación área-especie (Maffe y Carroll 1997). La relación área-especie es considerada como un punto relevante debido a las implicaciones que puede tener para el manejo (Hobbs 1998, Alonso *et al.* 2002, Gaston y Matter 2002, Gutiérrez 2002). El uso que las especies dan al paisaje puede o no corresponder con unidades particulares del paisaje desde una perspectiva antropogénica. Por ejemplo, se podría dedicar una gran cantidad de recursos para proteger una reserva donde se encuentra una especie con prioridades de conservación. Sin embargo, estos esfuerzos serían infructuosos si se trata de una especie que realiza grandes desplazamientos fuera de los límites de la reserva durante los cuales realiza otro tipo de actividades en sitios que no tienen un régimen de protección. Bajo esta perspectiva, lo que se estaría protegiendo sería únicamente una porción de una población de mayor tamaño (Gutiérrez 2002).

El conocimiento del área en la cual una especie ocurre es fundamental para la implementación de estrategias adecuadas de conservación (Gaston 1994, Mace 1994, Seoane *et al.* 2004)). Cuando los estudios o inventarios se realizan en distintos hábitats o en zonas extensas suelen ser costosos y tienen problemas logísticos debido a que no se tiene el suficiente tiempo, a que no hay dinero suficiente o muchos sitios son poco accesibles, por lo que resulta difícil conocer o determinar la distribución correcta de una especie dentro de un área en particular (Nicholls 1989, Seoane *et al.* 2004). Por ello, la forma más simple de priorización o jerarquización de áreas para la conservación ha consistido en identificar las áreas más ricas en cuanto al número total de especies o bien a los grupos con la mayor vulnerabilidad a la extinción (Ceballos y Márquez-Valdelamar 2000).

Los recientes avances en la tecnología de la computación y técnicas de análisis han permitido realizar análisis complejos de series de datos (Mason y Brandt 1999). Las herramientas tecnológicas tienen una amplia aplicación en el campo de la ecología y en la actualidad hay un gran número de herramientas y técnicas que han sido mencionadas en la literatura para los análisis espaciales y que han permitido construir mapas describiendo cuantitativamente las tendencias en variables que cambian sobre el espacio y tiempo (Maurer 1996, Lertzman y Fall 1998, Rodríguez-Estrella y Bojórquez-Tapia 2004).

Una de estas herramientas son los modelos ecológicos, los cuales junto con los Sistemas de Información Geográficas (SIG) y cartografía digital, se pueden obtener predicciones

potenciales sobre la probabilidad de ocurrencia de individuos o especies en un área determinada (Guisan y Zimmerman 2000, Peterson 2001, Scott *et al.* 2002, Seoane *et al.* 2004). Estas predicciones pueden estar basadas en variables abióticas y bióticas que se piensa *a priori* pueden condicionar la distribución y abundancia de las aves en un hábitat determinado. De esta manera se pueden predecir y categorizar hábitats adecuados o inadecuados para las especies en función de la abundancia y presencia de éstas dentro del ámbito de variación ambiental en que se distribuyen (Rodríguez-Estrella 1997, Gibson *et al.* 2004). Teniendo estas predicciones de ocurrencia de las especies, se pueden realizar análisis de la relevancia de hábitat y zonas dentro de una región de manera sistemática y repetible. De esta forma la priorización de hábitats relevantes para la conservación de especies a escalas regionales tiende a ser más objetiva (Gibson *et al.* 2004).

La costa de Jalisco cuenta con 350 km de litoral, en la cual se incluyen 100 km² de lagunas costeras y sistemas estuarinos. En cuanto a su avifauna costera hay poco conocimiento en la región. Entre los pocos trabajos publicados en Jalisco hay algunos que se han enfocado únicamente a listados taxonómicos (ver Schaldach 1969, Gaviño de la torre 1978, Arizmendi *et al.* 1990). Otros hacen una descripción de la avifauna en lugares específicos, como Bahía Banderas (Cupul-Magaña 2000a y 2000b), La Manzanilla (Hernández-Vázquez 2000), estero El Chorro y Majahuas (Hernández-Vázquez y Mellink 2001). Hay otros trabajos que hacen un análisis más completo de la comunidad de aves y de como algunos factores abióticos, tales como el nivel del agua, mareas, condición de la boca-barra (abierta o cerrada) y el fenómeno El Niño influyen en la composición, distribución y uso del hábitat (Hernández-Vázquez 2000, Hernández-Vázquez y Mellink 2001, Hernández-Vázquez *et al.* 2002).

En cuanto a los estudios relacionados con la biología reproductiva de las aves, existe un menor número de publicaciones, y algunos de ellos datan de más de 30 años; tal es el caso de Sánchez-Hernández y Pérez-Jiménez (1972) y Gaviño de la Torre (1975), quienes hicieron observaciones de la colonia reproductiva del bobo café *Sula leucogaster nesiotus* en las islas de Chamela. Estos estudios fueron basados en sólo tres o cuatro observaciones de campo por lo que las comparaciones con datos actuales debe tomarse con reserva. Más recientemente García y Ceballos (1995) realizaron un estudio de la biología reproductiva de *Sterna antillarum* en Cuitzmala, Jalisco. Hernández-Vázquez y Fernández-Aceves (1999) evaluaron la biología reproductiva de la garcita verde (*Butorides virescens*) y de la garza cucharón (*Cochlearius cochlearius*) en el estero La Manzanilla, Jalisco. En estos dos últimos

estudios abordan aspectos del éxito reproductivo (viabilidad, fertilidad, eclosión y éxito del pollo), tamaño de la nidada, cronología de puesta y eclosión de estas especies de aves.

La escasa información existente en la costa de Jalisco no ha permitido hacer una evaluación del estado actual de los humedales y de las aves que puedan servir como base para el diseño de planes de manejo acorde a la región o para resaltar la importancia de los humedales relevantes que permitan hacer una adecuada priorización de su importancia. Por lo que de forma general el propósito de este trabajo es proporcionar una base de información de las aves acuáticas, que además de servir como punto de comparación en trabajos futuros, ayudará a que se puedan proponer acciones concretas para la conservación y aprovechamiento de las especies de aves acuáticas y los hábitats que usan. Tener información sobre la biología reproductiva de las especies ayuda a tomar mejores decisiones para la conservación de las aves, ya que éstas han sido usadas como indicadoras de cambios en la calidad del hábitat (Furnes y Greenwood 1993, Furness *et al.* 1993, Faanes y Lingle 1995, Monaghan 1992, Montevecchi y Myers 1996, Velando y Freire 1999a) debido a su alta sensibilidad a cambios ambientales en el clima y en la abundancia de sus presas (Veit *et al.* 1996, Ainley *et al.* 1996, Montevecchi y Myers 1996) y por actividades antropogénicas (Cornelius *et al.* 2001, Rodgers y Schwikert 2001). El monitoreo de las aves acuáticas en la costa de Jalisco podría utilizarse como indicador de la calidad del hábitat de los humedales, de tal forma que se podrían ofrecer medidas de mitigación y control que ayudarán a la conservación de las aves acuáticas y de los humedales de la costa de Jalisco. De la misma forma con los resultados generados en el presente trabajo ayudarán a responder algunas preguntas fundamentales, tales como si el tamaño de los humedales es importante para mantener la riqueza, diversidad y abundancia de las aves acuáticas en la costa de Jalisco, y si las áreas pequeñas de humedales son relevantes para la conservación de las aves acuáticas.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar la estructura de la comunidad y éxito reproductivo de las aves acuáticas, así como sus patrones de distribución de la riqueza y abundancia con el fin de identificar los humedales de mayor importancia para la conservación de las aves acuáticas de la costa de Jalisco.

Objetivos particulares

- a. Identificar las especies de aves acuáticas de la costa de Jalisco y analizar la estructura de la comunidad con base en índices ecológicos.
- b. Determinar la distribución temporal de las aves acuáticas en la costa de Jalisco.
- c. Identificar a las especies de aves acuáticas que se reproducen en la costa de Jalisco y describir los sitios de anidación y características del nido.
- d. Determinar el número de huevos de las especies de aves acuáticas que se reproducen en la costa de Jalisco.
- e. Describir los aspectos cronológicos de puesta y eclosión de las especies reproductivas.
- f. Determinar la amplitud y sobreposición de los sustratos de anidación y del periodo reproductivo en los sitios donde se registró el mayor número de especies y parejas reproductiva.
- g. Determinar el éxito reproductivo; viabilidad, fertilidad, éxito de eclosión y el éxito del pollo, de la especie con el mayor número de parejas reproductivas.
- h. Identificar el uso de hábitat de los grupos de aves acuáticas de la costa de Jalisco.
- i. Evaluar los patrones de abundancia y riqueza de cada grupo de aves y su relación con variables ambientales y de origen antropogénico en la costa de Jalisco.
- j. Elaborar mapas predictivos de la distribución espacial de los grupos de aves acuáticas de la costa de Jalisco.

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Costa de Jalisco

Los 350 km de línea de costa de Jalisco se ubican entre las coordenadas 19° 13' 05" y 20° 43' 33" de latitud N y entre 104°39' 03" y 105°40' 11" de longitud W. El área de estudio comprendió desde la laguna Barra de Navidad localizada al sureste, hasta el estero El Salado localizado al noroeste (Fig. 1).

La región pertenece a la provincia fisiográfica conocida como Planicie Costera Suroccidental (Casas-Andreu 1982, Ceballos y Miranda 1986). Comprende desde el nivel del mar hasta los 500 msnm. El relieve está dominado por lomeríos con algunas planicies costeras en los alrededores de las desembocaduras de los ríos principales. A lo largo de la costa existen acantilados y pequeñas playas de arena en sucesión con bahías y caletas de considerable tamaño (Ceballos y Miranda 1986). El clima es tropical y pertenece a los denominados como cálidos-húmedos. Se caracteriza por una temperatura media anual de 25°C y una marcada estacionalidad: la de lluvias, de julio a octubre, y la de secas, de noviembre a junio. La precipitación promedio anual varía de 748 a 1000 mm (Bullock 1986).

Existe un número considerable de arroyos que sólo acarrearán aguas superficiales en la época de lluvias o durante los ciclones. Sin embargo, los ríos más importantes debido a su tamaño y caudal son el Marabasco o Cihuatlán, Purificación, Cuixmala, San Nicolás, Tomatlán y Mascota (Casas-Andreu 1982).

La costa de Jalisco presenta una gran heterogeneidad ambiental que incluye hábitats acuáticos y terrestres, con una gran variedad de comunidades vegetales, como selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia, vegetación riparia, manglar, matorral xerófilo, y palmar. En algunos sitios de la costa de Jalisco, existen áreas desmontadas con fines agrícolas y ganaderos. Las zonas desmontadas se utilizan para el cultivo de maíz, frutas como mango, plátano, melón, sandía, papaya y chile o para el establecimiento de palmas de cocos (*Cocos nucifera*) (García y Ceballos 1994). Esta variedad de comunidades vegetales mantiene una fauna muy diversa; 82 especies de mamíferos (Ceballos y Miranda 1986 y 1994), 270 especies de aves (Arizmendi *et al.* 1990) y 85 especies de reptiles y anfibios (Casas-Andreu 1982).

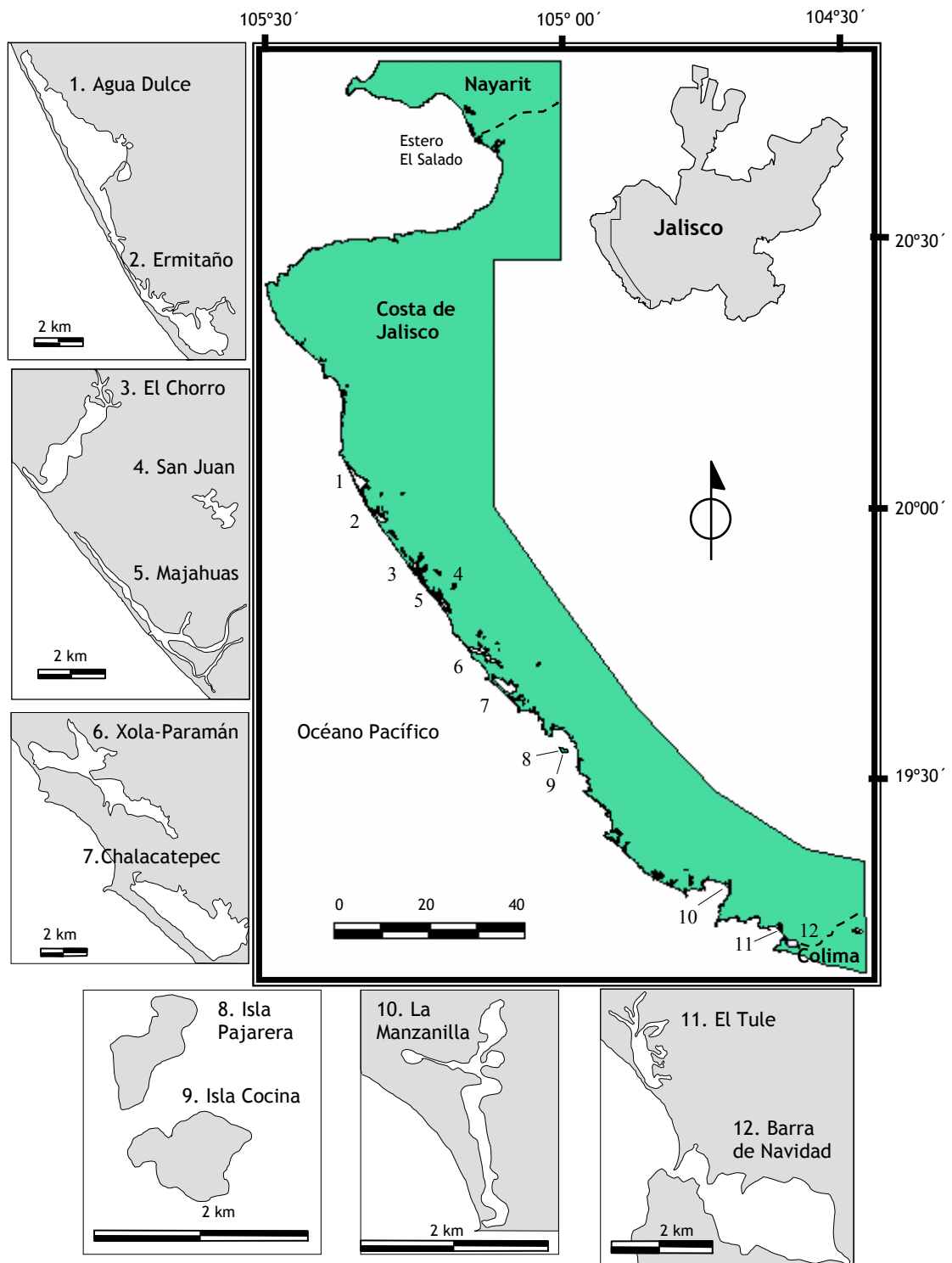


Fig. 1. Localización geográfica del área de estudio

3.2. Ubicación de los humedales

En el presente estudio se trató de abarcar en lo posible toda la costa de Jalisco, por lo cual se consideraron los humedales más representativos en cuanto a su tamaño (considerado únicamente el espejo de agua) y el mayor número de aves (basado en un recorrido previo). Además de los humedales, se monitorearon otros sitios como las islas Cocina y Pajarera, donde se han observado altas concentraciones de aves reproductivas. El trabajo se realizó desde la laguna Barra de Navidad ubicada en la parte sureste de la costa y el cual es el límite entre Jalisco y Colima, hasta la laguna Agua Dulce ubicada en la parte suroeste de la costa (Fig. 1).

La mayoría de los esteros y lagunas monitoreados tienen dos periodos bien definidos el periodo de barra abierta y el de barra cerrada (El Ermitaño, El Chorro, Majahuas, La Manzanilla, El Tule y Barra de Navidad). Durante el periodo de barra abierta hay una influencia de las mareas en el ecosistema estuarino, dándose una mezcla de agua continental y marina; en este periodo, el nivel del agua es más bajo. El periodo de barra cerrada, se caracteriza por que no hay contacto con el mar, permitiendo que el agua sea más dulce; en este periodo hay un marcado aumento del volumen de agua debido a que no drena hacia el mar (Hernández-Vázquez 1999).

La laguna de Agua Dulce

Se ubica en la playa Mismaloya, a 4 km del poblado Portezuelos. La laguna tiene una extensión de 833 hectáreas, con una orientación de noroeste-sureste, con el eje principal paralelo a la línea de costa. Su profundidad promedio es de 3 m. La comunicación con el mar se encuentra al noroeste y depende de la apertura casi siempre artificial de la boca de conexión y esporádicamente provocada por la precipitación pluvial (Oceguera 1980, Landa-Jaime 1991). Su principal aporte de agua es el estero El Ermitaño ya que se encuentra separado de este por unas compuertas artificiales. En la laguna hay vegetación como vidrillo (*Batis maritima*), botoncillo (*Conocarpus erectus*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) alrededor del cuerpo de agua, y principalmente al sureste y en el extremo noroeste alcanza una altura de hasta 2 m, colinda con pastos inducidos, también existe la presencia de tule (*Thypha* sp), huizaches (*Acacia* sp), mezquites (*Prosopis* sp) y nopal (*Opuntia* sp).

Estero El Ermitaño

Se encuentra en la playa Mismaloya, tiene una extensión de 350 hectáreas. Se ubica a 6 km al oeste del poblado Cruz de Loreto, y se comunica al noroeste con la laguna Agua Dulce. Es de forma irregular pero su eje longitudinal se encuentra en posición perpendicular a la barra de arena que limita su comunicación con el océano. La profundidad promedio varió de 0.8 a 3 m en la época de secas y de lluvias respectivamente (Oceguera 1980). Sus aportes de agua más importantes son el río María García y de los canales de irrigación provenientes de la presa Cajón de Peña. La orilla más próxima a la porción continental de esta franja costera se encuentra circundada por pequeños manchones de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), tule (*Thypha* sp.) y carrizo (*Phragmites australis*), además de vegetación de selva baja caducifolia.

Estero El Chorro

Con una extensión de 198 hectáreas, se encuentra en la playa La Gloria a 30 km al sureste del estero El Ermitaño, a 5 km al noroeste del poblado La Gloria. Sus principales aportes de agua son los arroyos La Tigra y Cabeza de Otate. El cuerpo está separado del mar por una barrera natural de arena de 50 m de ancho y de 2.5 m de altura sobre el nivel medio del mar. El oleaje, las lluvias y principalmente los pescadores ocasionan periódicamente la ruptura de dicha barrera, esto ocasiona su drenado casi total al mar. Sus dunas hasta de 7 m de altura están delimitadas por formaciones arbustivas. Alrededor del cuerpo de agua se encuentran el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*). En menor cantidad *Phyllanthus* sp., cadillo (*Cenchrus brownii*) y pastos como *Jouvea straminea*. En la parte este del estero hay selva baja caducifolia, la mayoría de cuyas plantas pierden las hojas y dispersan sus semillas en la época de secas. Esto provoca cambios micro climáticos, ya que la humedad relativa es mínima, el suelo se seca y las temperaturas son altas (Hernández-Vázquez y Mellink 2001).

Estero Majahuas

Con una extensión de 129 hectárea (incluyendo los canales) se ubica en la playa Majahuas a 7 km al sureste del estero El Chorro. Hacia los lados del estero se extienden dos largos canales y paralelos a la costa, los cuales se separan del mar por una barrera natural arenosa de aproximadamente 50 m de ancho (en su parte cercana a la boca) y de 2.5 m de altura sobre el nivel medio del mar. El aporte de agua es principalmente por el río Tomatlán, y durante la mayor parte del año se encuentra en contacto con el mar

(Hernández-Vázquez 1996). En el estero Majahuas dominan las áreas de manglar; en los canales del noroeste domina el mangle blanco (*L. racemosa*), con pequeños manchones de Majahua (*Hibiscus pernambucensis*), al sureste del estuario predomina la Majahua (*H. pernambucensis*), acompañada de *Sarcostemma clausum*, hay manchones de vegetación secundaria característica de los ambientes acuáticos con salinidades bajas, como lirio acuático (*Eichhormia crassipes*), flor de reina (*Crinum erubescens*), y carrizo (*Phragmites australis*), además de la palmera de coco (*Cocos nucifera*). En los canales del noroeste del estero predomina el mangle blanco con pequeños manchones de majahua y de selva baja caducifolia, mientras que en las dunas predomina *Ipomea pes-caprea* (Hernández-Vázquez y Mellink 2001).

Laguna San Juan

La laguna tiene una superficie de 48 hectáreas, se localiza aproximadamente a 4 km al suroeste de la población conocida como El Poblado o bien Valle de Majahuas, y aproximadamente 10 km del estero Majahuas, la mayor parte de ella se encuentra circundada por selva baja y dentro del cuerpo de agua se encuentra habitada por el tule (*Thypha* sp) que cubre gran parte del cuerpo de agua. Su salinidad es nula durante todo el año, manteniendo un nivel de agua constante. Sus principales aportes de agua son arroyos temporales que se forman durante el temporal de lluvias.

La marisma o laguna Chalacatepec

Se encuentra en la playa conocida como Chalacatepec. Tiene una superficie de 808 hectáreas, se extiende perpendicular a la línea de costa, entre punta Chalacatepec y punta Quémaro, se localiza aproximadamente a 6 km al sur del estero Xola-Paramán y a 15 km al este del poblado “José María Morelos”. En su porción sur colinda con la desembocadura del río San Nicolás, que es su principal aporte de agua. La profundidad varía, en tiempo de recarga algunas partes llegan a tener hasta 4 m, pero la mayor parte de la laguna es somera. Se encuentra separada del mar por una barra natural de arena que en la parte más angosta mide de 30 a 50 m. La vegetación predominante es el mangle blanco (*L. racemosa*) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), los cuales se encuentran distribuidos aproximadamente en un 70% del espejo de agua.

Laguna Xola-Paramán

Este cuerpo de agua se encuentra en la playa Chalacatepec; tiene una extensión de 622 hectáreas, se encuentra aproximadamente a 15 km del poblado José María Morelos y a unos 7 km al norte de la laguna de Chalacatepec. La laguna se encuentra rodeada por selva baja, por pequeños manchones de manglar y algunos pastos. La mayor parte de la laguna es somera, alcanzando profundidades máximas de 2 m durante la temporada de secas cuando el nivel del agua desciende drásticamente, al grado de su casi total desecación, ya que no recibe aportes de agua durante la estación de secas. Esta disminución en el nivel del agua causa que la salinidad llegue a superar las 100 ppm.

Estero La Manzanilla

El estero La Manzanilla se localiza a un costado del poblado La Manzanilla, en el Municipio La Huerta. Básicamente el estero es un canal de aproximadamente tres kilómetros de largo, cubriendo una superficie de 48 hectáreas. Durante la temporada de secas es muy somero y con un alto grado de eutroficación debido a que no tiene un aporte de agua dulce permanente y por la gran cantidad de materia orgánica acumulada por los manglares. El estero se encuentra rodeado por grandes extensiones de manglar. En su parte más próxima a la playa predomina el mangle blanco *Laguncularia racemosa* y en menor cantidad el botoncillo *Conocarpus erectus*. En su parte más interna se encuentra, además de los anteriores, manchones de mangle rojo *Rhizophora mangle*. En la playa hay palma de coco (Hernández-Vázquez 2000).

Laguna El Tule

Esta laguna tiene una superficie de 54 hectáreas, que se ubican entre los poblados Barra de Navidad y Melaque en el municipio de Cihuatlán, en la costa sur del estado de Jalisco. Al noroeste colinda con el poblado de Villa Obregón y al sur con el poblado Barra de Navidad. La laguna es un humedal que posee una superficie aproximada de 167 hectáreas y con una profundidad promedio de 5 m. En su parte más próxima a la playa se abre una barra artificial temporal que comunica a la laguna con el Océano Pacífico. Se encuentra rodeada por una gran variedad de vegetación acuática, como algunas especies del género *Typha* (tule), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Phragmites communis* (carrizo). Gran parte de la laguna se encuentra invadida por *Eichornia crassipes* (lirio acuático) y por *Pistia stratiotes* (lechuguilla de agua).

Laguna Barra de Navidad

Se encuentra al sur de la costa de Jalisco, en su límite con el estado de Colima. La laguna tiene una superficie de 370 hectáreas, la cual se encuentra rodeada por asentamientos humanos; en su parte más próxima al mar se encuentra el poblado Barra de Navidad y por el lado de Colima se encuentra un desarrollo turístico conocido como Isla Navidad, y un pequeño embarcadero para lanchas y yates. En su parte más interna hay manchones de mangle blanco y mangle rojo, y selva baja caducifolia. El aporte de agua dulce es a través del río Cihuatlán. Su comunicación con el mar es permanente y se lleva a través de una boca-barra que es dragada constantemente para facilitar la entrada de lanchas y yates.

Isla Pajarera

Se encuentra a cinco kilómetros al oeste de la playa Chamela y a dos kilómetros al noreste de la isla Cocina. La isla carece de playas y está formada principalmente por grandes acantilados lo que hacen difícil su acceso. En los extremos noroeste y sureste hay manchones de selva baja caducifolia, además de *Pachycereus pecten-aboriginum* (órgano) que alcanza alturas entre 4 a 5 m. El resto de la isla se caracteriza por estar cubierta por pequeña vegetación y pastos.

Isla Cocina

Cocina es una pequeña isla que se encuentra a tres kilómetros al oeste de la playa Chamela. La ladera oriente de la isla está ocupada principalmente por *Amphipterygium* sp. (Cuachalalate), y en menor proporción por *Pachycereus pecten-aboriginum* (órgano) el cual alcanza alturas entre 8-10 m. En esta parte de la isla y durante el mes de octubre es característica la yerba *Elytraria* sp que forma un manto en el piso. En la cima de la ladera poniente las especies están achaparradas, probablemente por los efectos del viento. En la parte más cercana a los nidos de las aves se encuentran arbustos de *Bursera excelsa* var. *favonialis*, *Manibot colimensis* y *Capparis indica* (Sánchez-Hernández y Pérez-Jiménez 1972).

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Conteo e identificación de aves

El trabajo de campo se realizó mensualmente de noviembre de 1998 a octubre de 1999 en diez humedales y dos islas de la costa de Jalisco: Agua Dulce, Ermitaño, El Chorro, Majahuas, San Juan, Xola-Paramán, Chalacatepec, La Manzanilla, El Tule, Barra de Navidad, y las islas Cocina y Pajarera (ver Fig. 1). Considerando que el traslado de un humedal a otro requiere tiempo y de que la marea baja dura poco tiempo fue necesario censar un humedal por día, por lo que se requirieron cada mes de diez días para censar los diez humedales. En cada humedal se realizaron censos simultáneos en el espejo de agua (dos personas) y en la playa contigua al humedal (una persona); en el espejo de agua se realizaron recorridos en un bote pequeño de tres metros de eslora con un motor fuera de borda de 6.5 caballos de fuerza, y a una velocidad de 10 km/h. Para los censos en la playa contigua al humedal se usó una cuatrimoto Honda-250. Los recorridos tanto en el espejo de agua como en la playa se realizaron a una distancia de 100 m del sitio donde se observaron las aves. En recorridos previos se observó que a esta distancia no se causaba disturbios en las actividades de las aves. Los censos se iniciaron por las mañanas y cada censo requirió entre tres a cuatro horas, dependiendo del tamaño del humedal.

La estimación del número de aves consistió en contarlas directamente. En los casos en que el número de aves fue grande se hizo una estimación del número, la cual consistió en contar el número de aves observado en el lente del telescopio o binoculares y extrapolarlo en toda el área donde estaban presentes las aves (Howes y Backewell 1989). Para minimizar el grado de error en las estimaciones de aves entre los participantes, previamente se realizaron pruebas entre ellos, para lo cual se usaron fotografías aéreas de aves acuáticas; cada participante realizó una estimación del número de aves presentes en la fotografía y fue comparado con los demás. Esto fue repetido varias veces hasta que las estimaciones en el número de aves fueran muy similares entre los tres participantes. Las aves se identificaron de forma visual con la ayuda de binoculares 10x50 y un telescopio 15-60x y con base en las guías de campo de Peterson y Chalif (1989), National Geographic Society (1987) y Howell y Webb (1995). El nombre científico y el orden del listado de las especies se realizó con base en la lista de aves de la American Ornithologist Union A.O.U. (2001, actualización). La nomenclatura del nombre común se basó en Escalante *et al.* (1997).

4.2. Grupos funcionales

Considerando que las aves acuáticas tienen diferentes requerimientos alimenticios lo que influye en su distribución espacial y en el uso del hábitat, las aves fueron agrupadas en cuatro grupos funcionales. Esta separación fue con base en las preferencias de hábitat, hábitos alimentarios y características morfológicas de las aves. Para esto se tomó como base a Faabora (1988) y Ysebaert *et al.* (2000).

Aves Marinas. Este grupo formado principalmente por aves cuya estrategia de alimentación consiste en buscar a sus presas al vuelo o desde una percha elevada y capturarlas introduciendo su pico, parte de sus cuerpos o bien introduciéndose totalmente en el cuerpo de agua. Los grupos más representativos de este grupo son Pelecanidae, Laridae, Fregatidae y Sulidae (Fig. 2a).

Patos y afines. Las especies de este grupo se pueden identificar por su conducta de alimentación que se lleva a cabo tanto en el nivel del espejo de agua como dentro de la columna de agua. Cuando se alimentan normalmente utilizan ambientes con aguas someras. Entre las principales familias de este grupo se incluyen especies de las familias Anatidae, Rallidae y Podicipididae (Fig. 2b).

Aves Playeras. Las especies de este grupo de aves se alimentan en áreas húmedas con sedimentos blandos o en aguas muy someras. Su estrategia de alimentación consiste en buscar a sus presas (principalmente pequeños invertebrados acuáticos) sondeando dentro del sedimento con el pico o bien tomándolas directamente de la superficie o dentro de las partes más someras de los cuerpos de agua (Paulson 1993). En este grupo se incluyeron a las familias Charadriidae, Recurvirostridae, Scolopacidae y Haematopodidae (Fig. 2c).

Garzas y afines. Este grupo está formado por aves grandes caracterizadas por poseer patas largas. Su alimentación es variada e incluye desde invertebrados hasta peces. El alimento de origen acuático lo obtienen en aguas someras o en vegetación emergente. Estas aves se alimentan vadeando en aguas someras y capturando sus presas ya sea al acecho o buscándolas de forma más activa. Dentro de este grupo se incluyen a las familias Ardeidae, Threskiornithidae y Ciconiidae (Fig. 2d).



Fig. 2. Familias representativas de los grupos de aves acuáticas considerados en el presente estudio (figuras realizadas por Rodrigo Esparza)

4.3. Hábitats

Los hábitats considerados en el presente estudio fueron a. el espejo de agua; b. planicies arenosas; c. planicies lodosas; d. vegetación acuática “no manglar” y e. manglar. También se consideraron otros hábitats circundantes por estar muy asociados con los humedales (playa y mar). Para la clasificación de los hábitats se usó como base a Escofet *et al.* (1988) y Allen *et al.* (2000). Las planicies se dividieron con base en la naturaleza del sedimento; la planicie lodosa se caracterizó por presentar sustratos arcillosos; la planicie arenosa por la presencia de grano más grueso, y la playa por un grano de arena más fino. Debido a que algunas aves se registraron en vuelo no se les pudo asignar un hábitat determinado (excepto aquellas que buscaban su alimento al vuelo) por lo que no fueron consideradas en los análisis.

4.4. Análisis de la comunidad

4.4.1. Procesamiento de datos

Para el análisis de la comunidad, los datos biológicos fueron analizados en dos escalas: por humedal y en su conjunto, es decir, incluyendo los diez humedales censados de la costa de Jalisco.

Debido a que los datos no tenían una distribución normal y que eran discretos se utilizó un análisis de X^2 de rangos de Friedman (1937), con el fin de encontrar diferencias en el número de especies y el número de aves (abundancia y riqueza) entre los humedales. La prueba de Friedman es un análisis no paramétrico que puede ser empleado en datos que no tienen una distribución normal y en los que no hay homocedasticidad (Zar 1974).

Abundancia relativa. La abundancia relativa es un índice que se utilizó para identificar las especies más importantes de cada grupo basado en su abundancia numérica. Este índice tiene la siguiente expresión:

$$\% N_i = \frac{N_i}{N_t}$$

donde N_i es el número de aves de la especie i , N_t es el número total de aves en la zona.

Diversidad. Para determinar este parámetro, se utilizó el índice de Shannon-Wiener (H') (Shannon-Wiener 1963). Este índice es ampliamente utilizado en estudios ecológicos, lo que permite comparar resultados con estudios realizados en diferentes lugares. El índice se usó

para conocer la diversidad de aves de cada grupo en un mismo humedal. Este índice combina el número de especies y la distribución de la abundancia (Zar 1974, Magurran 1988), y se puede representar por medio de la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^k (p_i)(\log^{-2})(p_i)$$

donde H' es el índice de diversidad de Shannon, k es el número de especies y p_i es la proporción de aparición de la especie i en la muestra.

Las diferencias en los valores de diversidad fueron obtenidas con la prueba de Welch, complementada con la prueba “t” de Hutcheson (1970), la cual se representa a través de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(Var.H'_1 + Var.H'_2)^{\frac{1}{2}}}$$

donde H'_1 es la diversidad de la muestra 1 y $Var. H'_1$ es la varianza. La varianza de cada H' puede ser calculada con la siguiente ecuación:

$$Var.H' = \frac{\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N} + \frac{S-1}{2N^2}$$

se puede utilizar cualquier base de logaritmo, en este caso se utilizó el logaritmo base 10.

La equidad o equitatividad. Este índice se refiere a la distribución de la abundancia entre las especies y se obtiene de la relación entre la diversidad observada (H') y la diversidad máxima (H'_{max}), y se puede representar por medio de la siguiente fórmula (Pielou 1976):

$$E = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

donde E es la equitatividad, H' es el índice de Shannon y Wiener, H_{max} es el máximo valor de H' y S es el número de especies. La equidad nos permite conocer la forma en que están distribuidas las aves entre las especies (Pielou 1976). Este índice tiene valores de cero a uno; valores cercanos a uno representan una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes; mientras que los próximos a cero expresan alta dominancia sólo de algunas especies.

Análisis de similitud. En el análisis de similitud se emplearon los datos de las abundancias de las especies de cada grupo de aves (datos cuantitativos), transformando las abundancias

absolutas a abundancias relativas. Esta estandarización es muy común al trabajar con datos de abundancias numéricas de especies, en los casos en que el esfuerzo de muestreo no es comparable. Como medida de afinidad se usó el índice de similitud porcentual de Bray-Curtis (Ludwing y Reynolds 1988), dado que es un índice que refleja las afinidades y consecuentemente los grupos de los sitios ya que no se encuentra influenciado por las dobles ausencias (Bray-Curtis 1957). Este índice fue calculado a través de la siguiente función:

$$S_{ij} = \frac{\sum_k \min(Y_{ki}, X_{kj})}{\sum_k (Y_{ki} + Y_{kj})}$$

donde Y_{ki} y Y_{kj} son igual a las abundancias de la especie k en las muestras i y j . Para cualquier par de unidades de muestreo (sitios), su similitud es completa, cuando el porcentaje de similitud (PS) es igual a 100%, mientras que la distancia complemento es el porcentaje de disimilitud (PD) calculado como PD=100-PS.

El análisis de escalamiento multidimensional (MDS, por sus siglas en inglés) es un análisis multivariado no métrico que permite representar en el espacio las similitudes entre objetos tal y como si se tratara de un mapa, reflejando la semejanza entre humedales. Si los humedales son similares aparecerían como dos puntos cercanos en el espacio, mientras que si son contrarios se mostrarían como puntos distantes en la presentación espacial. El grado de correspondencia entre las distancias, entre los puntos obtenidos por el mapa MDS es medido por una función de stress. Entre más cercano a cero mejor es la representación (Schiffman *et al.* 1981, Young 1985)

Tanto el índice de Bray-Curtis como el MDS fueron empleados para indicar el grado de similitud y disimilitud en la composición de las especies de aves acuáticas entre los humedales de forma general (todos los grupos) y por grupo. Para este análisis se eliminaron las especies raras por presentar abundancias muy bajas. Para el análisis de similitud, MDS y las especies responsables de la similitud como de la disimilitud entre los grupos se usó el programa PRIMER versión 5, desarrollado por el Plymouth Marine Laboratory.

4.5. Aspectos reproductivos de las aves acuáticas

4.5.1. Identificación de las colonias de aves reproductivas

Los 10 humedales mencionados anteriormente y las islas Pajarera y Cocina (previamente identificadas como sitios donde anidan muchas especies de aves acuáticas) fueron monitoreados en dos periodos diferentes; Durante 1999 (Agua Dulce, Ermitaño, El Chorro, Majahuas, San Juan, Xola-Paramán, Chalacatepec y La Manzanilla) y 2000 (Pajarera, Cocina, El Tule y Barra de Navidad). A partir del momento en que se detectó el primer nido con huevo las visitas fueron realizadas cada ocho o diez días en las colonias más abundantes, mientras que en las menos abundantes las visitas fueron mensuales. Las visitas se hicieron por las mañanas con el fin de no perturbar las colonias en las horas de mayor calor. El tamaño de la población de cada una de las especies reproductoras se estimó por conteo directo. Para aquellas colonias ubicadas en lugares poco accesibles (acantilados y vegetación muy densa) el conteo se realizó desde un punto estratégico y con la ayuda de binoculares 10x50 y un telescopio 60x.

4.5.2. Sustratos de anidación y características del nido

Se realizaron observaciones con relación al sustrato donde estuvo construido el nido (arena, rocas, arbustos, árboles, acantilados) y del material de construcción del mismo (ramas, pastos, plumas, conchas). Se midió la altura de los nidos con respecto al nivel del suelo o nivel del agua, en caso de que este ubicado en vegetación acuática. Las mediciones se hicieron con una cinta métrica (± 0.5 cm).

4.5.3. Tamaño de la nidada

Para determinar el tamaño de la nidada de cada especie estudiada se contó el número total de huevos por nido. Para las especies poco abundantes el conteo se realizó en toda la colonia, mientras que para las especies más abundantes como *Sula leucogaster nesiotus* se seleccionó un cuadrado de 50x60 m en cada uno de los sitios donde anidó (Cocina y Pajarera) y en cada uno se registró el número total de huevos por nido. Con el fin de llevar un control y evitar que un mismo nido o huevo fuera contado doblemente, cada nido y huevo fueron marcado con un número (de acuerdo a su aparición). Las diferencias en el tamaño de la nidada para una misma especie que anidó en dos sitios diferentes se usó la prueba paramétrica de medias de t de Student. Para *Butorides virescens* que anidó en cuatro sitios diferentes se usó un ANOVA de una vía para la comparación de más de dos medias. En todos los casos se usó $\alpha=0.05$.

4.5.4. Cronología de puesta y eclosión

Durante las visitas semanales realizadas a cada colonia se contó el número total de nidos, de huevos y pollos para cada especie. Esta información fue graficada para cada especie con el fin de determinar las fechas de máxima abundancia de nidos, huevos y pollos.

4.5.5. Amplitud y sobreposición del periodo reproductivo y sustratos de anidación

La amplitud y sobreposición fueron evaluadas en aquellos sitios donde se observó el mayor número de especies anidando conjuntamente. Schoener (1974) menciona que las dimensiones espaciales, temporales y tróficas son las más usadas para el análisis de sobreposición de nichos de especies que coexisten en un sólo sitio. En el presente trabajo sólo se analizó en la dimensión temporal (periodo de anidación) y espacial (sustrato de anidación utilizado), debido a que no se contó con datos de la composición alimentaria de las aves. La forma en la que se obtuvo la información para estas dos dimensiones ya fue descrita anteriormente (ver sustratos de anidación y cronología de puesta y eclosión).

Para el cálculo de la amplitud del nicho (B) de cada especie se utilizó el índice de Levin (Levin 1968), el cual propone que la amplitud puede ser estimada a partir de la uniformidad en la distribución de los individuos entre los diversos recursos presentes (Levin 1968). Este índice fue estandarizado con el fin de que pueda ser comparable con otros estudios similares. El índice estandarizado de Levin se obtiene a través de las siguientes ecuaciones:

$$B = \frac{1}{\sum_{i=1}^n p_i^2} \qquad Ba = \frac{B-1}{n-1}$$

donde B es la medida de Levin y Ba es la medida de levin estandarizada; p_i es la proporción de utilización de cada categoría del recurso (sustrato de anidación y periodo reproductivo) y n es el número total de las categorías del recurso. Este índice tiene un rango de 0 a 1 y precisa cuantitativamente si los organismos son generalistas (cuando los valores de Ba son cercanos a uno), es decir, que utilizan todos los recursos sin ninguna selección, o si son especialistas (cuando los valores de Ba son cercanos a cero), es decir, que utilizan un número bajo de recursos y presenta una preferencia por cierto tipo de recursos (Krebs 1989, Davis y Smith 2001).

La sobreposición es comúnmente usada en tipos de alimento consumidos, ocupación de microhábitats o tiempo de actividad. Las mediciones de sobreposición son usadas para medir el grado en que dos especies pueden compartir una parte igual del ambiente (Lawlor 1980). La sobreposición en el espacio y tiempo entre cada par de especies fue obtenida a través del índice de similitud proporcional de Schoener (1968 en Davis y Smith 2001), el cual se representa con la siguiente formula:

$$O_{xy} = 1 - 0.05 \left(\sum_{i=1}^n |P_{xi} - P_{yi}| \right)$$

donde P_{xi} es la proporción de utilización de la categoría del recurso i por parte de la especie “x” ($P_{xi}=xi/X$), y P_{yi} es la proporción de utilización de la categoría del recurso i por parte de la especie “y” ($P_{yi}=yi/Y$). Este índice adopta valores de cero, para una utilización del recurso completamente diferente entre las especies consideradas, hasta un valor de uno, para utilizations completamente sobrepuestas (Davis y Smith 2001). Este índice es uno de los más usados en la medición de amplitud de nicho, lo que permite ser comparado con otros sitios. Como no emplea datos sobre abundancia ni disponibilidad de recursos, y no varía por la inclusión de ceros, este índice facilita la comparación entre comunidades (Abrams 1980).

4.5.6. Éxito reproductivo

Con base en observaciones previas (años anteriores) se documentó que *Sula leucogaster nesiotus* fue la especie con el mayor número de parejas reproductivas, por lo que el éxito reproductivo sólo fue calculado para esta especie. Una vez identificados los sitios donde anidó el mayor número de aves se seleccionó aleatoriamente un cuadrado de 50x60 m en cada uno de estos sitios de anidación (Cocina y Pajarera) con el fin de llevar un registro más detallado de cada nido. A partir de cuando se registró el primer nido activo dentro de cada cuadrado, tanto los nidos como los huevos fueron marcados con tinta indeleble no toxica para distinguirlos entre si. Los huevos fueron marcados con “1” para el primer huevo, “2” para el segundo, y así sucesivamente. Los nidos fueron marcados con un número en una pequeña etiqueta colocada en uno de los extremos del nido. A través de observaciones realizadas a cada uno de los nidos y huevos marcados se determinó la viabilidad, la fertilidad, el éxito de eclosión, y el éxito del pollo de acuerdo con Mayfield (1975) y Erwin y Custer (1982).

La viabilidad (V). Es el número de huevos que permanecieron en el nido por lo menos el periodo de incubación sin sufrir daño aparente, y es expresado como una proporción del total de huevos puestos:

$$V = \frac{H_v}{H_t}$$

donde H_v es el número de huevos que permanecieron en el nido el periodo de incubación, y H_t es el total de huevos puestos.

La fertilidad (F). Es el número de huevos que eclosionaron, y es expresado como una proporción de todos los huevos viables:

$$F = \frac{H_e}{H_v}$$

donde H_e es el número de huevos que eclosionaron y H_v es número de huevos viables.

El éxito de eclosión. Se refiere al número de huevos que eclosionan y es expresado como una proporción del total de los huevos puestos:

$$E_e = \frac{H_e}{H_t}$$

donde H_e es el número de huevos fértiles y H_t es el total de huevos puestos.

Éxito del pollo. Se refiere al número de pollos que sobrevivieron durante las cuatro primeras semanas. Por conveniencia, en este estudio se hace referencia al éxito del pollo cuando permaneció en el nido las primeras cuatro semanas, ya que después fue difícil identificar a que nido pertenecían los pollos. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$E_p = \frac{P_s}{E_e}$$

donde P_s es el número de pollos que sobrevivieron las primeras cuatro semanas y E_e es número de huevos que eclosionaron.

La comparación de cada uno de estos parámetros entre los dos sitios donde anidó *Sula leucogaster nesiotas* se realizó con una prueba Z de proporciones (Zar 1974).

4.6. Análisis espacial

4.6.1. Uso de hábitat

Se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') (Shannon-Weaver 1963) para determinar la diversidad de hábitats usados tanto para alimentarse como para descansar. Las diferencias en la diversidad entre los dos tipos de actividades realizadas por las aves en los humedales fueron obtenidas con la prueba t (Hutcheson 1970).

4.6.2. Modelos predictivos

4.6.2.1. Obtención de datos biológicos

A lo largo de los diez humedales fueron seleccionados previamente 34 puntos desde donde fueron identificadas y contadas todas las aves observadas en los humedales (ver Fig. 1). A partir de esta información se obtuvieron dos variables que se describen para los cuatro grupos de aves acuáticas analizados: riqueza (número de especies) y abundancia (número de aves). La riqueza de especies y la abundancia de aves de cada grupo (Marinas, Patos y afines, Playeras, y Garzas y afines) fueron las variables respuestas analizadas mediante Modelos Lineales Generalizados (GLMs, por sus siglas en inglés).

4.6.2.2. Variables ambientales

Un total de 12 variables ambientales relacionadas con vegetación, características físicas de los humedales e influencia humana, fueron utilizadas para predecir la distribución del número de especies y aves (Tabla 1). Ha sido documentado en varios trabajos que variables ambientales como las mencionadas tienen un efecto importante en los patrones de distribución de los diferentes grupos de aves, influyendo de forma distinta entre ellos. Por ejemplo, la cercanía a la desembocadura a los ríos, playa, boca barra, cobertura vegetal, entre otros, influyen de forma diferente en las aves marinas, playeros, garzas y patos.

Las variables ambientales consideradas para cada uno de los sitios fueron aquellas que de una u otra forma pueden tener un efecto sobre la abundancia y riqueza de las aves acuáticas, y sobre las cuales se puede obtener información. El análisis del contexto humano o de las variables asociadas a la actividad humana es una parte importante que complementa la información ecológica. Juntos proveen una visión más completa de la dinámica ecológica del sitio, contribuyendo así a un mejor entendimiento de las relaciones entre los distintos actores del ecosistema.

Tabla 1. Descripción de las variables consideradas en el presente estudio.

Variables	descripción
NDVI	Índice Normalizado de Vegetación
Coordenada X	Longitud
Coordenada Y	Latitud
Distancia a cultivo	Áreas de cultivo de maíz, trigo, arroz, mango, melón, sandía, papaya y chile, principalmente.
Distancia a desembocaduras de ríos	Sitio donde se une el agua dulce del río con el agua salobre del estero.
Distancia a la boca del estero	Sitio donde se unen el agua marina con el agua del estero.
Distancia a caminos	Caminos de terracería que permiten el acceso a las playas y humedales.
Distancia a la playa	En este estudio fue considerada desde la zona intermareal hasta donde comenzaba la vegetación.
Distancia a localidades	Pequeños asentamientos humanos circundantes a los humedales.
Distancia a poblados	Asentamientos humanos con un mayor número de habitantes que las localidades.
Manglar	Vegetación de manglar.
Salinidad	Concentración de sales en un volumen dado de agua.
Presencia de sustratos blandos	Como sustratos blandos fueron considerados las áreas arenosas y lodosas.

Las imágenes que se utilizaron para la elaboración del índice normalizado de vegetación (NDVI por sus siglas en inglés) y digitalización de algunas variables provienen del satélite Landsat 5, el cual se encuentra girando en una órbita alrededor de la tierra a una altura aproximada de 750 km. Este satélite cuenta con tres tipos de sensores uno de ellos es el Mapeo Temático (TM, por sus siglas en inglés), el cual puede registrar la radiación para cada píxel en siete diferentes rangos de longitud de onda dentro del espectro electromagnético. Esta información es procesada para transformar estas medidas de radiación en una imagen visual. El sensor TM tiene la capacidad de cubrir las necesidades de información de muchas de las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica para áreas extensas (Carrera y de la Fuente 2003).

El NDVI es un índice que puede identificar los diferentes tipos de vegetación. Este índice ha sido muy utilizado en diversos estudios de vegetación por la capacidad que tiene para describir diversos parámetros de la misma, como la superficie de área foliar, la radiación fotosintética activa, productividad primaria y esta relacionado con la precipitación pluvial (Ricotta y Avena 1999, Schmidt y Karnieli 2000). El índice tiene un rango de -1 a 1, pero los valores de vegetación tienen un rango de 0.1 a 0.7. Para maximizar la gama de colores los valores del NDVI fueron escalados. Para esto se usó la siguiente ecuación: *Escala del NDVI* = $100 (NDVI + 1)$. Usando esta transformación el NDVI se escala en un rango de 0 a 200, donde -1.0 = 100 y 1.0 = 200. Los valores menores de 100 representan las nubes, nieve, agua y otras superficies no vegetativas, los valores iguales o mayores de 100 representan la superficie vegetal

El NDVI es un índice que se basa en una diferencia de características de reflejo de la clorofila en la gama espectral del “rojo visible” y del “infrarrojo cercano”. Para el cálculo del NDVI se utilizaron las bandas 3 y 4 de imágenes de satélite Landsat 5 TM, con un tamaño de píxel de 50x50 m (Fig. 3). Este índice se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{\text{banda4}(NIR) - \text{banda3(rojo)}}{\text{banda4}(NIR) + \text{banda3(rojo)}}$$

donde *NIR* es la banda cercana al infrarrojo.

Las otras variables como cultivos, arroyos, boca del estero, caminos, costa, poblados, localidades, manglares y sustratos blandos (areno-arcilloso) fueron obtenidas de fotografías aéreas (1996, escala 1:75000), imágenes de satélite Landsat 5 TM (año 2000) y cartografía digitalizada (1:25 000). La salinidad se midió con ayuda de un refractómetro manual Zeiss con escala de 0 a 100 ppm. Cada variable fue primeramente digitalizada para crear un sistema de información geográfica para lo cual se usó el ARCVIEW. Posteriormente estas variables o temas fueron importadas a IDRISI 3.2 donde fueron rasterizadas y calculadas la distancia con respecto a cada punto de censado (34 puntos). A partir de esta información fue obtenida la matriz de datos para el análisis predictivo de distribución espacial de la riqueza y abundancia de las aves.

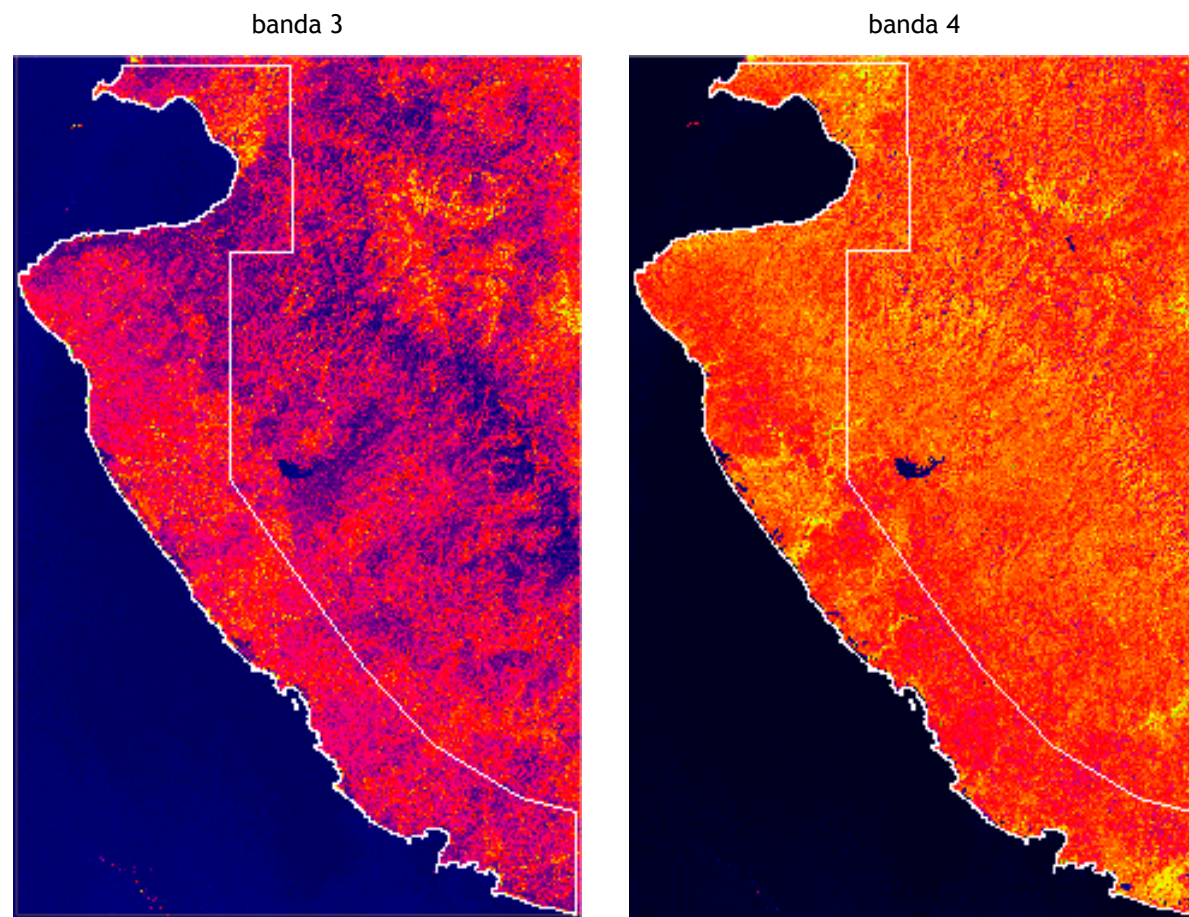


Fig. 3. Banda 3 y banda 4 de las imágenes Landsat 5 TM utilizadas para el cálculo del NDVI. La línea blanca delimita el área de estudio.

4.6.2.3. Modelos Lineales Generalizados

Los Modelos Lineales Generalizados (GLMs por sus siglas en inglés) fueron usados como una descripción matemática para construir una función de regresión múltiple con la cual se pueda predecir la distribución de las aves acuáticas (McCullagh y Nelder 1999). Los GLMs son una clase de modelos que permite ajustar modelos con distintos tipos de errores. Los GLMs tienen tres importantes propiedades: el predictor lineal, la estructura del error y la función de enlace (Crawley 1993, McCullagh y Nelder 1999).

El predictor lineal es la combinación lineal de las variables predictoras (Crawley 1993, McCullagh y Nelder 1999):

$$\eta = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_pX_p$$

donde $b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_pX_p$ es el componente sistemático (predecible), b_0 es la ordenada al origen, y $b_1, b_2, \dots, b_p$ son parámetros o constantes estimados por los datos observados y las $X_1, X_2, \dots, X_p$ son variables explicativas (variables ambientales y antropogénicas usadas para hacer las predicciones).

La función del error es seleccionada por el usuario y depende de la naturaleza de la variable respuesta (normal, binomial, Poisson). Para el número de especies se usó un error tipo Poisson (Crawley 1993, McCullagh y Nelder 1999), mientras que para el número de aves se usó un error tipo normal.

La función de enlace relaciona el valor medio de “y” a su predictor lineal, y va a depender de la función del error (Crawley 1993). Para el número de especies con error de Poisson se usó una función de enlace “logarítmica” (Crawley 1993). Se representa con la siguiente función:

$$\eta = \ln(\hat{y})$$

Para un error normal con varianza μ , una función de enlace de “identidad” es adecuada (Crawley 1993) y se representa con la siguiente fórmula:

$$\eta = \hat{y}$$

La normalidad de las variables respuesta (abundancia) para cada grupo fue probada previamente con la prueba de Kolmogorov-Smirnov con un $\alpha=0.05$. Cuando no fueron normales estas fueron transformadas a logaritmo natural (Zar 1974).

Los GLMs trabajan con dos tipos de variables, variables continuas (cuantitativas) y factores (cualitativas). De las variables ambientales consideradas en este estudio sólo la presencia de sustratos blandos fue una variable cualitativa, la cual fue considerada en el modelo como *factor*, en la que sólo se consideraron dos resultados; 1= ausencia de sustratos blandos y 2= presencia de sustratos blandos.

4.6.2.4. Método de ajuste del modelo

Se ajustó cada variable explicativa usando el programa GLM (Crawley 1993) siguiendo un procedimiento de selección hacia delante “forward stepwise”. Este método permite la examinación, paso por paso, de las variables incorporadas al modelo. En este procedimiento lo que se hace es que partir del modelo nulo (i.e., sin ninguna variable), se va incorporando cada variable o factor secuencialmente, de forma que va añadiendo más complejidad al modelo en sucesivos pasos si hay significancia. Es decir, cada variable fue incorporada en turno para determinar su significancia al introducirla al modelo. Si la variable explicativa era la que más se correlacionaba con la variable respuesta, entonces se comparaba la reducción de la devianza (D^2) con los valores de chi-cuadrada y con el número de grados de libertad que pierde el modelo ($gl = 1$, $\alpha=0.05$) (Dobson 2001). La variable que contribuía de manera más significativa al cambio en la devianza a partir del modelo nulo era entonces seleccionada y ajustada al modelo con esa variable añadida. Posteriormente, se comprobó si la adición de una segunda variable mejoraba significativamente el modelo con el mismo considerando de la reducción de devianza. También se probó si la adición de una forma cuadrática ($gl=2$, $\alpha=0.05$) o cúbica ($gl=3$, $\alpha=0.05$) de cada variable mejoraba significativamente el modelo (Rodríguez-Estrella 1997).

La magnitud de los efectos retenidos por cada variable seleccionada significativamente en el modelo de regresión (devianza explicada), fue obtenida dividiendo la suma de cuadrados de cada efecto (diferencia de devianza de X_1) entre la suma de cuadrados total (devianza del modelo nulo) de los datos para cada variable. Esta medida es análoga al coeficiente de determinación (R^2) y mide la proporción de la devianza (varianza) que es explicada por la variable independiente (Cameron y Windmeijer 1997).

4.6.2.5. Validación de los modelos

Una vez obtenido el modelo se realizó una validación del mismo mediante una comparación de proporciones entre los datos observados en campo y los predichos por el modelo. Para esto se usó la siguiente fórmula:

$$t = \sqrt{\frac{\left[\frac{(N_1 * N_2)}{(N_1 + N_2)} \right] * (p_1 - p_2)}{(p * q)}}$$

$$\text{donde } p = \frac{(p_1 * N_1 + p_2 * N_2)}{(N_1 + N_2)} \quad \text{y } q = 1 - p$$

y p_1 es la proporción de la muestra 1 (observados), y p_2 la proporción de la muestra 2 (predichos), N_1 y N_2 es el valor de N para cada una de las muestras. Esta comparación se realizó para cada uno de los 34 sitios y permitió determinar en cuantos de los sitios (en términos de porcentajes) el modelo predijo correctamente el número de especies y abundancia de aves.

4.6.3. Mapas predictivos

La finalidad de realizar estos mapas es la de identificar cuál o cuáles de los humedales (incluyendo los no censados) son más importantes en términos del número de especies y de la abundancia de aves. Con base en las variables significativas que se ajustaron en el modelo se construyeron mapas que predijeran el número de especies y la abundancia de aves en toda la costa de Jalisco. Utilizando el programa IDRISI 3.2 se construyeron mapas digitales para la región de estudio en formato “raster” a una resolución de 50x50 m. Para generar los mapas de distribución de los valores predichos, las variables significativas para cada uno de los modelos fueron integradas en el módulo de “image calculator”, el cual permite realizar operaciones algebraicas y lógicas con imágenes. En este módulo se realizó la transformación del predictor lineal (PL). Para el número de especies se usó una transformación log inversa $\hat{y} = e^{\eta}$, mientras que para el número de aves fue $\hat{y} = \eta$. Aplicando estas ecuaciones en cada uno de los modelos se obtuvieron los valores predichos del número de especies y del número de aves para cada píxel (50x50 m).

5. RESULTADOS

5.1. Análisis de la comunidad

En el presente trabajo se realizó un análisis de la comunidad en dos escalas; en la primera se analizó la información para toda la costa de Jalisco (incluyendo todos los humedales), y en el segundo el análisis fue por humedal. Para la composición y abundancia de aves, además de los humedales, fueron consideradas las islas Cocina y Pajarera debido a que en estas islas se observaron especies que no fueron observadas en los humedales. Sin embargo, para el resto de los análisis estos dos sitios fueron descartados por ser hábitats totalmente diferentes a los humedales.

5.1.1. Composición de especies y abundancia

5.1.1.1. Análisis general

En las 12 visitas se identificaron un total de 107 especies de aves acuáticas en la costa de Jalisco, de las cuales ocho fueron nuevos registros para la costa de Jalisco (*Anas penelope*, *Anas platyrhynchos*, *Aramus guarauna*, *Branta bernicla*, *Chen caerulescens*, *Melanitta perspicillata*, *Podiceps auritus* y *Mergus serrators*). Hubo una abundancia acumulada de registros (suma de todos los meses) de 396,910 aves, distribuidas en los cinco grupos considerados: aves marinas, patos y afines, playeros, garzas y afines y otros (especies no incluidas en los cuatro grupos anteriores).

De las aves marinas se identificaron 28 especies (14 visitantes de invierno, tres residentes, siete visitantes no reproductivos, tres visitantes reproductivos y una migratoria transitoria). Se registraron 71,771 aves (abundancia acumulada) lo que representó el 18.1% del total de las aves (todos los grupos). Las especies con la mayor importancia relativa fueron *Sula leucogaster* con 39.69% (28,419 observaciones) y *Phalacrocorax brasilianus* con el 32.26% (23,156 observaciones). Las 26 especies restantes representaron en su conjunto poco más del 30%. En este grupo de aves hubo tres especies consideradas en la NOM-059-ECOL-2001 como sujetas a protección especial (*Larus heermanni*, *Sterna antillarum* y *Sterna elegans*) y una especie amenazada (*Phaethon aethereus*) (SEMARNAT 2001) (ver apéndice 1).

Dentro del grupo de patos y afines hubo 28 especies (19 visitantes de invierno y nueve residentes). Este grupo fue el que presentó el mayor número de aves, con una abundancia acumulada de 279,588 aves, lo que representó el 70.53 % del total de las aves observadas

(incluyendo todos los grupos). Con base en el índice de abundancia relativa las especies más importantes fueron *Dendrocygna autumnalis* con el 30.32% (84,784 observaciones), *Fulica americana* con el 24.18% (67,628 observaciones), *Anas acuta* con el 13.41% (37,497 observaciones), *Oxyura jamaicensis* y *Anas americana* y con el 10.89% (30,447 observaciones) y 7.22% (20,204 observaciones), respectivamente. Las 23 especies restantes representaron en su conjunto menos de 20%. Dentro de este grupo hubo tres especies que se encuentran amenazadas con base la NOM-059-ECOL-2001; *Anas platyrhynchos*, *Branta bernicle* y *Nomonyx dominicus* (SEMARNAT 2001) (Apéndice 1).

Las aves playeras fue un grupo conformado por 28 especies (24 visitantes de invierno, tres residentes y una migratoria transitoria). Se registraron 25,845 observaciones de aves de este grupo, lo que representó el 6.52% del total. Las especies más importantes por su abundancia relativa fueron *Calidris alba* con el 17.60% (4,548 observaciones), *Catoptrophorus semipalmatus* con el 14.66% (3,789 observaciones), *Calidris mauri* con 11.07% (2,861 observaciones) y *Recurvirostra americana* con el 10.88% (2,812 observaciones). El resto de las especies representaron el 47% en su conjunto. Dentro de este grupo *Charadrius melodus* es una especie que se encuentra definida como en peligro de extinción en la NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT 2001) (Apéndice 1).

Las garzas y afines incluyeron 17 especies (11 residentes, cinco visitantes de invierno y una visitante no reproductiva). Este grupo fue el que tuvo el menor número de observaciones, con un total de 17,750 aves, lo que representó sólo el 4.48% del total de las aves. Las especies más representativas de este grupo fueron *Egretta thula* con el 23.80% (4,225 observaciones), *Eudocimus albus* con el 14.49% (2,572 observaciones), *Ardea alba* con 13.30% (2,360 observaciones). Las 14 especies restantes representaron en su conjunto el 48.41%. Dentro de este grupo hubo cuatro especies que se encuentran sujetas a protección especial; *Ardea herodias*, *Egretta rufescens*, *Mycteria americana* y *Tigrisoma mexicanum* (SEMARNAT 2001) (Apéndice 1).

Dentro del grupo de “otras”, se registraron seis especies, con un total de 1,456 observaciones, lo que representó sólo el 0.37% del total de aves (Apéndice 1).

5.1.1.2. Análisis por humedal

No hubo una relación significativa entre el área de los humedales y el número de especies y de aves. Al eliminar la laguna de Chalacatepec del análisis se observó un patrón diferente, tanto el número de especies como el número de aves presentaron una relación positiva significativa con el tamaño de los humedales (Fig. 4a y 4b). Los humedales con el mayor número de especies fueron Agua Dulce con 79 especies, Majahuas con 76 y El Ermitaño con 74, mientras que la Manzanilla y San Juan fueron los humedales con el menor número de especies, con 47 y 36 especies, respectivamente (Tabla 2). En cuanto al número de observaciones de aves hubo diferencias significativas entre los humedales ($\chi^2_r = 165.85$, $gl=11$, $P<0.000$), siendo el estero El Ermitaño donde se registró el mayor número de aves con una abundancia acumulada de 113,857 observaciones, seguido por la laguna Xola-Paramán con 96,564 observaciones y la laguna Agua Dulce con 67,480 observaciones. Los humedales con el menor número de aves fueron el estero La Manzanilla y la laguna de San Juan con 4,288 y 1,080 aves, respectivamente (Tabla 2).

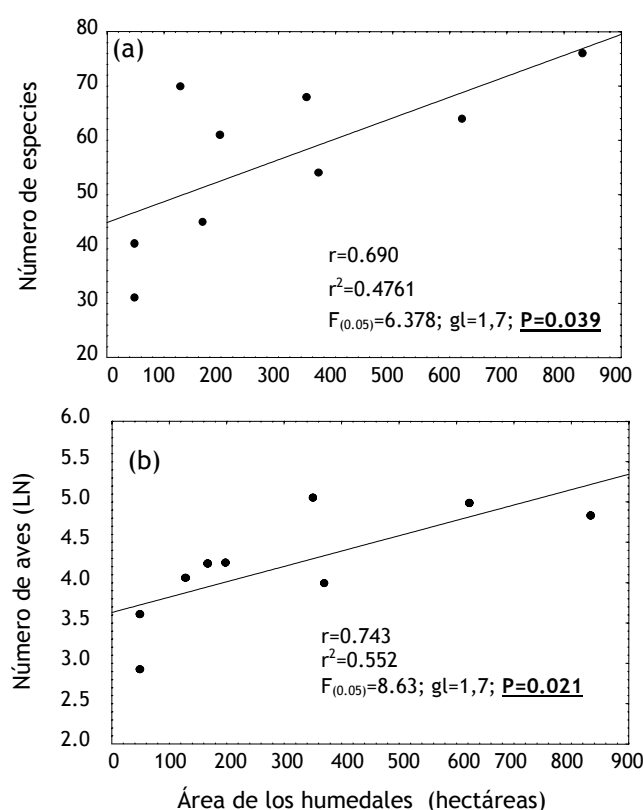


Fig. 4. Relación entre el área de los humedales y el número total de especies (a) y de aves (b).

Tabla 2. Número de especies (a) y de aves (abundancia acumulada) (b) para cada uno de los grupos observados en los humedales de la costa de Jalisco. Las islas Cocina y Pajarera no son incluidas en esta tabla.

	Agua Dulce	El Ermitaño	El Chorro	Majahuas	San Juan	X-Paramán	Chalacatepec	La Manzanilla	El Tule	Barra de Navidad	Total
a) Número de especies											
Marinas	21	19	18	20	12	19	16	12	12	14	28
Patos y afines	17	17	12	14	5	11	4	6	9	7	28
Playeras	26	20	19	22	2	23	20	8	8	19	28
Garzas y afines	12	12	12	14	12	11	13	15	16	14	17
Otros	3	6	5	6	5	2	6	6	6	4	6
Total	79	74	66	76	36	66	59	47	51	58	107
b) Número de aves											
Marinas	10,176	2,617	5,975	5,824	474	4,949	2,823	2,678	2,563	2,573	40,652
Patos y afines	49,037	106,822	8,331	764	49	84,356	17,062	59	12,665	213	279,358
Playeras	6,096	3,334	1,718	3,222	3	5,896	1,007	35	245	4,251	25,807
Garzas y afines	2,121	929	1,806	1,701	318	1,337	1,286	1,244	1,699	2,804	15,245
Otros	50	155	92	194	236	26	79	272	289	63	1,456
Total	67,480	113,857	17,922	11,705	1,080	96,564	22,257	4,288	17,461	9,904	362,518

En la figura 5 se muestra la relación entre el área de los humedales y el número de especies. En todos los grupos, excepto el grupo de patos y afines (Fig. 5b) y garzas y afines (Fig. 5d), hubo una relación significativa. El mayor número de especies de aves marinas y playeras se registró en Agua Dulce y Xola-Paramán, mientras que para los patos y garzas el número de especies varió independientemente del tamaño de los humedales (Tabla 2a).

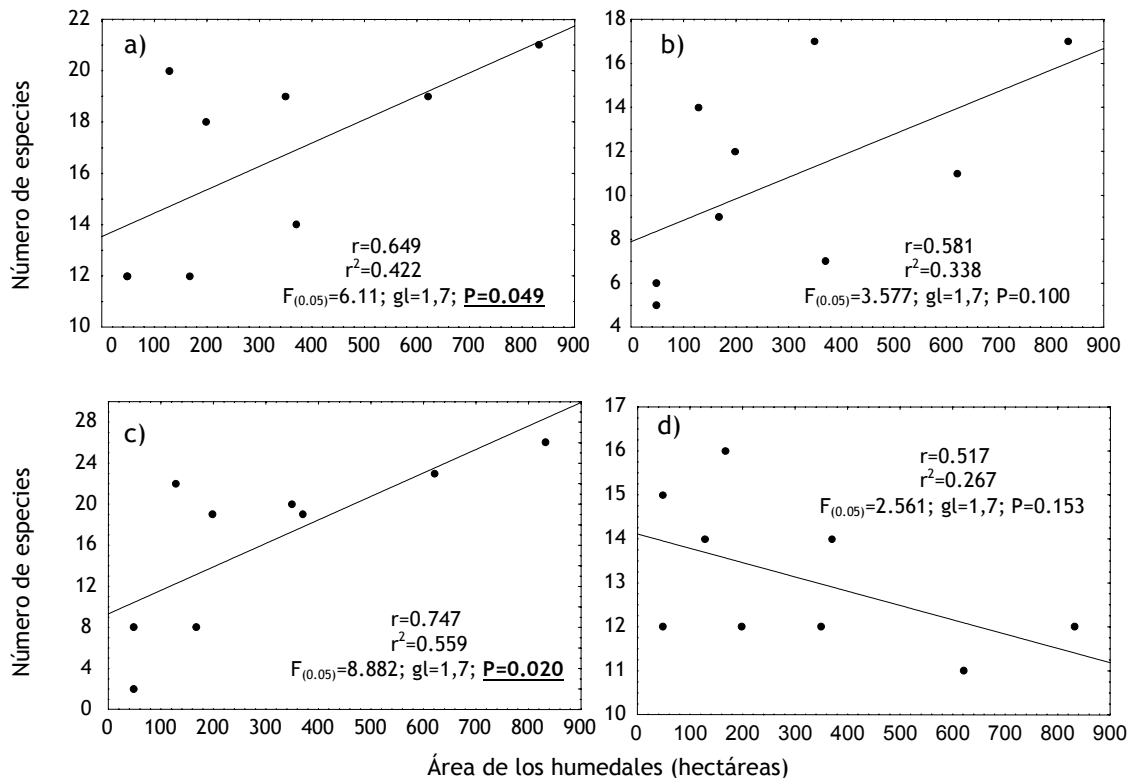


Fig.5. Relación entre el área de los humedales y el número de especies de cada grupo de aves. a) =marinas, b) = patos y afines y c) = playeras y d) = garzas y afines.

Con respecto al número de aves se observaron diferencias significativas entre los humedales (marinas $X_r^2 = 46.227$, $gl=11$, $P<0.05$; patos y afines $X_r^2 = 62.41$, $gl=11$, $P<0.05$; playeras $X_r^2 = 181.84$, $gl=11$, $P<0.05$ y garzas y afines $X_r^2 = 43.263$, $gl=11$, $P<0.05$). Para todos los grupos no hubo una relación significativa entre el número de aves y el área del humedal. Sin embargo, al eliminar la laguna de Chalacatepec hubo una relación positiva (Fig. 6), excepto en el grupo de aves marinas y garzas (Fig. 6a y 6d). El mayor número de aves marinas se registró en Agua Dulce (10,176 observaciones), seguido por algunos humedales pequeños como El Chorro (5,975 observaciones) y Majahuas (5,824

observaciones) (Tabla 2b). En los tres humedales, la especie que más influyó en su abundancia fue *Phalacrocorax brasilianus* (5,252, 4,305 y 3,551 observaciones, respectivamente).

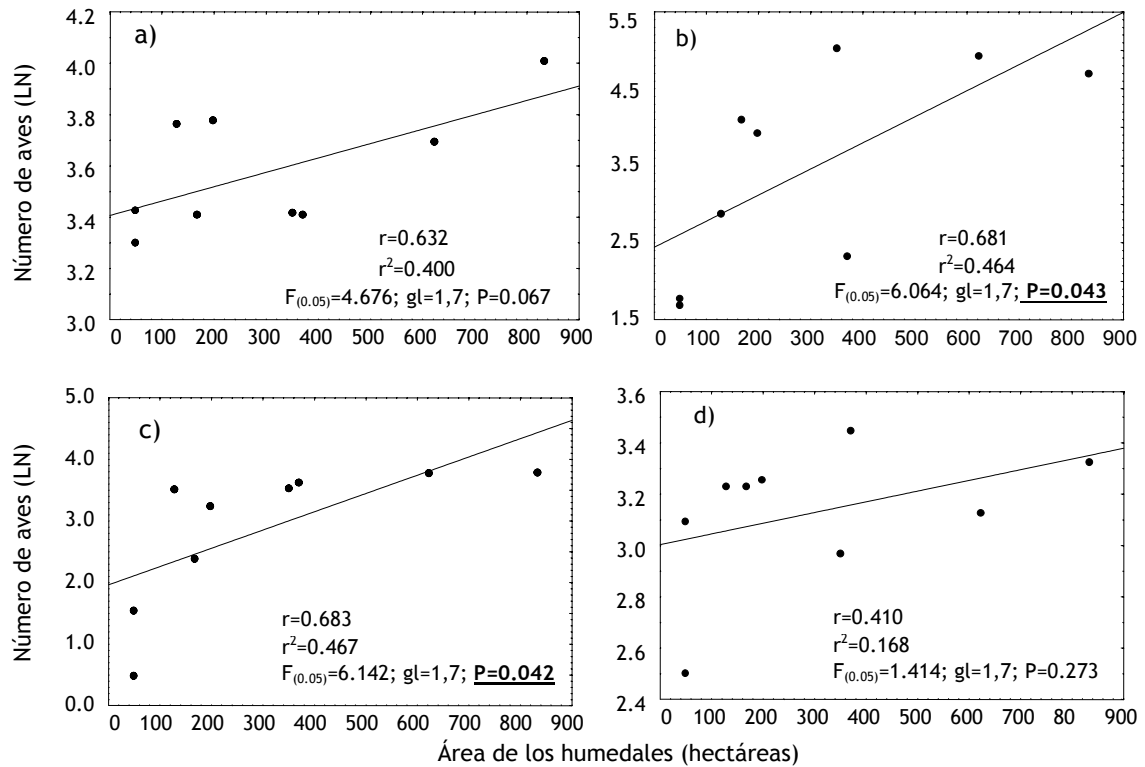


Fig. 6. Relación entre el área de los humedales y el número de aves de cada grupo. a) =marinas, b) = patos y afines, c) = playeras, d) = garzas y afines.

En el caso de los patos y afines el mayor número de aves fue registrado en la laguna El Ermitaño, Xola-Paramán y Agua Dulce, con 106,822, 84,356 y 49,037 observaciones, respectivamente. La abundancia registrada en el Ermitaño fue influenciada principalmente por *Dendrocygna autumnalis* (45,659 observaciones) y *Anas acuta* (33,153 observaciones); En Xola-Paramán fue *Fulica americana* (48,630 observaciones), *Oxyura jamaicensis* y *Anas americana* con 11,732 y 11,089 observaciones, respectivamente; las abundancias registradas en Agua Dulce fueron influenciadas principalmente por *Dendrocygna autumnalis* y *Oxyura jamaicensis*, con 21,988 y 8,554 observaciones, respectivamente. Hubo un mayor número de aves playeras en Agua Dulce (6,096 observaciones) y Xola-Paramán (5,896 observaciones). Las especies más abundantes en estos humedales fueron *Calidris alba*,

Catoptrophorus semipalmatus, *Himantopus mexicanus* y *Calidris mauri*. Las garzas y afines presentaron sus mayores abundancias en Barra de Navidad (2,804 observaciones), Agua Dulce (2,121 observaciones) y El Chorro (1,806 observaciones). Las especies que más influyeron en su abundancia fueron *Bubulcus ibis*, *Egretta thula*, *Eudocimus albus* y *Ardea herodias* (Tabla 2, Apéndice 1).

5.1.2. Diversidad y Equidad

Los valores en diversidad general (todos los grupos y todos los humedales) obtenidos para la costa de Jalisco fueron diferentes entre los cuatro grupos ($W=6224.296$, $gl=3$ y 42 $P<0.05$). El análisis entre pares de grupos también mostró estas diferencias (t de Hutcheson, $P<0.05$). Los grupos con los valores más altos en diversidad fueron los playeros ($H'=1.146$) y garzas y afines ($H'=1.006$), mientras que las marinas y patos presentaron el valor más bajo en diversidad ($H'=0.778$ y 0.839 , respectivamente).

En la figura 7, se muestran los valores de diversidad y equidad para cada uno de los humedales. Al considerar el total de las especies (todos los grupos) se observó que los valores más altos en la diversidad y equidad se presentaron en la laguna Barra de Navidad ($H'=1.48$), seguido por Majahuas y El Chorro ($H'=1.15$ y $H'=1.10$, respectivamente). En las aves marinas y playeras la laguna Xola-Paramán, Barra de Navidad, Agua Dulce y Ermitaño fueron los humedales con la mayor diversidad. Para los otros dos grupos de aves no hubo un patrón claro en los valores de diversidad de cada humedal.

5.1.3. Análisis de similitud

5.1.3.1. Análisis general

El dendograma y el MDS basados en el promedio de las abundancias de todas las especies (incluyendo todos los grupos) mostraron la formación de dos grupos (Fig. 8). El primer grupo estuvo formado por El Tule, San Juan y la Manzanilla (similitud=66.42). Las especies que influyeron en un 51% de la similitud entre este grupo fueron *Phalacrocorax brasilianus* (10.16%), *Ardea alba* (6.21%), *Nyctanassa violacea* (5.38%), *Butorides virescens* (5.24%), *Dendrocygna autumnalis* (4.47%), *Eudocimus albus* (4.25%), *Nycticorax nycticorax* (3.99%), *Fulica americana* (3.81%), *Egretta thula* (3.73%) y *Gallinula chloropus* (3.73%). El grupo dos estuvo formado por El Ermitaño, El Chorro, Majahuas, Chalacatepec, Agua Dulce y Xola-Paramán (similitud=73.90). Las especies que contribuyeron en un 30% de la similitud de

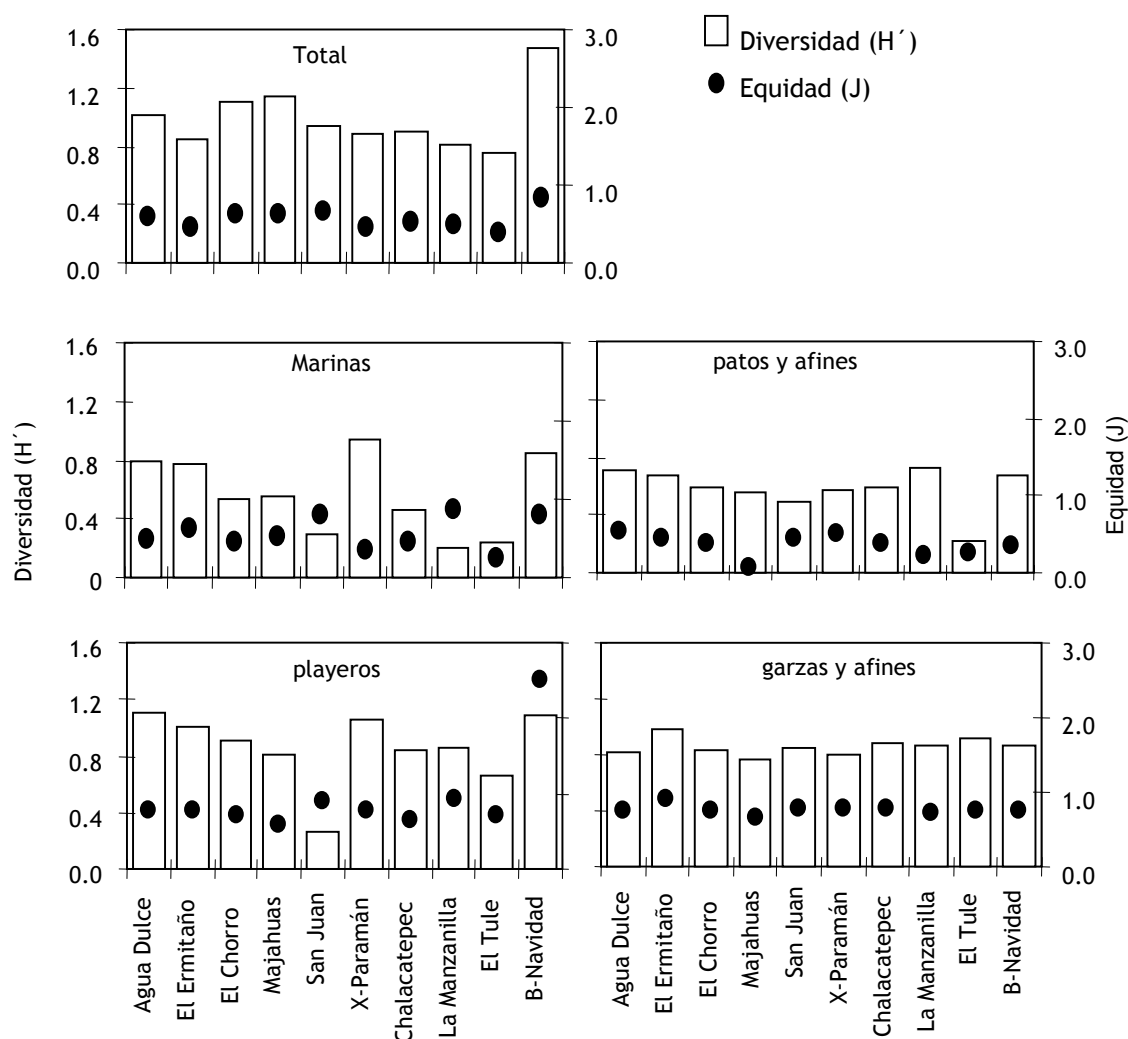


Fig. 7. Valores de diversidad (H') y de equidad (J) para cada uno de los grupos de aves observados en los humedales de la costa de Jalisco.

este grupo fueron *Fulica americana* (4.16%), *Phalacrocorax brasilianus* (3.84%), *Dendrocygna autumnalis* (3.66%), *Aythya affinis* (2.88%), *Larus atricilla* (2.82%), *Calidris alba* (2.76%), *Oxyura jamaicensis* (2.75%), *Recurvirostra americana* (2.58%), *Catoptrophorus semipalmatus* (2.47%) y *Anas americana* (2.42%). Barra de Navidad fue un humedal que se separó de los demás (Fig. 8) (Apéndice 2a). Las especies que contribuyeron a la disimilitud entre estos grupos se presentan en el apéndice 3a.

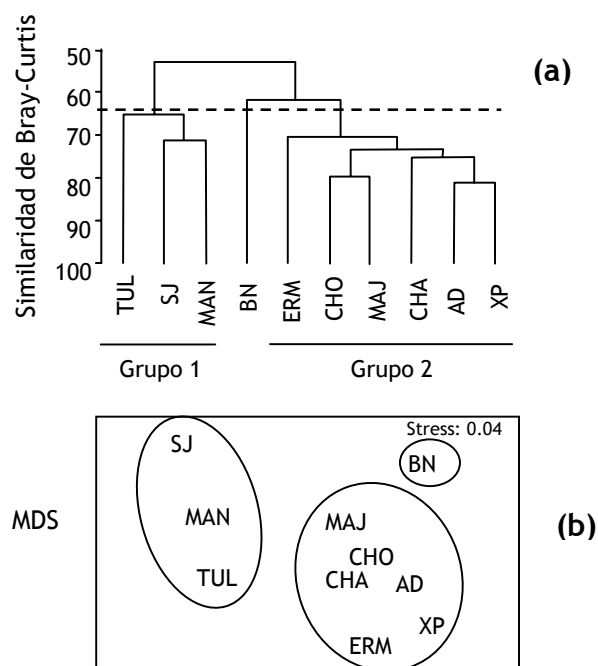


Fig. 8. Análisis de agrupamiento (a) y multidimensional (MDS) (b) con base en las abundancias de todas las especies (incluyendo todos los grupos). AD= Agua Dulce, ERM= Ermitaño, CHO= El Chorro, XP= Xola-Paramán, MAJ= Majahuas, SJ= San Juan, CHA= Chalacatepec, MAN=La Manzanilla, TUL= El Tule, BN= Barra de Navidad.

5.1.3.2. Análisis por humedal

Con base en el análisis de similitud y al MDS todos los humedales fueron unidos en dos grupos, excepto las garzas y afines (Fig. 9). En el caso de las aves marinas el primer grupo estuvo formado por Majahuas, Xola-Paramán, Chalacatepec, El Chorro, Agua Dulce y Ermitaño (similitud=88.43), mientras que el segundo grupo lo formaron El Tule, San Juan y La Manzanilla (similitud=72.22) (Fig. 9a). La laguna Barra de Navidad fue uno de los humedales aislados de los demás. Las especies que contribuyeron en poco más del 30% de la similitud del grupo uno fueron *Phalacrocorax brasilianus* (15.55%), *Larus atricilla* (9.87%) y *Pelecanus occidentalis* (7.79%). En el grupo dos las especies que aportaron más del 50% de la similitud fueron *Phalacrocorax brasilianus* (34.51%), *Pelecanus occidentalis* (10.04%) y *Sterna caspia* (9.37%) (Apéndice 2b). Estos dos grupos presentaron una disimilitud del 42.28%. Las especies que más influyeron en esta disimilitud fueron *Sterna antillarum* (10.62%), *Pelecanus erythrorhynchos* (9.55%) y *Rynchops niger* (8.86%) (Apéndice 3b).

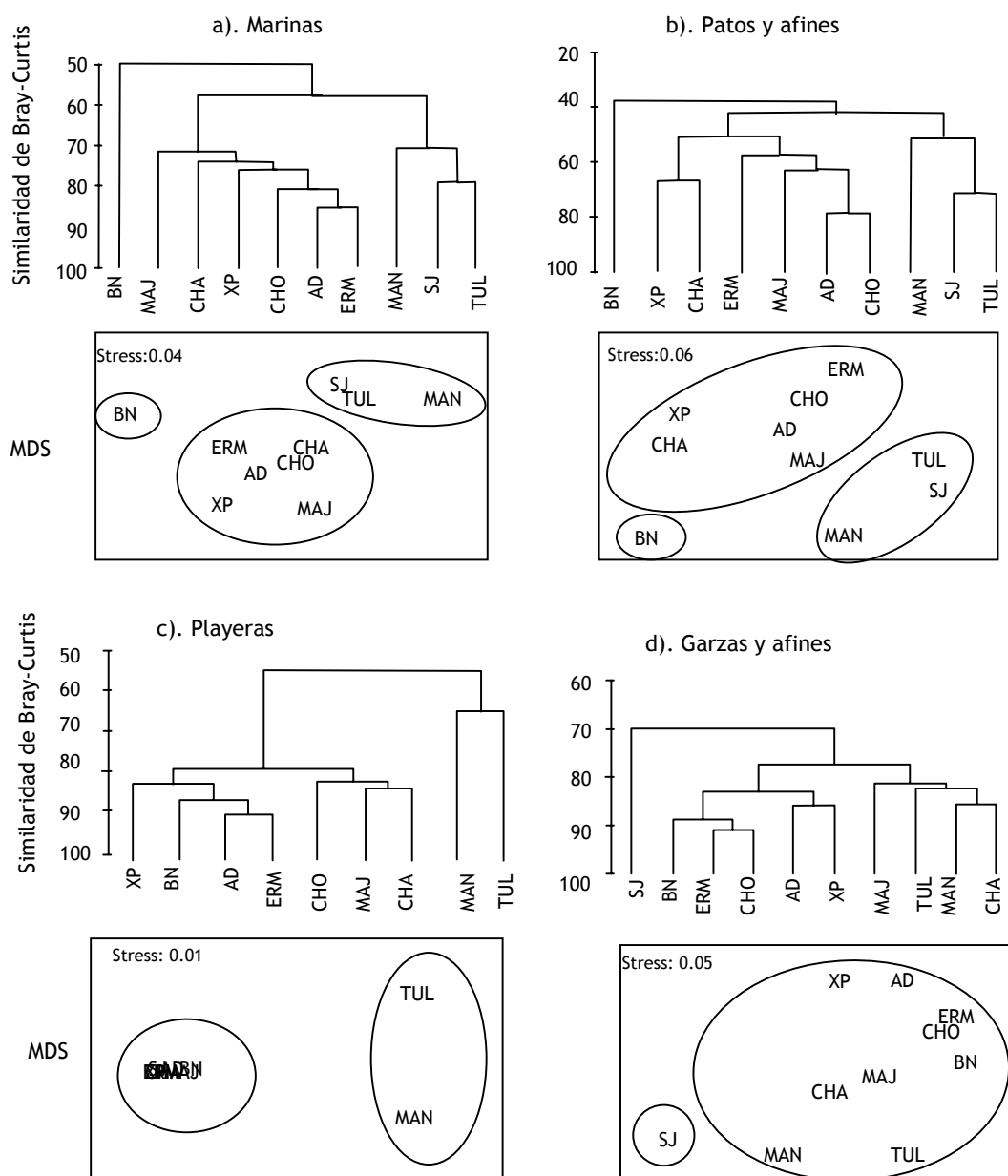


Fig. 9. Análisis de agrupamiento y multidimensional (MDS) basados en las abundancias de las especies de cada gremio. AD= Agua Dulce, ERM= Ermitaño, CHO= El Chorro, MAJ= Majahuas, SJ= San Juan, CHA= Chalacatepec, XP= Xola-Paramán, MAJ= Majahuas, TUL= El Tule, BN= Barra de Navidad.

En los patos y afines el primer grupo lo conformaron Xola-Paramán, Chalacatepec, Ermitaño, Majahuas, Agua Dulce y El Chorro (similitud=59%), aunque dentro de este grupo El Ermitaño se separó más de los demás humedales. El segundo grupo estuvo formado por La Manzanilla, El Tule y San Juan (similitud 58%). Al igual que en las aves marinas Barra de Navidad se separó de todos los humedales (Fig. 9b). Poco más del 70% de la similitud observada en el grupo uno estuvo determinada por *Dendrocygna autumnalis* (23.31%), *Fulica americana* (22.29%), *Aythya affinis* (12.93%) y *Oxyura jamaicensis* (12.57%). La similaridad del grupo dos estuvo influenciado por *Dendrocygna autumnalis* (49.65%) y *Fulica americana* (28.34%) (Apéndice 2c). Los dos grupos presentaron una disimilitud del 56.87%, siendo *Dendrocygna autumnalis*, *Oxyura jamaicensis* y *Gallinula chloropus* las especies que más contribuyeron a esta disimilitud (39.22%) (Apéndice 3c).

En las aves playeras el grupo uno estuvo formado por todos los humedales, excepto La Manzanilla y El Tule, presentando una similitud de 80.07%. El segundo grupo lo conformaron La Manzanilla y El Tule (similitud=55.24%) (Fig. 9c). Las especies que influyeron en un 55.71% de la similitud del grupo uno fueron *Calidris alba* (13.81%), *Catoptrophorus semipalmatus* (12.62%), *Recurvirostra americana* (10.08%), *Himantopus mexicanus* (9.73%) y *Calidris mauri* (9.47%). En el grupo dos el 65.56% de la similitud fue determinada por *Catoptrophorus semipalmatus* (25.40%), *Charadrius alexandrinus* (22.19%) y *Tringa melanoleuca* (17.96%) (Apéndice 2d). Los dos grupos difirieron en un 52.41%, siendo *Calidris alba*, *Calidris mauri* y *Charadrius alexandrinus* las especies que contribuyeron en un 31.34% de la disimilitud de estos grupos (Apéndice 3d).

Las garzas y afines presentaron un patrón diferente, debido a que todos los humedales, excepto San Juan, fueron muy afines en cuanto a la proporción de las abundancias de sus especies (similitud=80.23%) (Fig. 9d). El 54.32% de la similitud de este grupo estuvo determinada por *Egretta thula* (12.68%), *Ardea alba* (11.58%), *Nyctanassa violacea* (11.18%), *Eudocimus albus* (10.72%) y *Ardea herodias* (8.16%) (Apéndice 2e).

5.1.4. Patrones estacionales de la ocurrencia de aves acuáticas

5.1.4.1. Análisis general

La mayor riqueza de especies se manifestó durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo con 78, 81, 78 y 77 especies respectivamente, mientras que en junio, julio y agosto se registraron los valores más bajos con 61, 62 y 61 especies, respectivamente. Al analizar

la información por grupo se observó que la mayoría de ellos presentaron el mayor número de especies durante el invierno, aunque en los playeros también hubo valores altos en septiembre y octubre (Fig. 10a).

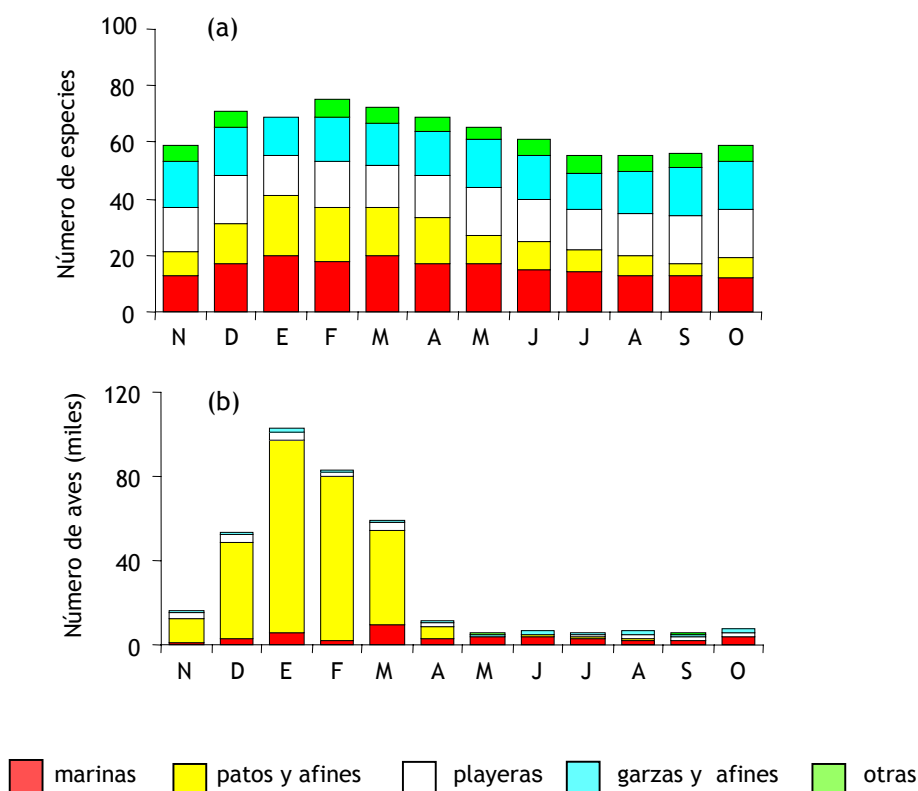


Fig. 10. Riqueza específica (a) y abundancia (b) mensual de aves en la costa de Jalisco.

Por otra parte, el número de aves presentó un patrón similar, debido a que la mayor abundancia se registró durante el invierno (diciembre a marzo), siendo en el mes de enero cuando se registró el valor más alto (102,425 aves); estos incrementos fueron fuertemente influenciados por la llegada de un mayor número de patos y afines (Fig. 10b).

Al analizar la información por grupo se observó que fueron pocas las especies que influyeron en los patrones de abundancia mensual. Las aves marinas presentaron dos picos en su abundancia; uno en enero (3,670 aves) y otro en marzo (6,789 aves), siendo mayor este último. Las especies que determinaron este patrón de abundancia fueron *Phalacrocorax brasilianus* y *Larus atricilla* (Fig. 11a).

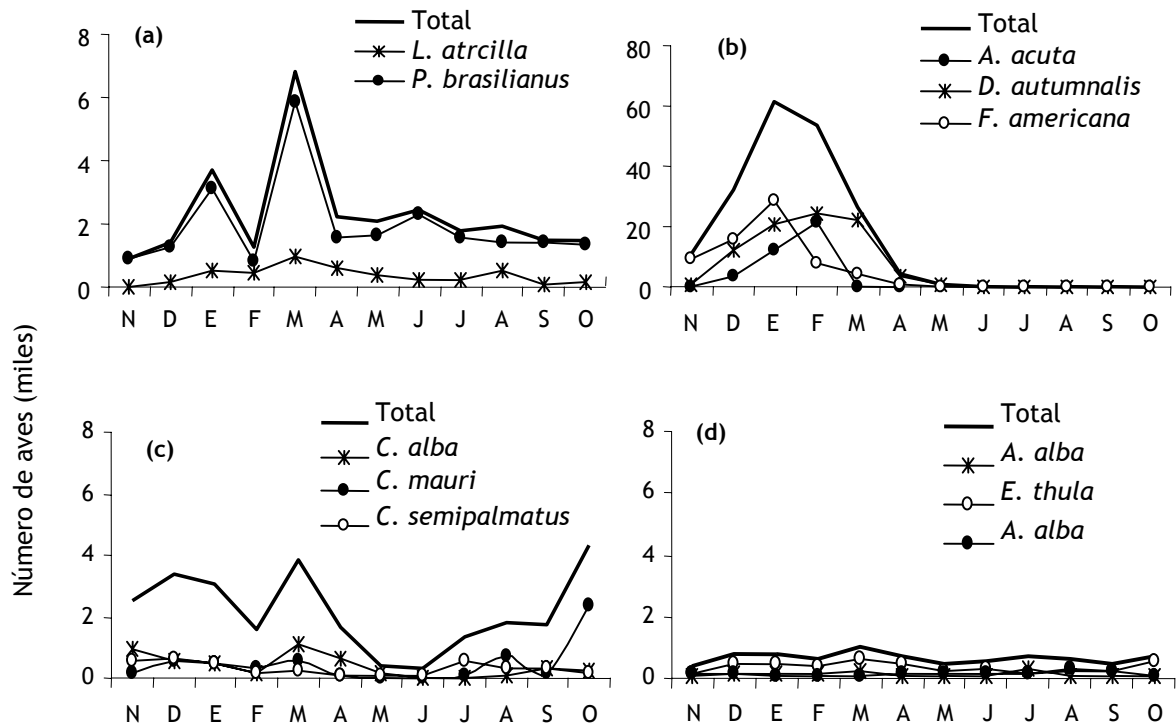


Fig. 11. Número total de aves de cada grupo y de las especies más representativas observadas en la costa de Jalisco. a)= marinas, b)= patos y afines, c)= playeras, d)= garzas y afines.

Los patos y afines tuvieron su máxima abundancia durante los meses de diciembre (31,846 aves), enero (61,386 aves), febrero (5,3581 aves) y marzo (22,164 aves), siendo mayor en enero. Las especies más representativas de este grupo fueron *Anas acuta*, *Dendrocygna autumnalis* y *fulica americana* (Fig. 11b).

Las aves playeras presentaron varias fluctuaciones en su abundancia, siendo el mes de diciembre (3,346 aves), enero (3,055 aves), marzo (3,816 aves) y octubre (4,342 aves) cuando se observaron las mayores fluctuaciones. Las especies que contribuyeron más a estas fluctuaciones fueron *Calidris alba*, *Calidris mauri* y *Catoptrophorus semipalmatus* (Fig. 11c).

Por último, las garzas y afines fue el grupo de aves que presentó abundancias mensuales más homogéneas a lo largo del periodo de estudio, siendo *Ardea alba*, *Egretta thula* y *Eudocimua albus* las especies que más influyeron en su abundancia mensual (Fig. 11d).

5.1.4.2. Análisis por humedal

El número de especies observado mensualmente en cada uno de los humedales fue diferente a lo largo del periodo de estudio (Fig. 12). En todos los humedales el mayor número de especies fue registrado durante el invierno (diciembre a marzo), debido a la llegada de un mayor número de especies migratorias pertenecientes a los grupos de aves playeras, marinas y patos y afines. Este patrón fue más claro en Agua Dulce, Xola-Paramán, Ermitaño, Chalacatepec, El Chorro, Barra de Navidad y Majahuas.

El número de individuos tuvo un patrón más definido, debido a que las mayores abundancias fueron observadas durante el invierno. En algunos humedales como Ermitaño, Xola-Paramán, Agua Dulce, El Chorro, El Tule y Chalacatepec las mayores abundancias mensuales de las aves fueron causadas principalmente por los patos y afines, aunque en el caso del Chorro también hubo un número importante de aves marinas en el mes de marzo. En los demás humedales, como Majahuas y Barra de Navidad las aves marinas y las playeras fueron los grupos que determinaron las fluctuaciones de abundancia (es importante mencionar que no fueron los humedales donde se registró el mayor número de aves marinas y playeras, sino que, fueron los grupos que determinaron la variación estacional en estos dos humedales) (Fig. 13).

En El Ermitaño, Agua Dulce, El Tule y El Chorro las mayores abundancias de los patos y afines fueron determinadas por *Dendrocygna autumnalis*, aunque en El Ermitaño y Agua Dulce también *Anas acuta* y *Fulica americana*, respectivamente, tuvieron importantes contribuciones en las abundancias mensuales. En Xola-Paramán y Chalacatepec sólo *Fulica americana* contribuyó de forma significativa en el patrón de abundancia de los patos y afines (Fig. 14).

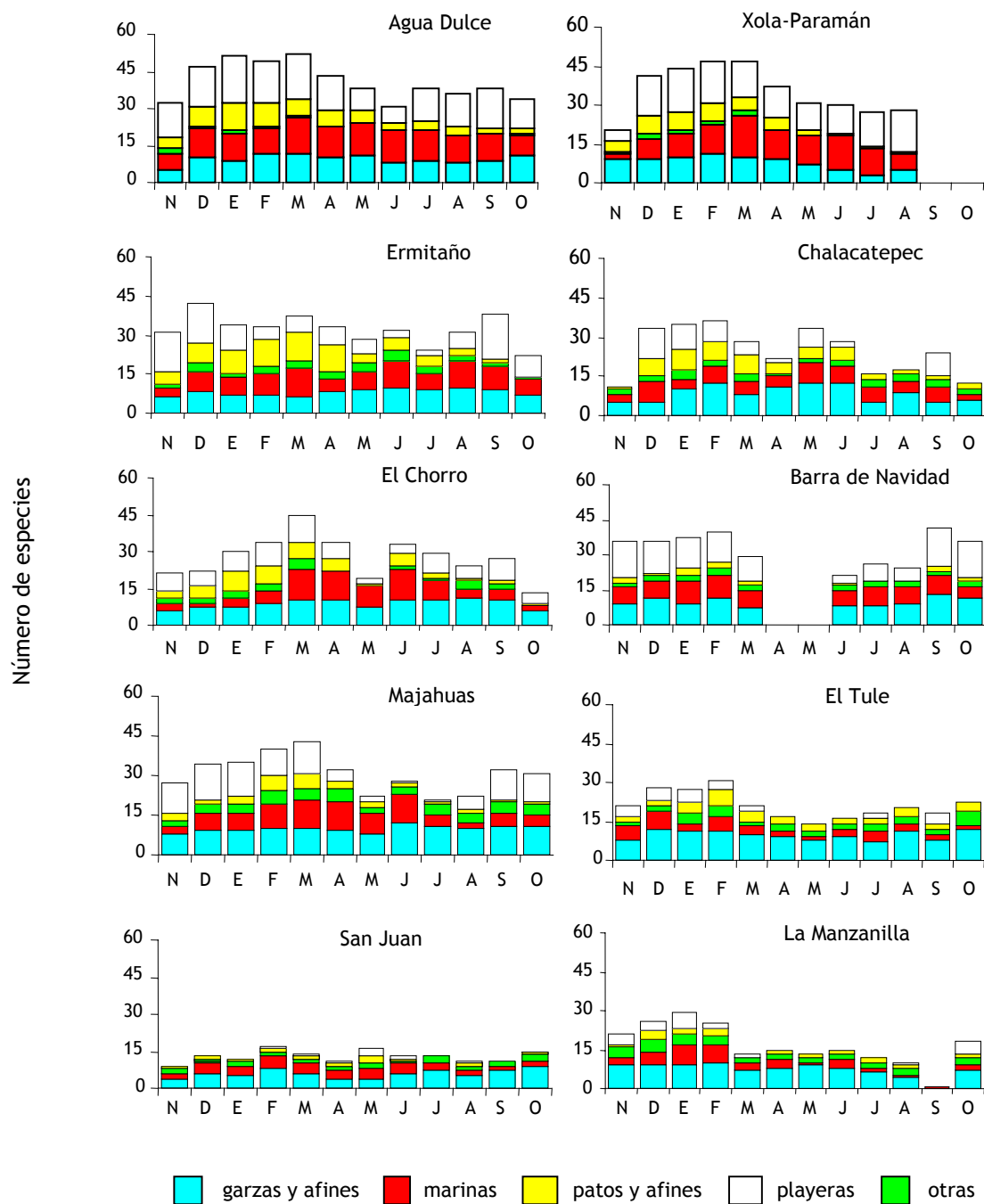


Fig. 12. Riqueza específica mensual total y por grupo en los humedales costeros de Jalisco.

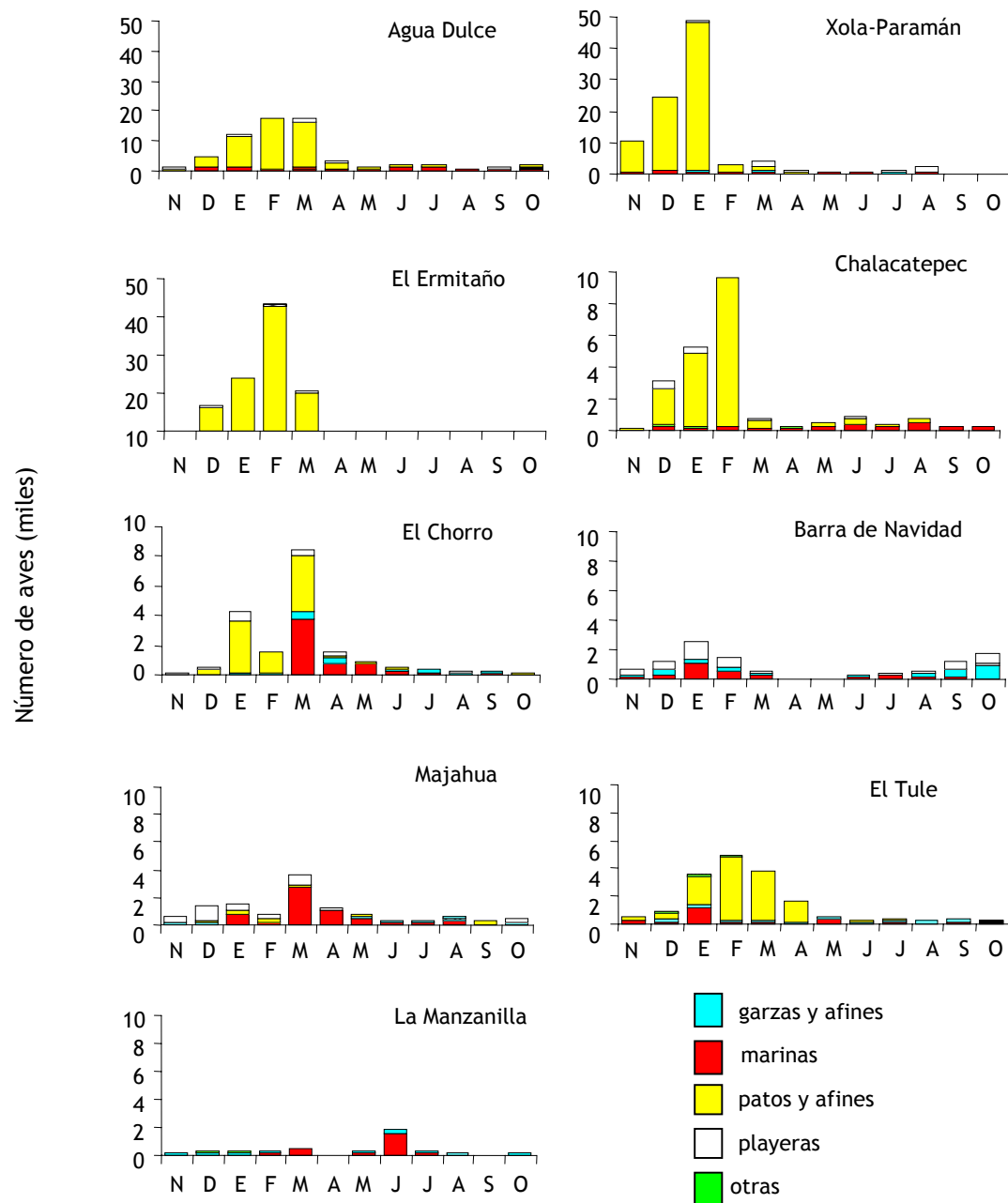


Fig. 13. Abundancia mensual total y por grupo en los humedales costeros de Jalisco. La laguna de San Juan no fue incluida por presentar abundancias relativamente bajas.

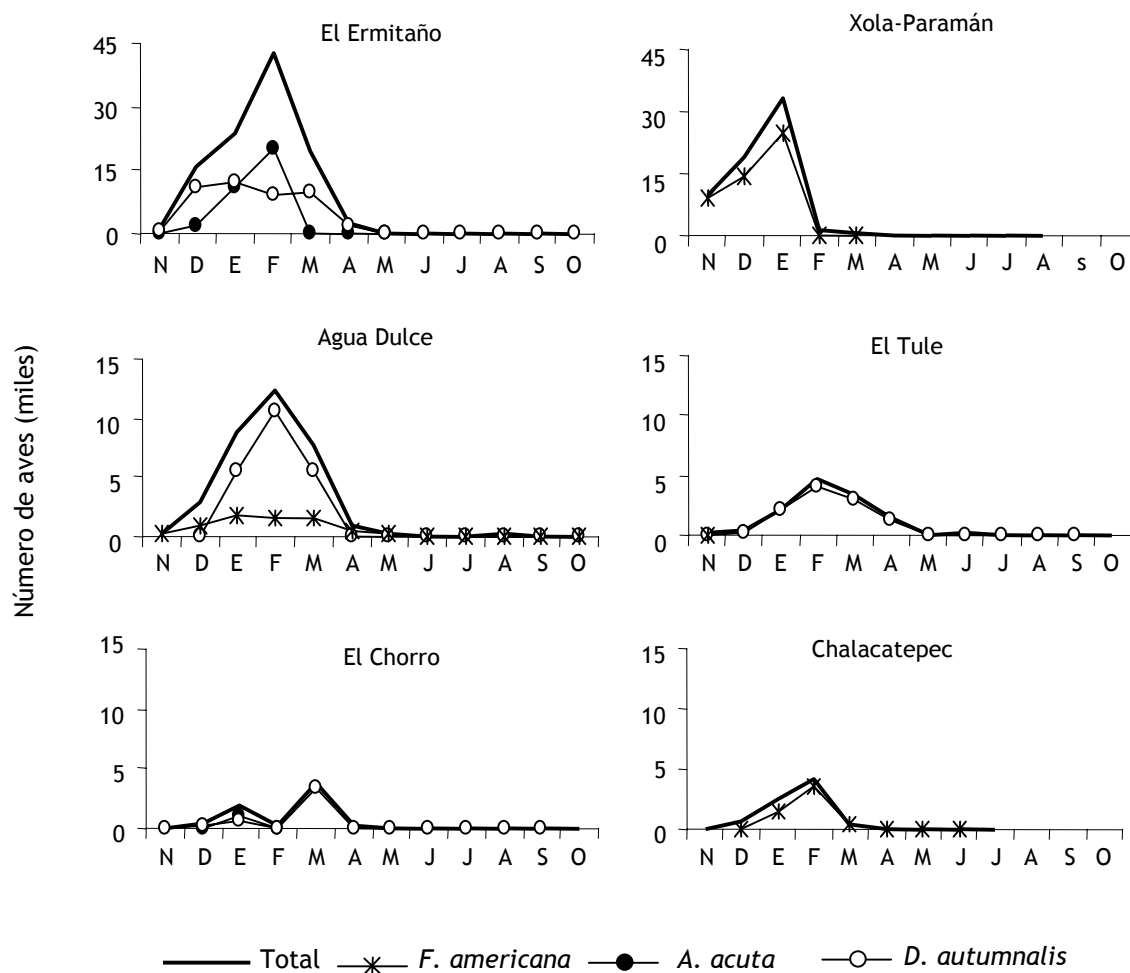


Fig. 14. Número total de aves del gremio de patos y afines y de las especies más abundantes observadas en cada humedal.

5.2. Aspectos reproductivos de las aves acuáticas

5.2.1. Especies reproductivas registradas

De los 12 sitios monitoreados, sólo en nueve se registró la presencia de especies reproductivas (Tabla 3). Hubo 22 especies de aves acuáticas anidando en la costa de Jalisco, de las cuales las que presentaron el mayor número de parejas reproductivas fueron *Sula leucogaster nesiotus* con 2,800 parejas (1,700 en La Pajarera y 1,100 en Cocina), *Eudocimus albus* con 250 parejas, *Pelecanus occidentalis* con 152 parejas, *Ardea alba* con 135 parejas, *Butorides virescens* con 81 parejas y *Nyctanassa violacea* con 70 parejas. En el caso de *Pelecanus occidentalis* se constató la presencia de más parejas anidando en los islotes cercanos a las islas Pajarera y Cocina pero no fueron censadas ni incluidas en este

análisis. Las 16 especies restantes tuvieron un menor número de parejas reproductivas. En la laguna El Tule se observó a una pareja de *Aramus guarauna* construyendo nidos y en varios casos se les observó aparentemente empollando. Sin embargo, no fue posible constatar de la presencia de huevos ni pollos debido a que el nido fue ubicado en un sitio mayor a los cinco metros de altura, y posteriormente el nido fue abandonado.

El análisis por localidad indica que las islas Pajarera y Cocina fueron los sitios donde se concentró el mayor número de parejas reproductivas (2 178 y 1 278, respectivamente), y en el caso de Pajarera, el mayor número de especies (nueve) (Tabla 3).

5.2.2. Sustratos de anidación y características del nido

Tanto el material de construcción como los sustratos de anidación fueron diferentes. Algunas especies ubicaron sus nidos en la arena, sobre ramas y otros sobre el agua (nidos flotantes). El material de construcción varió desde nidos desprovistos de vegetación hasta aquellos contruidos con hojas y ramas de vegetación circundante (Fig. 15). Las especies reproductivas más comunes de los humedales fueron los Ciconiiformes. Este grupo de aves usó la vegetación acuática, como el mangle (La Manzanilla y Chalacatepec), y árboles de *Anona* sp para ubicar sus nidos. Otras especies como *Rynchops nigers*, *Haematopus palliatus* y *Sterna antillarum* ubicaron sus nidos en el suelo sobre sustratos arenosos y cercanos al espejo de agua. En todos los casos los huevos fueron ubicados en la arena sin ningún tipo de material de construcción, como pasto y ramas. Las especies observadas en las islas Cocinas y Pajarera ubicaron sus nidos en una gran variedad de sustratos de anidación, y aún entre individuos de la misma especie; algunas como *Sula leucogaster nesiotes*, *Sula nebouxii*, *Dendrocygna autumnalis* ubicaron sus nidos en el suelo. Otras especies como *Pelecanus occidentalis*, *Nyctanassa violacea*, *Nycticorax nycticorax*, *Egretta tricolor* y *Eudocimus albus* ubicaron sus nidos sobre ramas de árboles, arbustos y en algunos casos en cactus. El material de construcción de los nidos fue muy variado, hubo nidos contruidos con arena, restos de conchas, nidos flotantes, pero un mayor número de especies construyeron sus nidos con pequeñas ramas de vegetación circundante. Los sustratos de anidación así como las características del nido (altura, tamaño y material de construcción) son resumidos en el apéndice 4.

Tabla 3. Número de parejas reproductivas registradas en nueve de los 12 sitios monitoreados en la costa de Jalisco.

	Agua Dulce	El Chorro	Majahuas	Chalacatepec	X-Paráman	Pajarera	Cocina	La Manzanilla	El Tule	Total
Marinas										
<i>Sula leucogaster nesiotes</i>						1,700	1,100			2,800
<i>Pelecanus occidentalis</i>							152			152
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>								35	15	50
<i>Larus heermanni</i>						34	6			40
<i>Sula nebouxii</i>							20			20
<i>Rynchops niger</i>	8									8
<i>Sterna antillarum</i>					6					6
Patos y afines										
<i>Dendrocygna autumnalis</i>						12				12
<i>Tachybaptus dominicus</i>				4						4
Playeras										
<i>Himantopus mexicanus</i>	11				10					21
<i>Haematopus palliatus</i>	4									4
<i>Charadrius wilsonia</i>					2					2
Garzas y afines										
<i>Eudocimus albus</i>						250				250
<i>Ardea alba</i>						70			65	135
<i>Butorides virescens</i>		5	10	25				38	3	81
<i>Nyctanassa violacea</i>				15		55				70
<i>Nycticorax nycticorax</i>				20		26				46
<i>Bubulcus ibis</i>									30	30
<i>Egretta thula</i>						29				29
<i>Cochlearius cochlearius</i>								23		23
<i>Egretta tricolor</i>						2				2
Otras										
<i>Anhinga anhinga</i>								3	2	5
Total de parejas	23	5	10	64	18	2,178	1,278	99	115	
Total de especies	3	1	1	4	3	9	4	4	5	22



Fig. 15. Características de los nidos de algunas especies de aves. a)=*Sula leucogaster nesiotis*, b)= *Himantopus mexicanus*, c)= *Rynchops niger*, d)= *Butorides virescens*, e)= *Pelecanus occidentalis*, f)= *Eudocimus albus*, g)= *Tachybaptus dominicus*

5.2.3. Tamaño de la nidada

Dendrocygna autumnalis fue la especie con el mayor tamaño de nidada con 16 a 22 huevos por nido (18.43 ± 1.99 , $n=8$ nidos), seguida por *Himantopus mexicanus* con 3 a 4 (3.58 ± 0.51) huevos por nido (Fig. 16a), *Pelecanus occidentalis*, *Sula leucogaster nesiotis*, *Larus heermanni* y *Butorides virescens* con dos a tres huevos con un promedio de 2.7 ± 0.48 , 2.10 ± 0.31 (Pajarera vs. Cocina, $t=1.66$, $gl=446$, $P=0.09$), 2.22 ± 0.49 (Pajarera vs. Cocina $t=0.37$, $gl=16$, $P=0.70$) y 2.57 ± 0.50 (los cuatro sitios donde anidó, $F=1.02$, $gl=3$, $P=0.38$), respectivamente Fig. 16b, 16c, 16d y 16e). *Cochlearius cochlearius* y *Ardea alba*

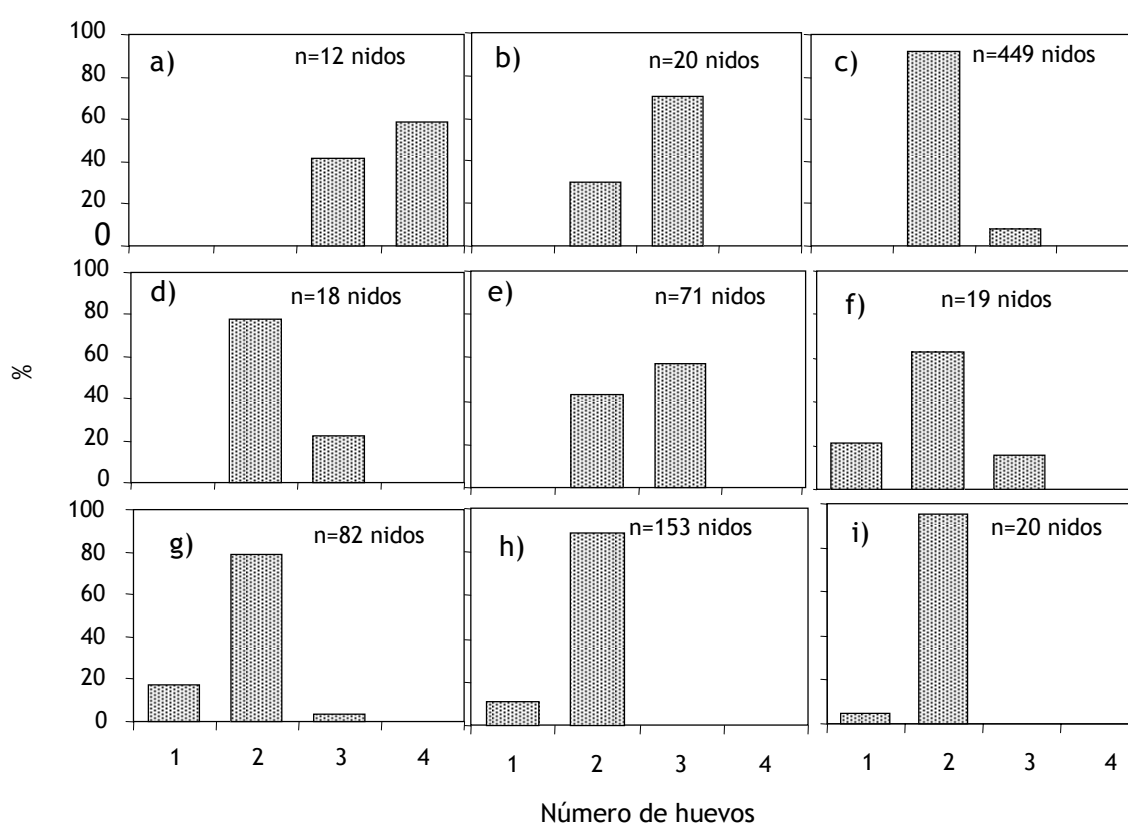


Fig. 16. Tamaño de nidada para aquellas especies anidantes más numerosas a)= *Himantopus mexicanus*, b)= *Pelecanus occidentalis*, c)= *Sula leucogaster nesiotis*, d)= *Larus heermanni*, e)= *Butorides virescens*, f)= *Cochlearius cochlearius*, g)= *Ardea alba*, h)= *Eudocimus Albus* y h)= *Sula nebouxii*.

tuvieron desde uno hasta tres huevos por nido, con un promedio de 1.95 ± 0.62 y 1.89 ± 0.41 , respectivamente (Fig. 16f y 16g). *Eudocimus albus* y *Sula nebouxii* el número de huevos por nido varió de uno a dos, con un promedio de 1.89 ± 0.30 y 1.96 ± 0.21 , respectivamente (Fig. 16h y 16i).

Otras especies como *Rynchops niger*, *Sterna antillarum*, *Anhinga anhinga* y *Tachybaptus dominicus* el número de nidos registrados fue bajo (ver tabla 3), y en las cuatro especies el número de huevos por nido fue de uno a dos, con un promedio de 1.87 ± 0.35 (n=8 nidos), 1.66 ± 0.5 (n=5 nidos), 1.66 ± 0.57 (n=5 nidos) y 1.55 ± 0.5 (n=4 nidos). Para las demás especies como *Nyctanassa violacea*, *Nycticorax nycticorax*, *Bubulcus ibis*, *Egretta thula*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Haematopus palliatus* y *Charadrius wilsonia* no se obtuvo información sobre el tamaño de nidada.

5.2.4. Cronología de puesta y eclosión

La temporada reproductiva para *Sula leucogaster nesiotus* se extendió desde abril hasta noviembre. Considerando desde la aparición del primer nido activo hasta noviembre que fue la fecha en que se dejó de realizar los censos, por lo que es probable que en diciembre todavía se puedan registrar algunos pollos. Hubo un patrón similar en la cronología de puesta y eclosión de *Sula leucogaster nesiotus* entre las islas Pajarera y Cocina (Fig. 17).

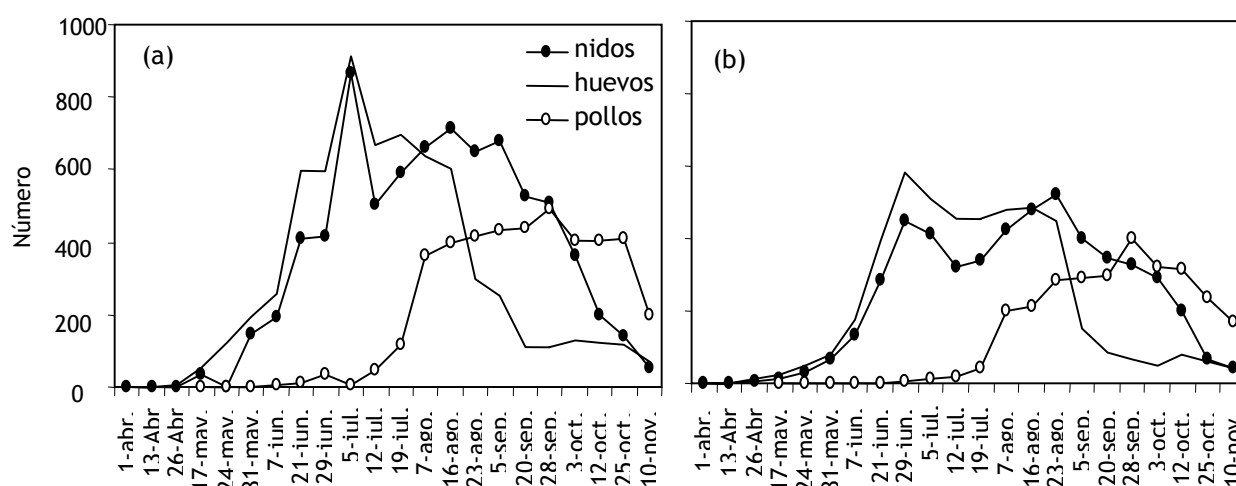


Fig. 17. Cronología de puesta y eclosión de *Sula leucogaster nesiotus* en las islas Pajarera (a) y Cocina (b).

Los primeros nidos con huevos fueron registrados a partir de abril con sus máximos valores a principio de julio en Pajarera (911 huevos) (Fig. 17a) y a finales de junio en Cocina (584 huevos) (Fig. 17b). En Pajarera los primeros pollos fueron registrados el 31 de mayo, mientras que en Cocina fue el 21 de junio, con los máximos valores el 28 de septiembre en ambos sitios (491 en Pajarera y 398 en Cocina).

A partir del primero de abril, cuando se localizaron las colonias reproductivas de *Larus heermanni*, ya había nidos activos con huevos y pollos en los dos sitios donde anidó esta especie. Con base en la información obtenida el mayor número de huevos registrados fue el 26 de abril en ambos sitios (71 huevos en Pajarera y 23 en Cocina). Dos meses después (29 de junio) se registró la mayor abundancia de pollos en ambos sitios (en Pajarera y 15 en Cocina) (Fig. 18a y 18b).

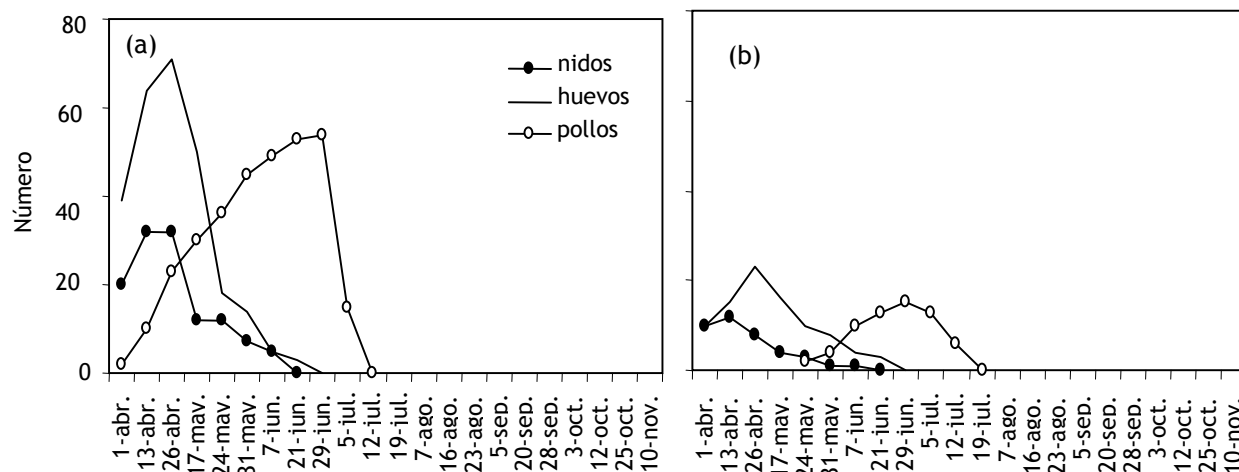


Fig. 18. Cronología de puesta y eclosión de *Larus heermanni* en las islas Pajarera (a) y Cocina (b).

El periodo reproductivo de *Eudocimus albus* comprendió de abril a agosto, registrando sus valores más altos el 24 de mayo (186 huevos). Los primeros pollos que se registraron fue durante el mes de mayo, con su máxima abundancia a finales de junio (165 pollos) y principios de julio (160 pollos) (Fig. 19).

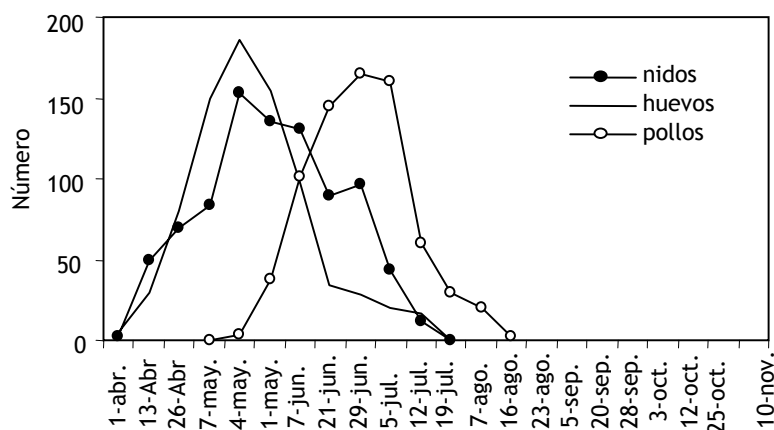


Fig. 19. Cronología de puesta y eclosión de *Eudocimus albus* observada en la isla Pajarera.

Sula nebouxii fue una especie que anidó sólo en la isla Cocina. Su periodo reproductivo se extendió desde principios de abril hasta principios de septiembre y no fue hasta el 17, 24 y 31 de mayo cuando se registró el mayor número de huevos (24, 20 y 20, respectivamente). El número de pollos se mantuvo constante durante los primeros meses del estudio, con un ligero incremento el cinco de julio (ocho pollos) (Fig. 20).

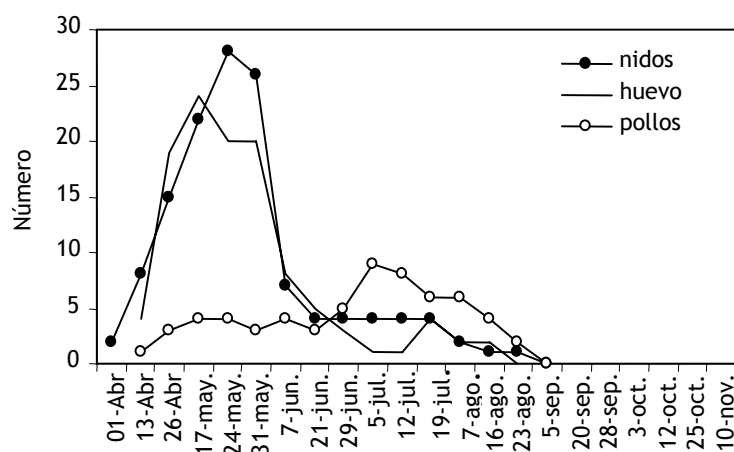


Fig. 20. Cronología de puesta y eclosión de *Sula nebouxii* en la isla Cocina.

Butorides virescens y *Cochlearius cochlearius* anidaron en el estero La Manzanilla; la primera especie tuvo su periodo reproductivo desde principios de mayo, hasta principios de agosto, siendo el 4 de julio cuando se registró el mayor número de huevos y el 18 de julio el mayor número de pollos. Para los demás sitios donde anidó *Butorides virescens* no se tienen registros de la cronología de puesta y eclosión a lo largo del periodo de estudio, por lo que sólo se tienen el número total de nidos, huevos y de pollos para algunos meses (El Chorro con cinco nidos el cuatro de Julio; Majahuas con 10 nidos y 12 pollos durante el mes de julio; Chalacatepec con 25 nidos, 12 huevos el 13 de mayo, 25 huevos y 15 pollos el 10 de junio, ocho huevos y 32 pollos el 15 de julio y sólo nueve pollos el 11 de agosto; El Tule con tres nidos y 4 pollos el 18 de julio) (Fig. 21).

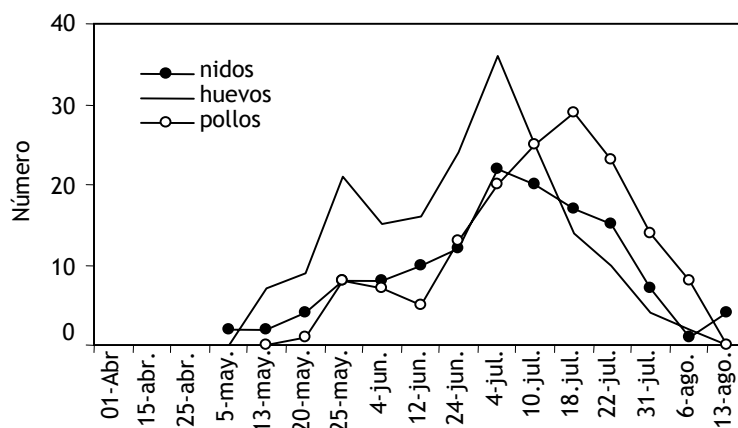


Fig. 21. Cronología de puesta y eclosión de *Butorides virescens* en La Manzanilla.

Para *Cochlearius cochlearius* no se presentó un patrón muy claro en la cronología de puesta y eclosión, ya que tuvo varias fluctuaciones tanto en el número de huevos como el número de pollos. El mayor número de huevos fue registrado el 5 de mayo (17 huevos), 4 de julio (ocho huevos) y en menor cantidad el 22 de julio (nueve huevos). Por su parte el mayor número de pollos se manifestó el 4, 12 y 24 de junio (14, 15 y 13 pollos, respectivamente) (Fig. 22).

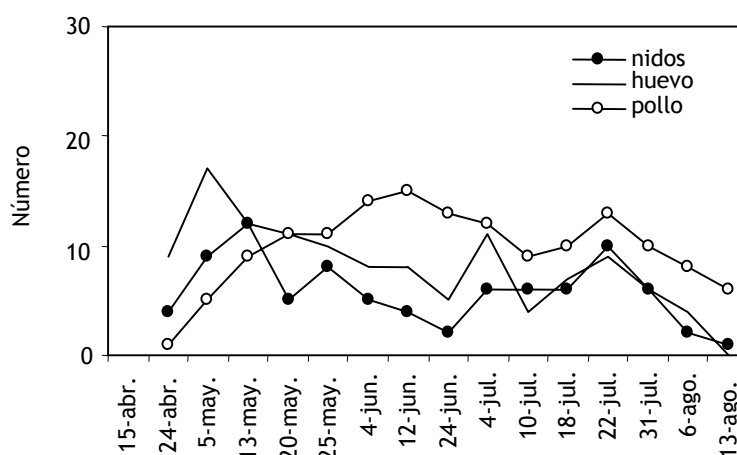


Fig. 22. Cronología de puesta y eclosión de *Cochlearius cochlearius* en La Manzanilla.

Para las demás especies no fue posible tener un registro del número de huevos en cada una de las visitas, por lo que en la tabla 4 y 5 se presenta únicamente el número total de nidos y de pollos observados.

Tabla 4. Registros del número de nidos (N), huevos (H) y pollos (P) de algunas especies de aves anidantes en las islas Cocina, Pajarera y en la laguna El Tule

		abril		mayo			junio			julio			agosto			septiembre			octubre		
		13	16	17	24	31	7	21	29	5	12	19	7	16	23	5	20	28	3	12	25
Cocina																					
<i>P. occidentalis</i>	N	32	30	20	21	17	13	13	7	5	6	3									
	P	14	15	17	19	27	22	18	9	4	5	4									
Pajarera																					
<i>N. nycticorax</i>	N			3	6	12	11	14	13	9	7	6	4	1							
	P								3	6	10	11	9	7	8	3	1				
<i>N. violacea</i>	N			8	11	30	31	30	26	28	26	25	24	13	10	5					
	P								3	3	5	11	20	24	30	30	25	14	8	2	
<i>A. alba</i>	N	20	39	50	49	37	36	38	34	32	29	30	20	15	7	8					
	P					10	15	30	35	38	36	35	36	32	30	26	28	20	15	10	
<i>D. autumnalis</i>	N					1	1	1	2	2	3	7	4	4	4	1					
	H					16	17	15	19	22	60	113	45	52	54	18					
<i>E. thula</i>	N			3	9	18	17	19	15	12	3										
	P								3	8	15	16	18	6							
<i>E. tricolor</i>	N						2	1	1	1											
	P									2	2		1	1							
El Tule																					
<i>A. alba</i>	N						12	7	16	19	25	39	42	37	36	20	15				
	P									2	10	39	69	62	42	39	20	6			
<i>B. ibis</i>	N													8	10	10	2				
	P															6	20	18			
<i>Ph. brasilianus</i>	N											12	12	15	15	11					
	P													5	3						
<i>A. anhinga</i>	N							2	1	1	1										
	P									2	2		1								

Tabla 5. Número mensual de nidos, huevos y pollos de las especies que fueron observadas anidando en los humedales (excepto El Tule) y que presentaron un menor número de parejas reproductivas.

		May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Xola-Paramán							
<i>Sterna antillarum</i>	nidos		6				
	huevos		7				
	pollos		5				
<i>Himantopus mexicanus</i>	nidos			4	10		
	pollos			8	10		
<i>Charadrius wilsonia</i>	nidos				2		
	pollos				2		
Chalacatepec							
<i>Tachybaptus dominicus</i>	nidos		4		1	1	
	huevos				2		
	pollos					3	
<i>Butorides virescens</i>	Nidos	12	25	8			
	pollos		15	32	9		
<i>Nyctanassa violacea</i>	nidos		8	15	10		
	huevos		7	19			
	pollos			8	23		
Agua Dulce							
<i>Himantopus mexicanus</i>	nidos		6	11	5	2	
	huevos		7	15	8		
	pollos			4	3		
<i>Rynchops niger</i>	nidos			8	8		
	huevos			12			
	pollos			4	10		
La Manzanilla							
<i>Anhinga anhinga</i>	nidos	1	3				
	huevos		2				
	pollos		4	3			

5.2.5. Amplitud y sobreposición de los sustratos de anidación y periodo reproductivo

El análisis de amplitud y sobreposición de los sustratos de anidación y del periodo reproductivo fue realizado en las islas Pajarera y Cocina por ser los sitios donde se registró el mayor número de parejas reproductivas y el mayor número de especies anidando conjuntamente (ver Tabla 3).

5.2.5.1. Sustratos de anidación

En la isla Pajarera *Larus heermanni* tuvo el valor de amplitud más alto ($Ba=0.22$), es decir que usó un mayor número de sustratos de anidación (sustratos rocosos, arenosos y en playas con cantos rodados). Para las demás especies los valores de amplitud de los sustratos de anidación fluctuaron entre 0.0002 a 0.11 (Fig. 23). El análisis de sobreposición entre pares de especies mostró valores altos sólo entre *Egretta thula* y *Nyctanassa violacea* (1.00) y entre *Sula leucogaster nesiotes* y *Dendrocygna autumnalis* (0.823). El primer par de especies se caracterizó por construir sus nidos únicamente en cactus y a una altura mayor de 200 cm, mientras que el segundo par de especies compartió los sustratos areno-arcillosos con pastos como sustratos para construir sus nidos. Los demás pares de especies tuvieron menor sobreposición en los sustratos de anidación (Tabla 6).

De las cuatro especies que anidaron en la isla Cocina las que presentaron el valor de amplitud más alto fueron *Sula leucogaster nesiotes* ($Ba=0.23$) y *Larus heermanni* ($Ba=0.16$), mientras que *Sula nebouxii* resultó con el valor de amplitud más baja ($Ba=0$) (Fig. 24). Con base en el análisis de sobreposición de nicho se observó que únicamente *Sula leucogaster nesiotes* tuvo una ligera sobreposición en los sustratos de anidación con *Sula nebouxii* (0.545) y con *Larus heermanni* (0.045). Las tres especies compartieron los sustratos areno-arcillosos para ubicar sus nidos. No hubo sobreposición entre los demás pares de especies (Tabla 7).

5.2.5.2. Periodo de anidación

En Pajarera los valores más altos de amplitud de nicho fueron registrados para *Sula leucogaster nesiotes* ($Ba=0.63$), *Ardea alba* ($Ba=0.58$) y *Nyctanassa violacea* ($Ba=0.49$). Por otra parte *Larus heermanni* y *Egretta tricolor* presentaron los valores más bajos de amplitud ($Ba=0.16$ y $Ba=0.13$, respectivamente) (Fig. 25). Con base en el análisis de sobreposición se observó que las parejas de especies que presentaron los valores más altos de sobreposición fueron *Nycticorax nycticorax* vs. *Nyctanassa violacea* (0.823),

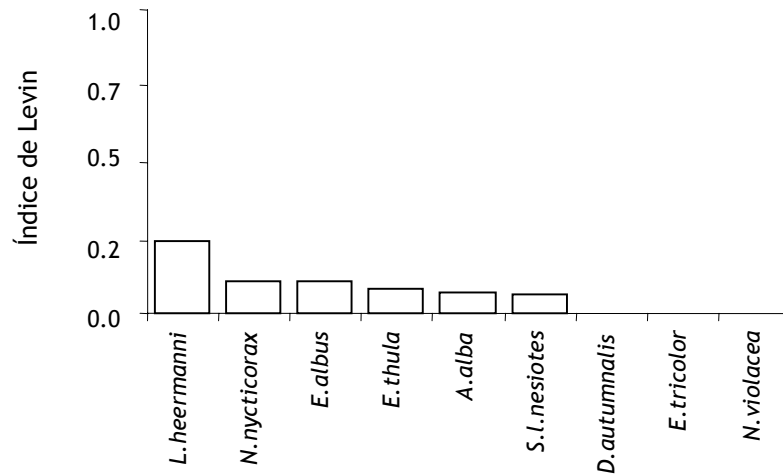


Fig. 23. Amplitud en los sustratos de anidación de las nueve especies que anidaron en la isla Pajarera (categorías del recurso=8).

Tabla 6. Sobreposición de los sustratos de anidación entre pares de especies que anidaron conjuntamente en la isla Pajarera. Sustratos considerados; suelo rocoso, árboles de selva baja (>200 cm), suelo areno-arcilloso, suelo areno-arcilloso con pasto, cactus (<1.5 m), cactus (>1.5 m), arbustos (<1.5 m) y playa rocosa (cantos rodados).

	<i>S.l.nesiotes</i>	<i>A.alba</i>	<i>D.autumnalis</i>	<i>E.albus</i>	<i>E.thula</i>	<i>E.tricolor</i>	<i>L.heermanni</i>	<i>N.nycticorax</i>	<i>N.violacea</i>
<i>S. l. nesiotes</i>	1.000	0.000	0.823	0.000	0.000	0.000	0.470	0.000	0.000
<i>A. alba</i>		1.000	0.000	0.200	0.241	0.200	0.000	0.507	0.000
<i>D. autumnalis</i>			1.000	0.000	0.000	0.000	0.352	0.000	0.000
<i>E. albus</i>				1.000	0.000	0.306	0.000	0.306	0.000
<i>E. thula</i>					1.000	0.000	0.000	0.241	1.000
<i>E. tricolor</i>						1.000	0.000	0.692	0.000
<i>L. heermanni</i>							1.000	0.000	0.000
<i>N. nycticorax</i>								1.000	0.000
<i>N. violacea</i>									1.000

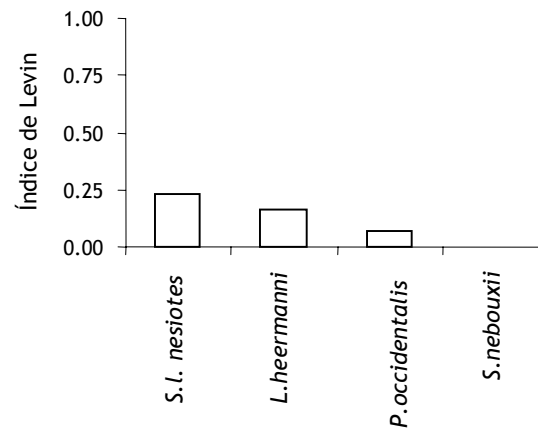


Fig. 24. Amplitud en los sustratos de anidación de las cuatro especies que anidaron en la isla Cocina (categorías del recurso n=6).

Tabla 7. Sobreposición en los sustratos de anidación entre pares de especies que anidaron conjuntamente en la isla Cocina. Sustratos considerados; suelo rocoso, árboles de selva baja (>200 cm) suelo areno-arcillosos (sin vegetación y sin grava), suelo areno-arcillosos con pasto.

	<i>S. l. nesiotes</i>	<i>L. heermanni</i>	<i>P. occidentalis</i>	<i>S. neboxii</i>
<i>S. l. nesiotes</i>	1.000	0.045	0.000	0.545
<i>L. heermanni</i>		1.000	0.000	0.000
<i>P. occidentalis</i>			1.000	0.000
<i>S. neboxii</i>				1.000

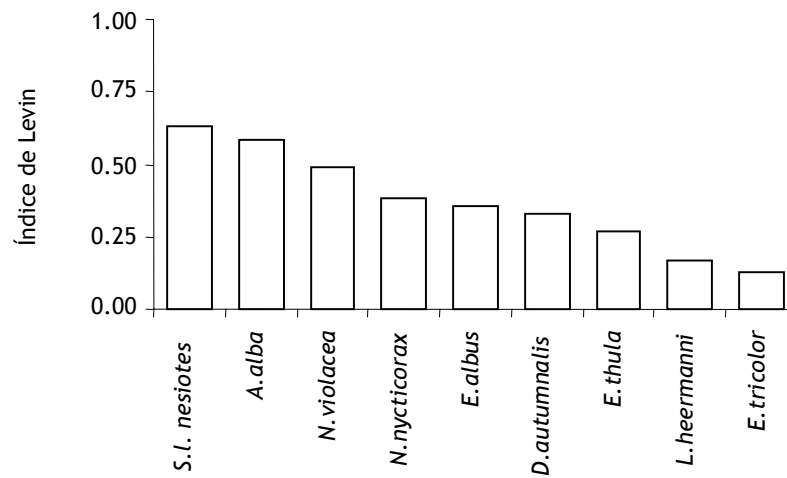


Fig. 25. Amplitud del periodo de anidación de las nueve especies de aves que anidaron conjuntamente en la isla Pajarera (categorías del recurso n=21).

Tabla 8. Sobreposición en el periodo de anidación entre pares de especies de aves que anidaron conjuntamente en la isla Pajarera.

	<i>S. l. nesiotes</i>	<i>A. alba</i>	<i>D. autumnalis</i>	<i>E. albus</i>	<i>E. thula</i>	<i>E. tricolor</i>	<i>L. heermanni</i>	<i>N. nycticorax</i>	<i>N. violacea</i>
<i>S. l. nesiotes</i>	1.000	0.478	0.638	0.220	0.362	0.246	0.049	0.455	0.590
<i>A. alba</i>		1.000	0.478	0.723	0.526	0.315	0.498	0.692	0.715
<i>D. autumnalis</i>			1.000	0.230	0.364	0.200	0.066	0.442	0.619
<i>E. albus</i>				1.000	0.557	0.418	0.519	0.652	0.565
<i>E. thula</i>					1.000	0.718	0.174	0.784	0.684
<i>E. tricolor</i>						1.000	0.059	0.546	0.430
<i>L. heermanni</i>							1.000	0.247	0.214
<i>N. nycticorax</i>								1.000	0.823
<i>N. violacea</i>									1.000

Egretta thula vs. *Nycticorax nycticorax* (0.784), *Ardea alba* vs. *Eudocimus albus* (0.723), *Egretta thula* vs. *Egretta tricolor* (0.718) y *Ardea alba* vs. *Nyctanassa violacea* (0.715) (Tabla 8). Entre estos pares de especies se compartió un porcentaje importante en sus periodos de anidación.

En Cocina las especies que presentaron una mayor amplitud en el periodo reproductivo fue *Sula leucogaster nesiotes* ($Ba=0.61$), mientras que *Larus heermanni* presentó el valor de amplitud más bajo ($Ba=0.13$) (Fig. 26). Las cuatro especies que anidaron conjuntamente presentaron una sobreposición baja, excepto *Pelecanus occidentalis* vs *Sula neboxii* (0.713) y vs. *Larus heermanni* (0.672) (Tabla 9), por lo que estas tres especies compartieron una parte importante en sus periodos de anidación.

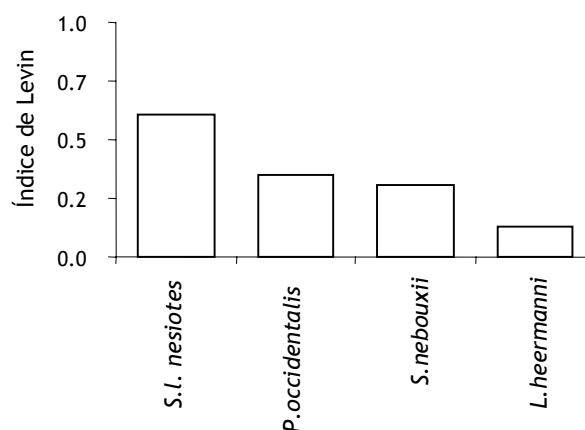


Fig. 26. Amplitud del periodo de anidación de las cuatro especies de aves que anidaron conjuntamente en la isla Cocina (categorías del recurso n=21).

Tabla 9. Sobreposición en el periodo de anidación entre pares de especies de aves que anidaron conjuntamente en la isla Cocina.

	<i>S. l. nesiotes</i>	<i>L. heermanni</i>	<i>P. occidentalis</i>	<i>S. neboxii</i>
<i>S. l. nesiotes</i>	1.000	0.049	0.214	0.234
<i>L. heermanni</i>		1.000	0.672	0.487
<i>P. occidentalis</i>			1.000	0.713
<i>S. neboxii</i>				1.000

5.2.6. Éxito reproductivo

El éxito reproductivo sólo fue analizado para *Sula leucogaster nesiotres*, debido a que fue la especie con el mayor número de parejas reproductivas (ver tabla 3). Con base en la información obtenida en cada uno de los cuadrantes (ver metodología) se contabilizaron y marcaron un total de 255 huevos en la isla Pajarera y 438 huevos en la isla Cocina.

Hubo diferencias significativas en la viabilidad entre la isla Cocina y Pajarera ($Z=2.015$, $P<0.05$). De los 255 huevos contabilizados dentro del cuadrado en la isla Pajarera sólo el 0.78% fueron viables, es decir, que permanecieron en los nidos por lo menos los 40 a 43 días del periodo de incubación sin sufrir daño aparente, mientras que en la isla Cocina sólo el 0.71% de los 438 huevos ubicados dentro del cuadrado fueron viables (Fig. 27).

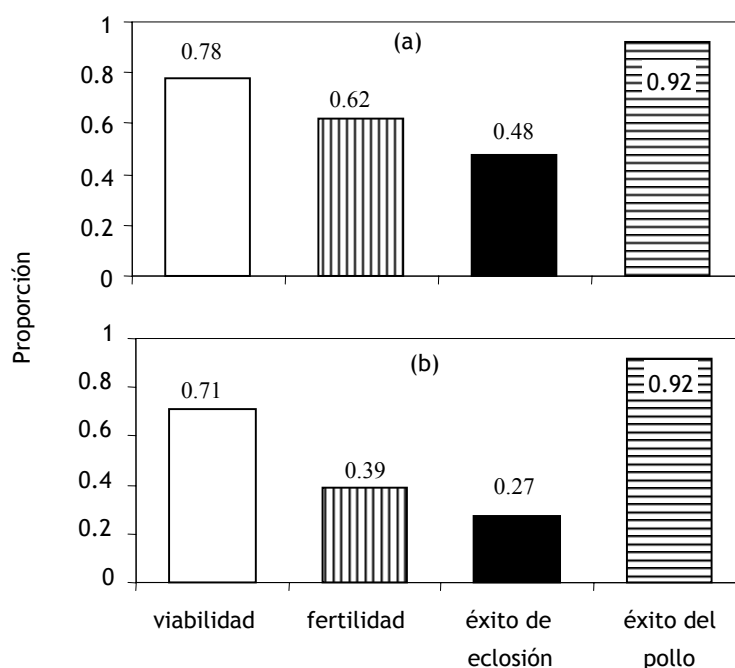


Fig. 27. Éxito reproductivo de *Sula leucogaster nesiotres* en las islas Pajarera (a)(N=255) y Cocina (b)(N=438).

La fertilidad también tuvo diferencias significativas entre las dos islas ($Z=5.050$, $P<0.05$). En Pajarera el 0.62% de los 199 huevos viables fueron fértiles, es decir, que lograron eclosionar, mientras que en Cocina sólo un 0.39% de los 311 huevos viables fueron huevos fértiles (Fig. 27).

El éxito de eclosión tuvo diferencias significativas entre los dos sitios de anidación ($Z=5.577$, $P<0.05$). En la isla Pajarera el éxito de eclosión fue del 0.48%, es decir, que sólo 122 huevos de los 255 huevos contabilizados en el cuadrante lograron eclosionar, mientras que en Cocina el éxito de eclosión fue de 0.27%, por lo que sólo 118 huevos de los 438 huevos puestos lograron eclosionar (Fig. 27).

El éxito del pollo, a diferencia de los demás parámetros no presentó diferencias significativas entre las dos islas ($Z=-0.163$, $P>0.05$). En cada una de las dos islas un 0.92% de los 122 pollos que nacieron en Pajarera y 118 pollos que nacieron en Cocina (huevos eclosionados) lograron sobrevivir las primeras cuatro semanas de vida (Fig. 27).

5.3. Análisis Espacial

5.3.1. Uso de hábitat

5.3.1.1. Análisis general

Aunque se observaron aves distribuidas en todos los hábitats, hubo diferencias significativas entre la diversidad de hábitats usados para alimentarse y para descansar en todos los grupos, excepto las aves marinas, siendo mayor la diversidad de hábitats usados para descansar (Tabla 10).

Tabla 10. Diversidad (H') de hábitats usados para alimentarse y descansar, y resultados de la prueba t de Hutcheson con un nivel $\alpha=0.05$. S=significativo, NS=no significativo.

	alimentándose	descanso				
	H'	H'	t_c	V	P	
Marinas	0.374	0.369	1.207	14957.8	$0.50>P>0.20$	NS
Patos y afines	0.025	0.589	-579.73	188899.5	$P<0.001$	S
Playeros	0.613	0.633	-4.43	9551.25	$P<0.001$	S
Garzas y afines	0.371	0.528	-26.17	17911	$P<0.001$	S

En la figura 28 se indica el porcentaje de aves que fueron observadas alimentándose y en descanso para cada uno de los grupos. Para todos ellos el espejo de agua fue el hábitat más utilizado para alimentarse (patos y afines 99.1%, marinas 55.5%, playeras 42.4% y garzas y afines 75.3%), aunque para las marinas el mar también fue un hábitat donde se observó un alto porcentaje de aves alimentándose (39.4%). Las aves playeras y garzas y afines fueron los grupos que prefirieron las áreas más someras del espejo de agua para alimentarse en comparación con los demás grupos que prefirieron aguas más profundas. Para las aves

playeras, además del espejo de agua, hubo otros sitios como las planicies arenosas, las planicies lodosas y la playa también que fueron hábitats importantes para alimentarse (20% y 22.38% y 11.9%, respectivamente)(Fig. 28a).

Los hábitats preferidos para descansar fueron más heterogéneos; en el caso de los patos y afines mostraron una preferencia por la vegetación (34.5%) circundante a los humedales y el espejo de agua (33.9%); las aves marinas y las playeras tuvieron sus valores más altos en los hábitats con sustratos blandos (29.3% y 44.4%, respectivamente). Por otra parte las garzas y afines prefirieron los manglares y la vegetación como sitios de descanso (46.1% y 36.9%) (Fig. 28b).

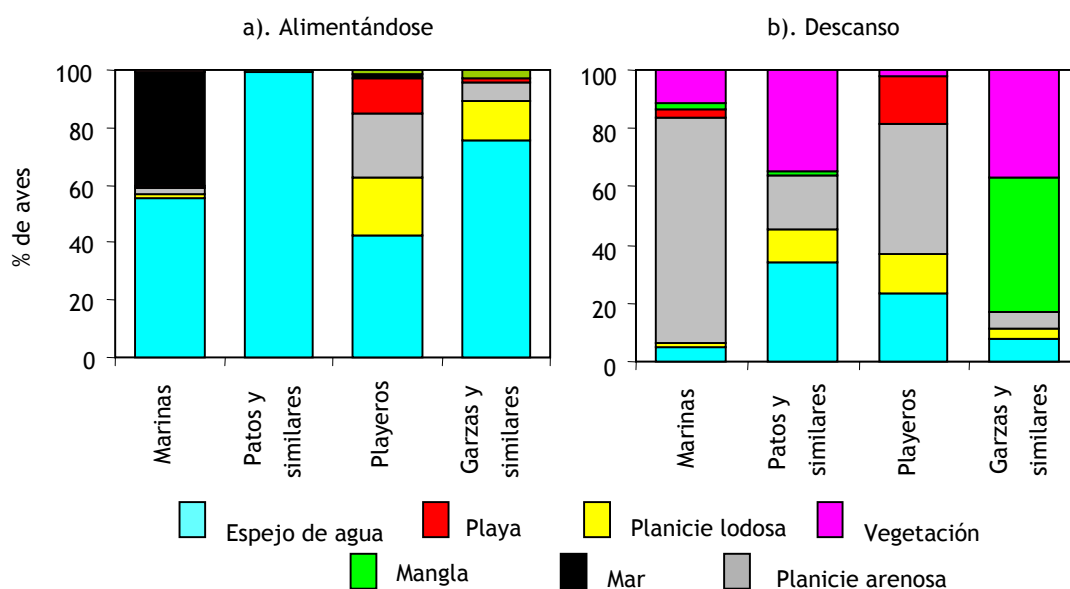


Fig. 28. Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats para cada uno de los grupos de aves.

5.3.1.2. Análisis por grupo y humedal

Aves marinas

La diversidad de hábitats usados para alimentarse y descansar por las especies de este grupo fue significativamente diferente en todos los humedales ($P < 0.001$, para cada uno), excepto en Majahuas donde no hubo diferencias significativas entre las dos actividades ($0.050 > P > 0.20$). En la mayoría de los humedales, excepto en El Chorro, este grupo usó una mayor diversidad de hábitats para descansar (Apéndice 5). En todos los humedales, excepto El Tule, el hábitat preferido para alimentarse fue el espejo de agua, seguido por el hábitat marino. Este último fue el hábitat donde se observó el mayor porcentaje de aves

alimentándose en El Chorro y El Tule (Fig. 29a). En la mayoría de los sitios hubo un mayor porcentaje de aves en descanso en las planicies arenosas. Para Chalacatepec, La Manzanilla y El Tule fue diferente; en los dos primeros hubo un mayor porcentaje de aves en descanso en las áreas de manglar, mientras que en el tercer sitio fue en el espejo de agua (Fig. 29b).

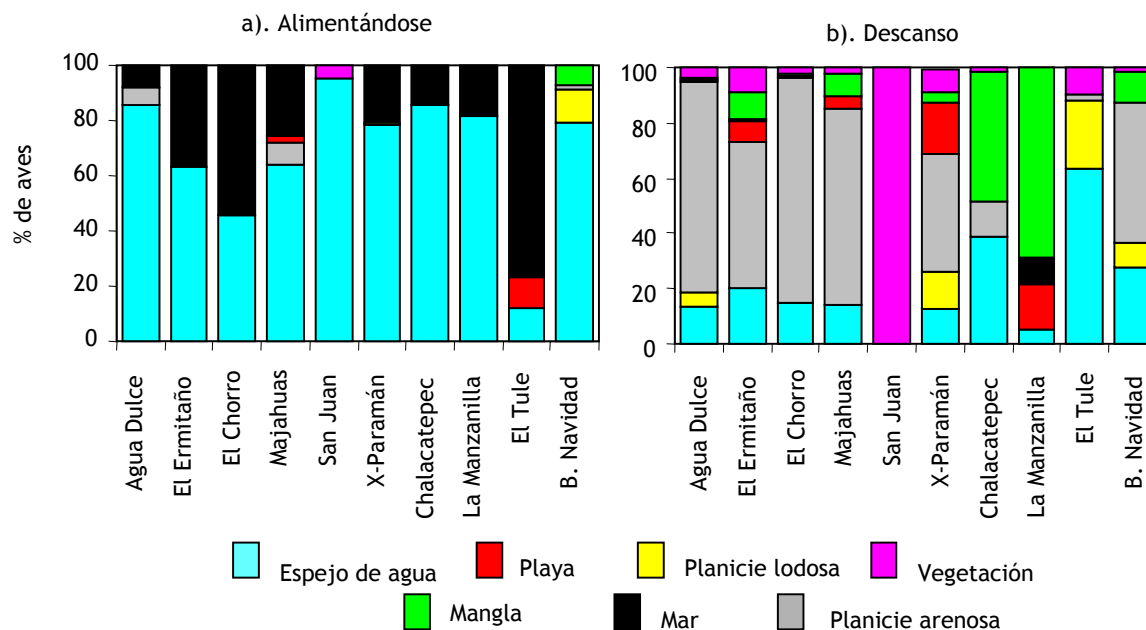


Fig. 29. Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats por parte de las aves marinas.

Patos y afines

La diversidad de hábitats usados para alimentarse y descansar fue significativamente diferente en todos los humedales ($P < 0.001$). En todos los humedales, excepto en El Tule hubo una mayor diversidad de hábitats usados para descansar que para alimentarse (Apéndice 5). Hubo un patrón similar en los hábitats seleccionados para alimentarse, siendo las áreas someras del espejo de agua donde se registró el mayor porcentaje de aves de este grupo (Fig. 30a), mientras que en las áreas someras del espejo de agua y las planicies arenosas de la mayoría de los humedales fueron hábitats seleccionados por un mayor porcentaje de aves para descansar, aunque en El Tule se registró el mayor porcentaje de aves en vegetación acuática (Fig. 30b).

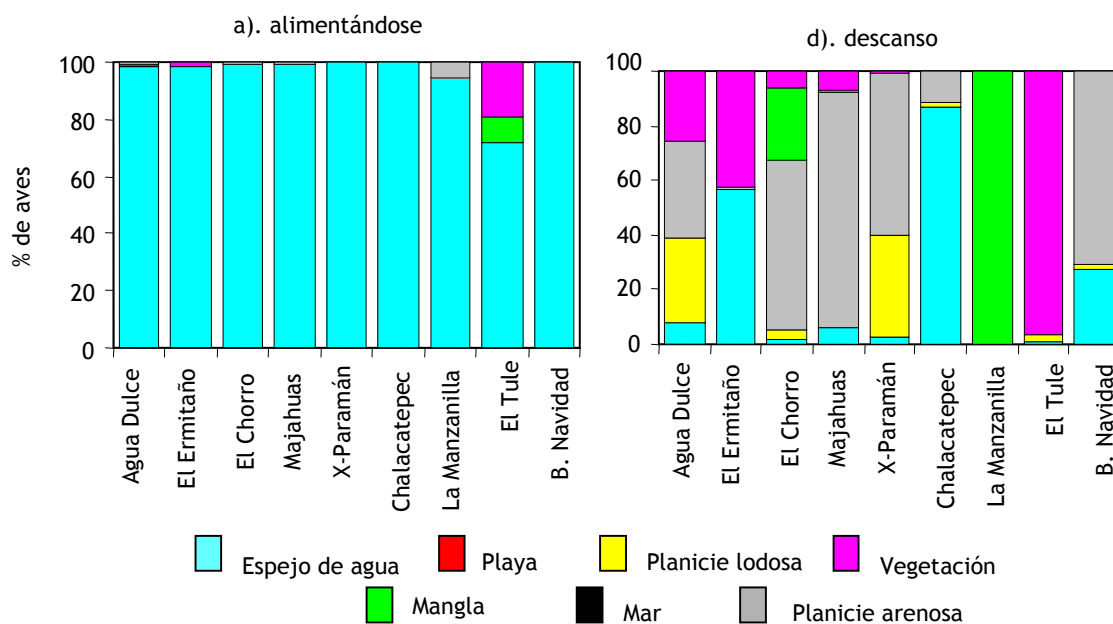


Fig. 30. Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats para los patos y afines (San Juan no fue incluido por tener abundancias relativamente bajas).

Aves playeras

En la mayoría de los humedales hubo diferencias significativas entre la diversidad de hábitats usados para alimentarse y para descansar ($P < 0.001$), excepto en Agua Dulce y Ermitaño donde aparentemente no hubo diferencias entre estas dos actividades ($P > 0.05$) (Apéndice 5). Las playeras fue un grupo que usó una mayor diversidad de hábitats tanto para alimentarse como para descansar, comparativamente con los demás grupos, siendo principalmente las áreas someras del espejo de agua (menores de 10 cm) y los sustratos blandos como las áreas lodosas, arenosas y la playa los hábitats preferidos para alimentarse (Fig. 31a). Estos mismos hábitats también fueron seleccionados para descansar, aunque el porcentaje de aves para cada hábitat varió dependiendo del sitio (Fig. 31b).

Garzas y afines

Este grupo de aves presentó diferencias significativas en los valores de diversidad de hábitats usados para las dos actividades; alimentarse y descansar ($P < 0.001$) (Apéndice 5). Las especies de este grupo fueron observadas principalmente alimentándose en las áreas someras del espejo de agua en todos los humedales (Fig. 32a).

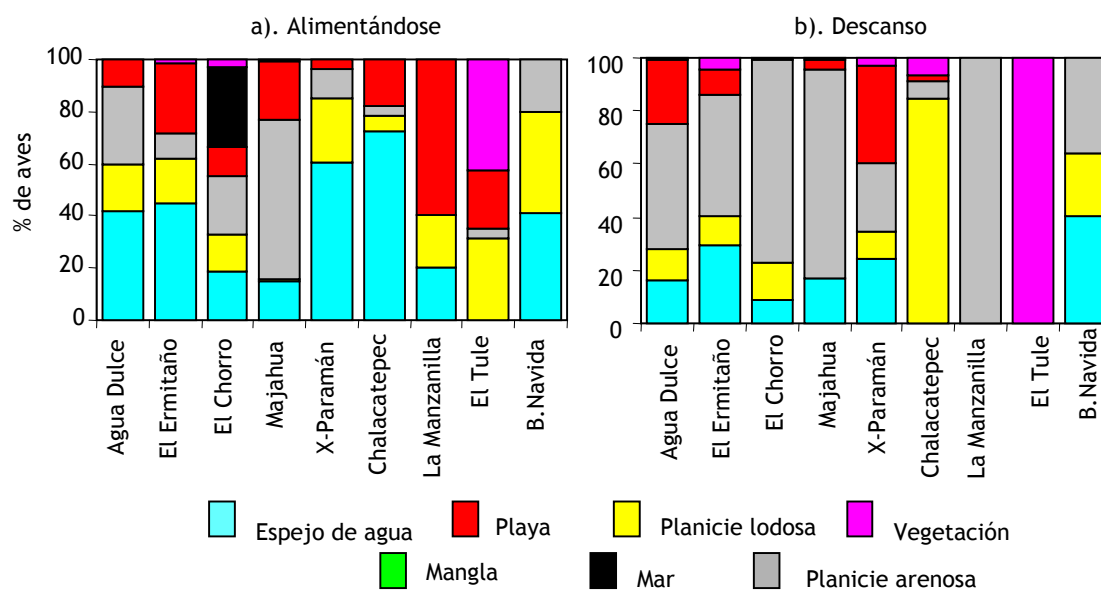


Fig. 31. Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats para las aves playeras (San Juan no fue incluido por tener abundancias relativamente bajas).

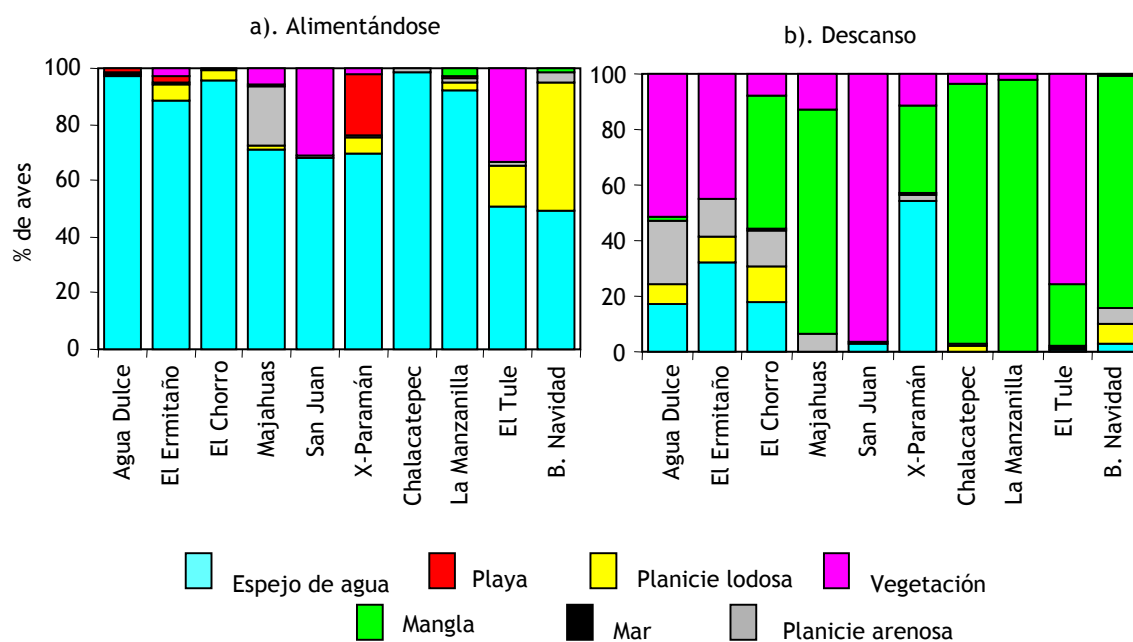


Fig. 32. Porcentaje de actividad registrada en los diferentes hábitats para las garzas y afines.

Los hábitats donde se presentó el mayor porcentaje de aves en descanso fueron diferentes; Para El Chorro, Majahuas, Chalacatepec, La Manzanilla y Barra de Navidad fueron las áreas de manglar y para Agua Dulce, El Ermitaño, El Tule y San Juan fue la vegetación (Fig. 32b).

5.3.2. Modelos predictivos

5.3.2.1. Análisis general

Con base en el análisis de todos los grupos de aves, se observó que el número de especies presentó una relación positiva con la distancia a localidades (X^2 , gl=1, $P<0.05$) y con la presencia de sustratos blandos (X^2 , gl=1, $P<0.05$). Las dos variables explicaron el 70.09% de la devianza del modelo (Tabla 11).

$$PL = 2.486 + 0.0000543 * \text{distancia a localidades} + 0.3144 * \text{presencia de sustratos blandos}$$

Tabla 11. Modelo final del número total de especies (incluyendo todos los grupos).

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D^2	D^2 Explicada(%)
Constante	2.486	0.0927		
Distancia a localidad	0.0000543	0.0000100	-49.93	40.28
Presencia de sustratos blando	0.3144	0.0782	-36.95	29.81
Grados de libertad	31			

En número de aves también se relacionó positivamente con la distancia a localidades (X^2 , gl=1, $P<0.05$) y con la presencia de sustratos blandos (X^2 , gl=1, $P<0.05$). Las dos variables explicaron el 60.5% de la devianza (Tabla 12).

$$PL = 4.845 + 0.000198 * \text{distancia a localidades} + 1.063 * \text{presencia de sustratos blandos}$$

Tabla 12. Modelo final del número total de aves (incluyendo todos los grupos)

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D^2	D^2 Explicada(%)
Constante	4.845	0.4694		
Distancia a localidad	0.0001988	0.000056	-28.45	35.5
Presencia de sustratos blando	1.063	0.426	-20.04	25
Grados de libertad	31			

5.3.2.2. Análisis por grupo

Aves marinas

El número de especies del grupo de las aves marinas se asoció positivamente con la distancia a las localidades (χ^2 gl=1, $P<0.05$) y con la presencia de sustratos blandos (χ^2 gl=1, $P<0.05$)

$$PL = 1.018 + 0.00006875 * \text{distancia a localidades} + 0.3302 * \text{presencia de sustratos blandos}$$

La mayor riqueza de especies se observó principalmente en aquellos sitios alejados de los asentamientos humanos y donde se encontraran áreas arenosas y lodosas. El modelo predijo correctamente el 53% de los sitios (18 de los 34 sitios). Las dos variables explicaron el 62% de la devianza del modelo; la variable que tuvo el mayor porcentaje de la devianza explicada fue distancia a localidad con el 38%, mientras que la presencia de sustratos blandos, contribuyó con el 24% de la devianza (Tabla 13).

Tabla 13. Modelo final del número de especies de aves marinas.

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D^2	D^2 Explicada(%)
Constante	1.018	0.1845		
Distancia a localidad	6.875×10^{-5}	1.954×10^{-5}	-19.75	38
Presencia de sustratos blando	0.3302	0.1531	-12.07	24
D^2 residual	26.846			
Grados de libertad	31			

Con respecto al número de aves marinas, este se relacionó positivamente sólo con la presencia de sustratos blandos (χ^2 , gl=1, $P<0.05$):

$$PL = 4.740 + 1.036 * \text{presencia de sustratos blandos}$$

Esto es, el número de aves fue mayor en áreas donde los sustratos blandos estuvieran presentes, y a diferencia del número de especies, la distancia a las localidades no influyó en el número de aves de este grupo. El modelo predijo correctamente en el 88% de los casos (30 de los 34 sitios). Esta variable explicó el 20% de la devianza del modelo (Tabla 14).

Tabla 14. Modelo final del número de aves marinas.

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D ²	D ² Explicada(%)
Constante	4.740	0.2588		
Presencia de sustratos blando	1.036	0.3659	-9.118	20
D ² residual	36.424			
g.l.	32			

Patos y afines

Aparentemente el mayor número de especies de patos y afines se vió afectados por la presencia humana, debido a que se relacionaron positivamente sólo con la variable de distancia a localidades (X^2 , gl=1, $P<0.05$) (Tabla 15). Es decir, que entre más alejados se encontraron de localidades fue mayor el número de especies. El modelo predijo correctamente el 94% de los sitios (32 de los 34 sitios). Esta variable explicó el 33% de la devianza del modelo.

$$PL=0.5376+0.00008265*distancia\ a\ localidad$$

Tabla 15. Modelo final del número de especies de patos y afines.

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D ²	D ² Explicada(%)
Constante	0.5376	0.2377		
Distancia a localidades	0.0000826	0.0000345	-11.45	33
D ² residual	23.00			
g.l.	32			

El número de patos y afines, se relacionó positivamente con la distancia a localidades (X^2 , gl=1, $P<0.05$), positivamente con la presencia de sustratos blandos (X^2 , gl=1, $P<0.05$), negativamente con la distancia a cultivos (X^2 , gl=1, $P<0.05$), y por último se relacionó negativamente con la distancia a ríos. Es decir, que el número de patos y afines fue mayor en sitios con sustratos blandos, alejados de las localidades pero cercanos a las áreas de cultivo y a los ríos.

$$PL=19.46+0.0004339*distancia\ localidad+1.384*presencia\ de\ sustratos\ blandos-0.000894*distancia\ cultivos-0.0006747*distancia\ a\ ríos.$$

Estas variables explicaron el 54% de la devianza del modelo, la variable que explicó más la devianza fue la distancia a localidades con el 36%, mientras que las cuatro restantes explicaron sólo el 18% de la devianza (Tabla 16). El modelo predijo correctamente el 65% de los sitios (22 de los 34 sitios).

Tabla 16. Modelo final del número de aves de patos y afines.

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D ²	D ² Explicada(%)
Constante	19.46	7.454		
Distancia a localidad	0.0004339	0.0001234	-117.2	36
Presencia de sustratos blandos	1.384	0.8282	-19.84	6
Distancia a cultivos	-0.000894	0.000417	-23.20	8
Distancia a ríos	-0.0006747	0.0004020	-14.03	4
D ² residual	139.42			
Grados de libertad	28			

Aves playeras

El número de especies de este grupo se relacionó positivamente con la presencia de sustratos blandos (X^2 , gl=1, $P<0.05$), positivamente con la distancia a localidades (X^2 , gl=1, $P<0.05$). Es decir que un mayor número de especies de este grupo prefirió los sustratos blandos más alejados de los asentamientos humanos y de las áreas de cultivo.

$$PL = -0.5115 + 0.8855 * \text{presencia de sustratos blandos} + 0.00008297 * \text{distancia a localidad}$$

Las dos variables explicaron el 54% de la devianza del modelo, la presencia de sustratos blandos explicó el 42% de la devianza, mientras que la distancia a localidades contribuyó en un 18% la devianza (Tabla 17). El modelo predijo correctamente el 74% de los sitios (25 de los 34 sitios).

Tabla 17. Modelo final del número de especies de aves playeras.

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D ²	D ² Explicada(%)
Constante	-0.5115	0.3029		
Presencia de sustratos blandos	0.8855	0.1628	-59.35	42
Distancia a localidad	8.297×10^{-5}	1.996×10^{-5}	-16.55	12
D ² residual	57.512			
g.l.	30			

El número de aves playeras, al igual que el número de especies, se relacionó positivamente con la presencia de sustratos blandos (X^2 , gl=1, $P<0.05$), y positivamente con la distancia a localidades (X^2 , gl=1, $P<0.05$). Es decir, el número de aves de este grupo aumentó conforme aumentaba la distancia a las localidades, y con la presencia de sustratos blandos como áreas arenosas y lodosas.

$$PL=1.180 +2.183*presencia\ de\ sustratos\ blandos +0.0002009*distancia\ a\ localidad$$

Las dos variables explicaron el 53.3% de la devianza del modelo, siendo la presencia de sustratos blandos la que aportó el mayor porcentaje de la devianza explicada con el 41.2% (Tabla 18). Este modelo predijo correctamente en el 62% de los sitios (21 de los 34 sitios).

Tabla 18. Modelo final del número de aves playeras.

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D^2	D^2 Explicada(%)
Constante	1.180	0.5895		
Presencia de sustratos blandos	2.183	0.5353	-60.19	41
Distancia a localidad	0.0002009	0.00007126	-17.42	12
D^2 residual	67.93			
g.l.	31			

Garzas y afines

El número de especies de garzas y afines fue el único grupo de aves que se relacionó con el índice de vegetación (NDVI), con el cual tuvo una relación positiva ($P<0.05$). Es decir, que el número de especies fue mayor en sitios con abundante vegetación. Esta variable explicó el 21% de la devianza del modelo (Tabla 19). En el 94% de los sitios el modelo predijo correctamente (32 de los 34 sitios).

$$PL=1.809+0.6295*NDVI$$

Tabla 19. Modelo final del número de especies de garzas y afines.

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D^2	D^2 Explicada(%)
Constante	1.809	0.1111		
NDVI	0.6295	0.3218	-3.921	21
D^2 residual	14.640			
g.l.	32			

En el número de aves hubo dos variables que influyeron en sus valores: se relacionó negativamente con la distancia a la boca del estero (X^2 , gl=1, $P<0.05$), y positivamente con el NDVI (X^2 , gl=1, $P<0.05$). Con base en estas variables hubo un mayor número de aves en los sitios cercanos a la boca del estero, y donde hubiera vegetación circundante. Las dos variables seleccionadas por el modelo explicaron el 22% de la varianza (Tabla 20). El modelo predijo correctamente el 97% de los sitios (33 de los 34 sitios).

$$PL=4.525-0.0002014^5 \cdot \text{Distancia a boca del estero} + 1.922 \cdot \text{NDVI}$$

Tabla 20. Modelo final del número de aves de garzas y afines.

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Reducción D^2	D^2 Explicada(%)
Constante	4.525	0.3219		
Distancia a boca del estero	-0.0002014	0.0000802	-4.181	10
NDVI	1.922	0.8928	-4.883	12
D^2 residual	32.652			
g.l.	31			

5.3.3. Mapas probabilísticos

Los mapas fueron realizados con los resultados obtenidos de los modelos para cada grupo de aves. Los mapas representan las predicciones del modelo para encontrar el número de especies y número de aves. Con base en los mapas se observó que en el análisis general (Fig. 33, Fig. 34) como por grupo (Fig. 35, Fig. 36, Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39, Fig. 40) los humedales más importantes en términos de riqueza y abundancia de aves fueron la laguna Agua Dulce, estero El Ermitaño y la laguna Xola-Paramán. Las garzas y afines fue un grupo que presentó un patrón de distribución diferente a los demás; se asociaron más a los humedales donde la vegetación y sobre todo los manglares fueron abundantes, por lo que presentó un patrón de distribución más amplio, siendo principalmente el estero Majahuas y todos los humedales localizados en la parte sur de la costa de Jalisco donde se presentó el mayor número de especies y la mayor abundancia de aves (Fig. 41 y Fig. 42).

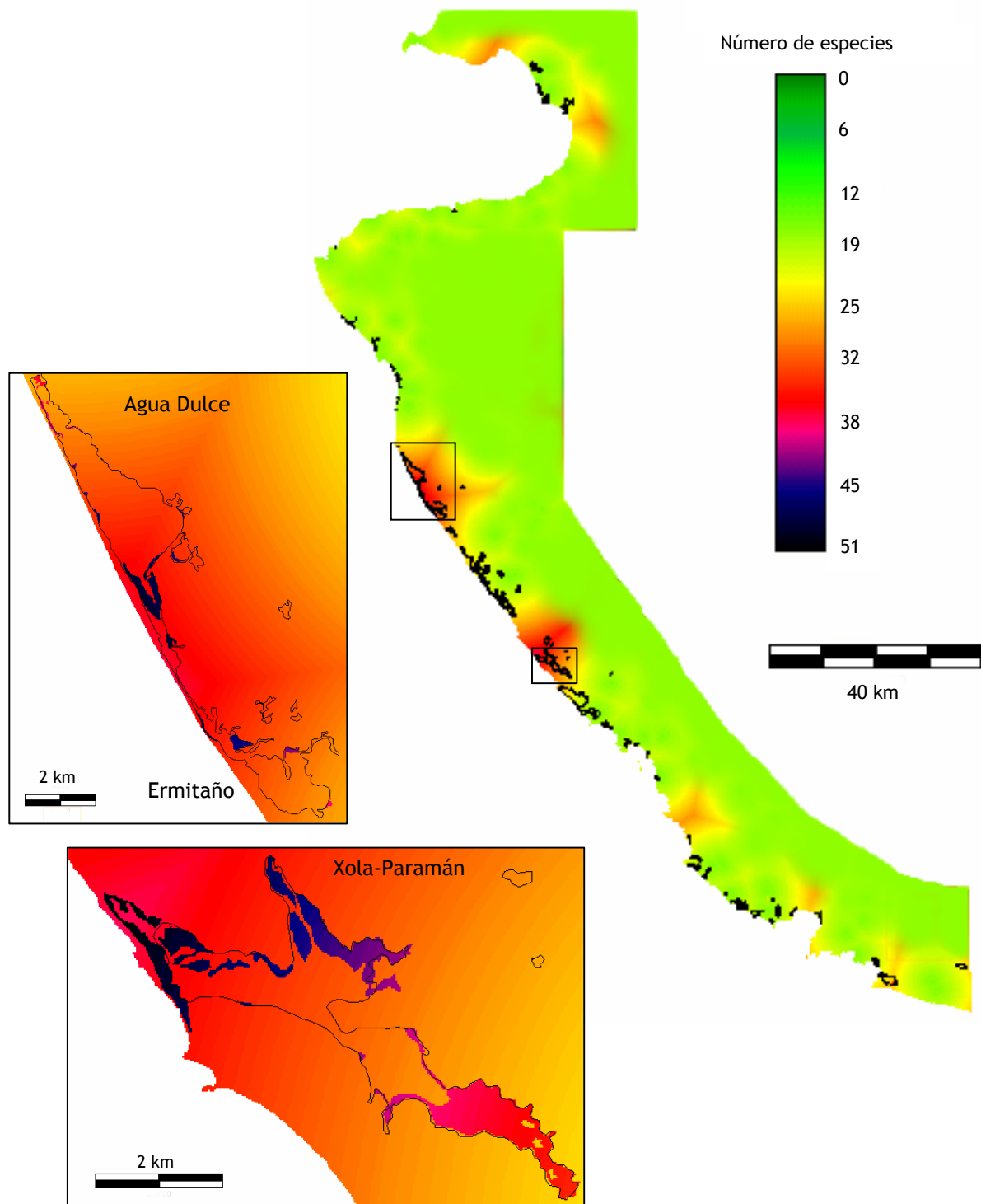


Fig.33. Distribución espacial del número total de especies (incluyendo todos los grupos).

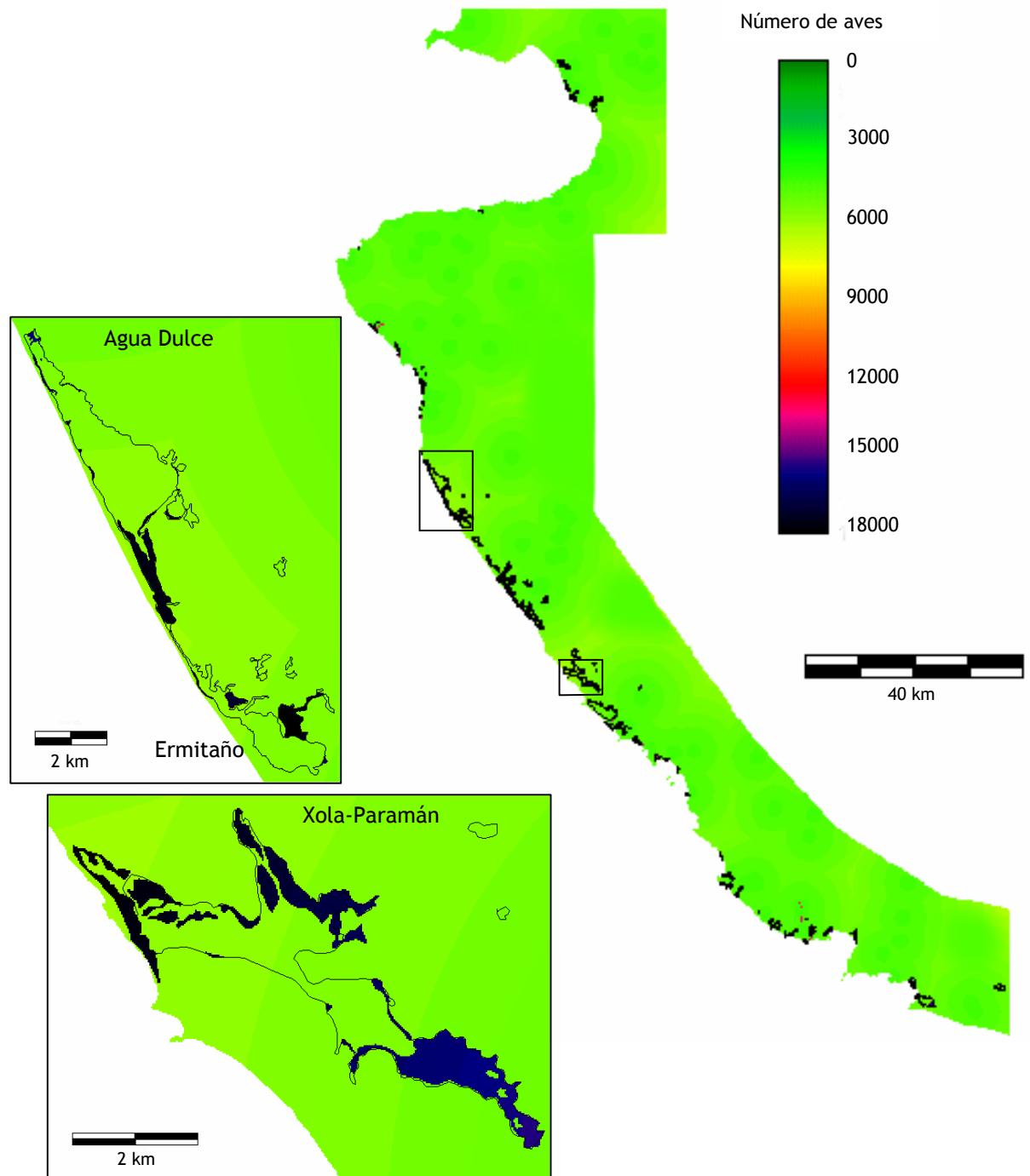


Fig. 34. Distribución espacial del número total de aves (incluyendo todos los grupos).

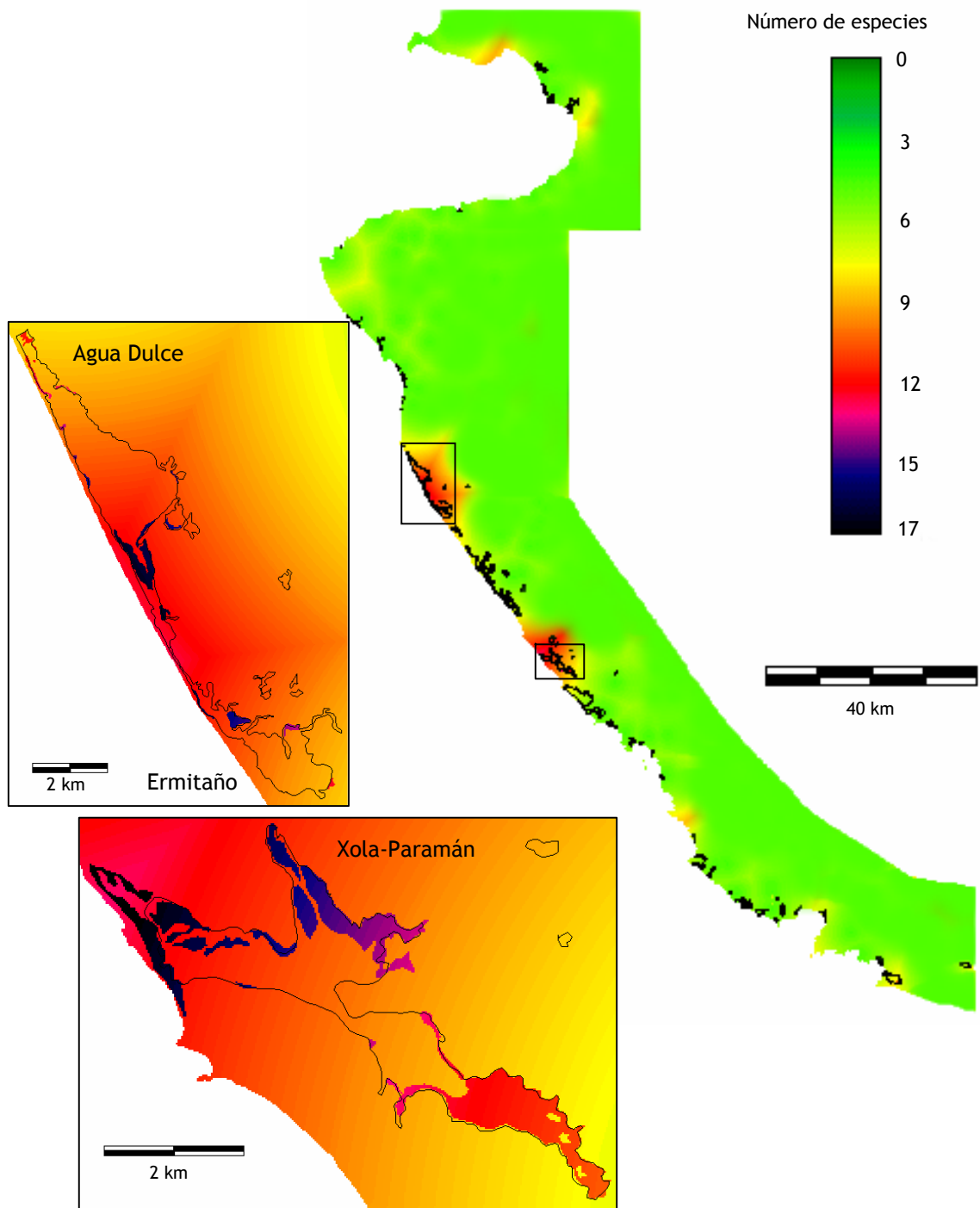


Fig. 35. Distribución espacial del número de especies del grupo de aves marina.

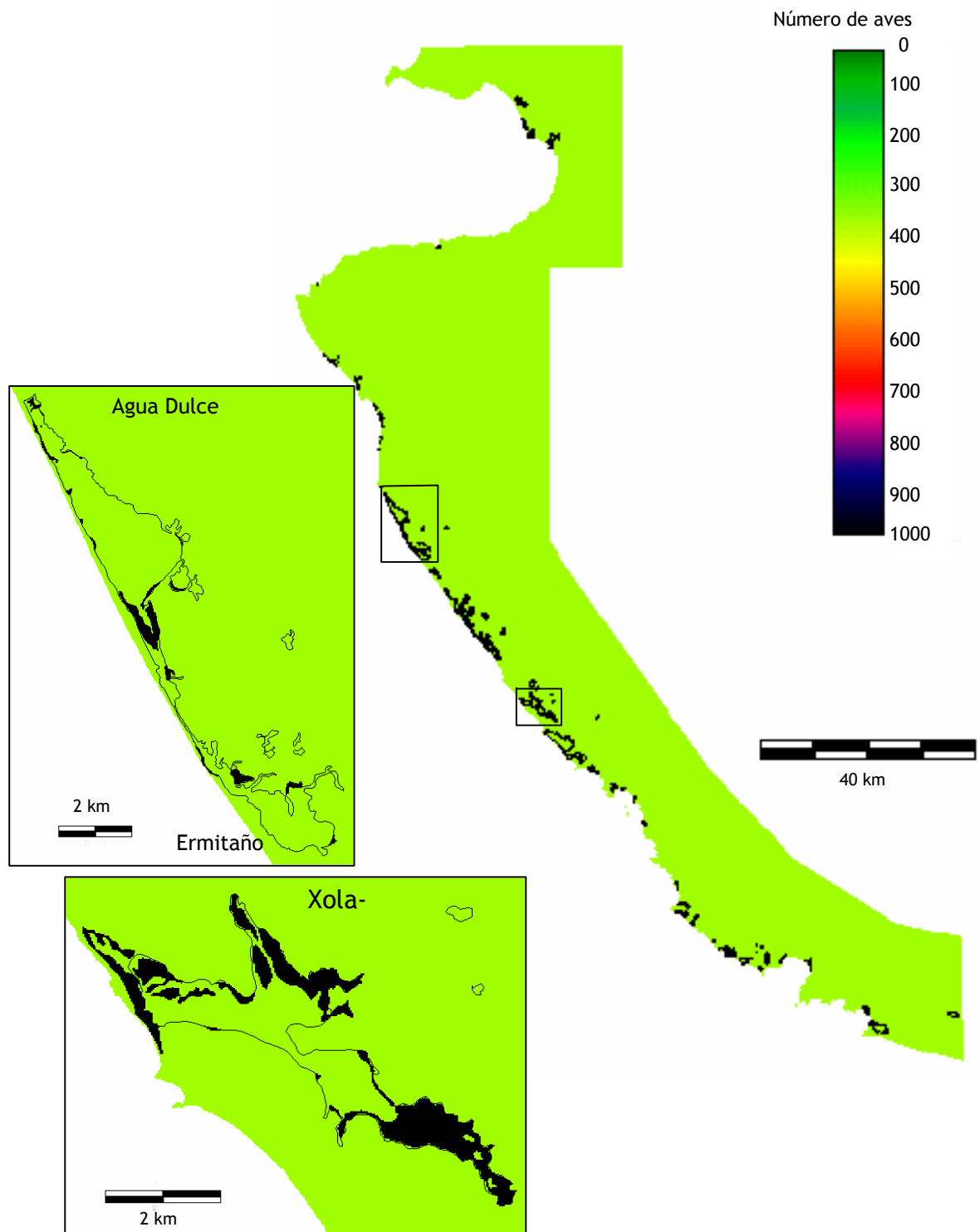


Fig. 36. Distribución espacial del número de aves del grupo de aves marinas.

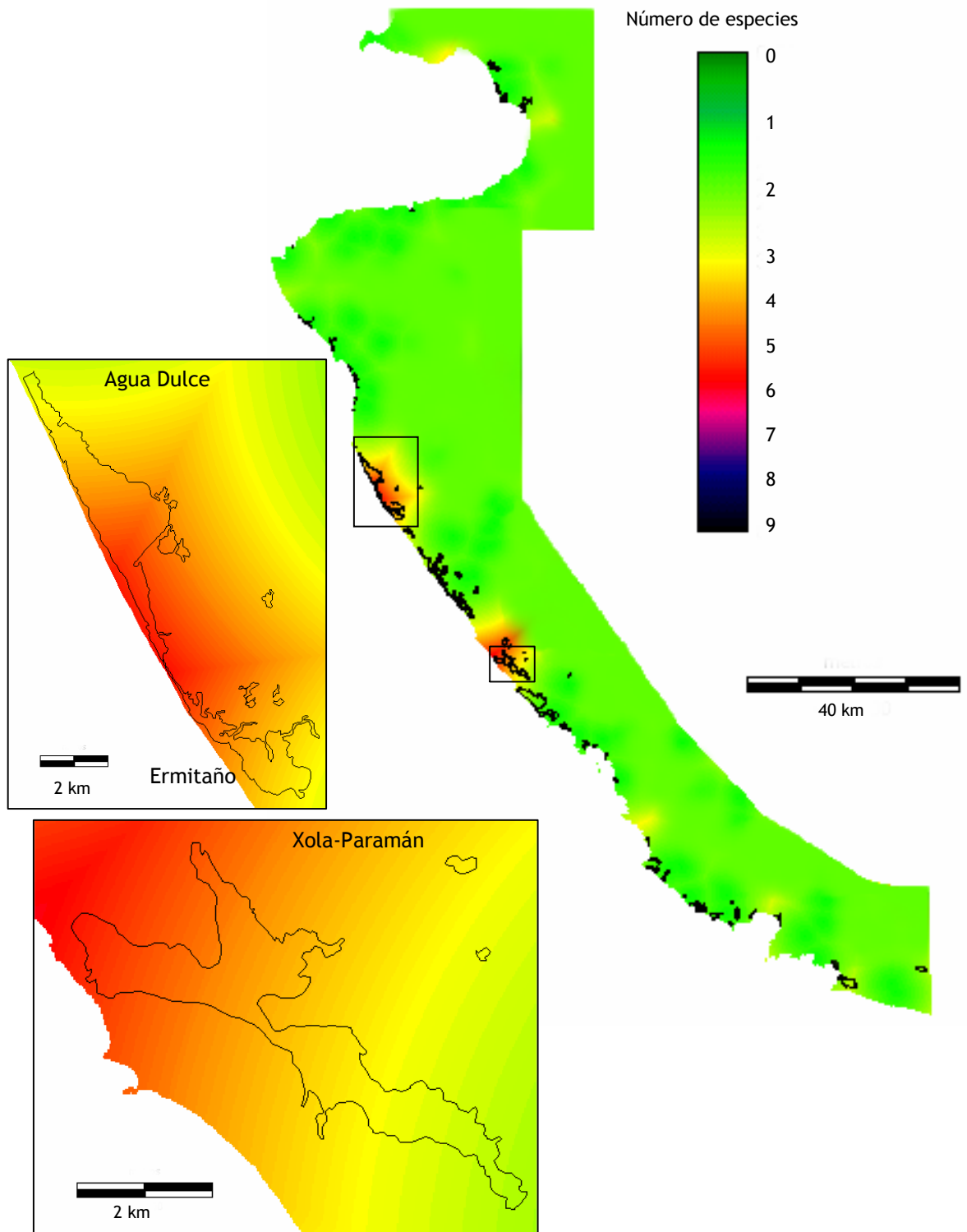


Fig. 37. Distribución espacial del número de especies del grupo de patos y afines.

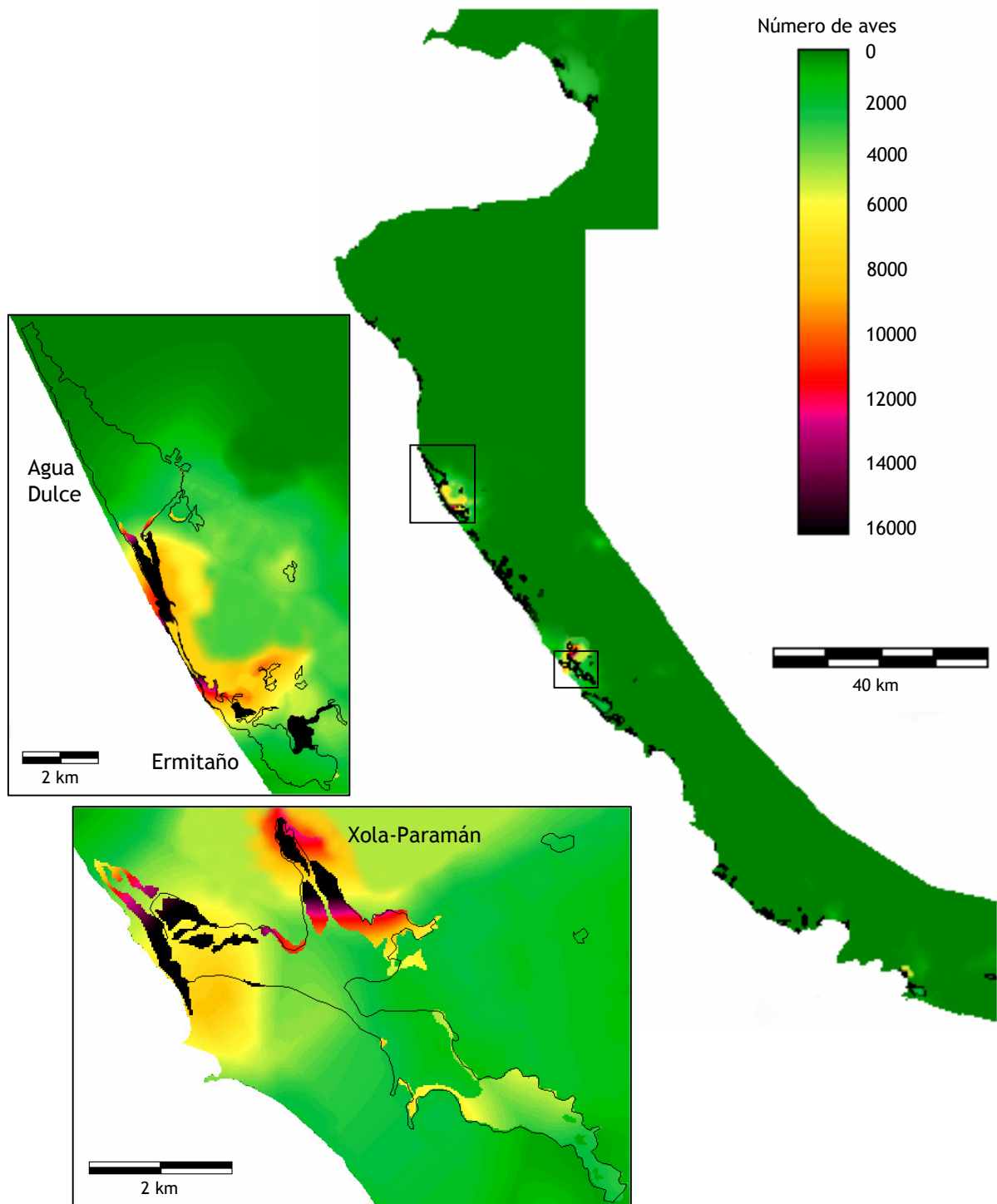


Fig. 38. Distribución espacial del número de aves del grupo de patos y afines.

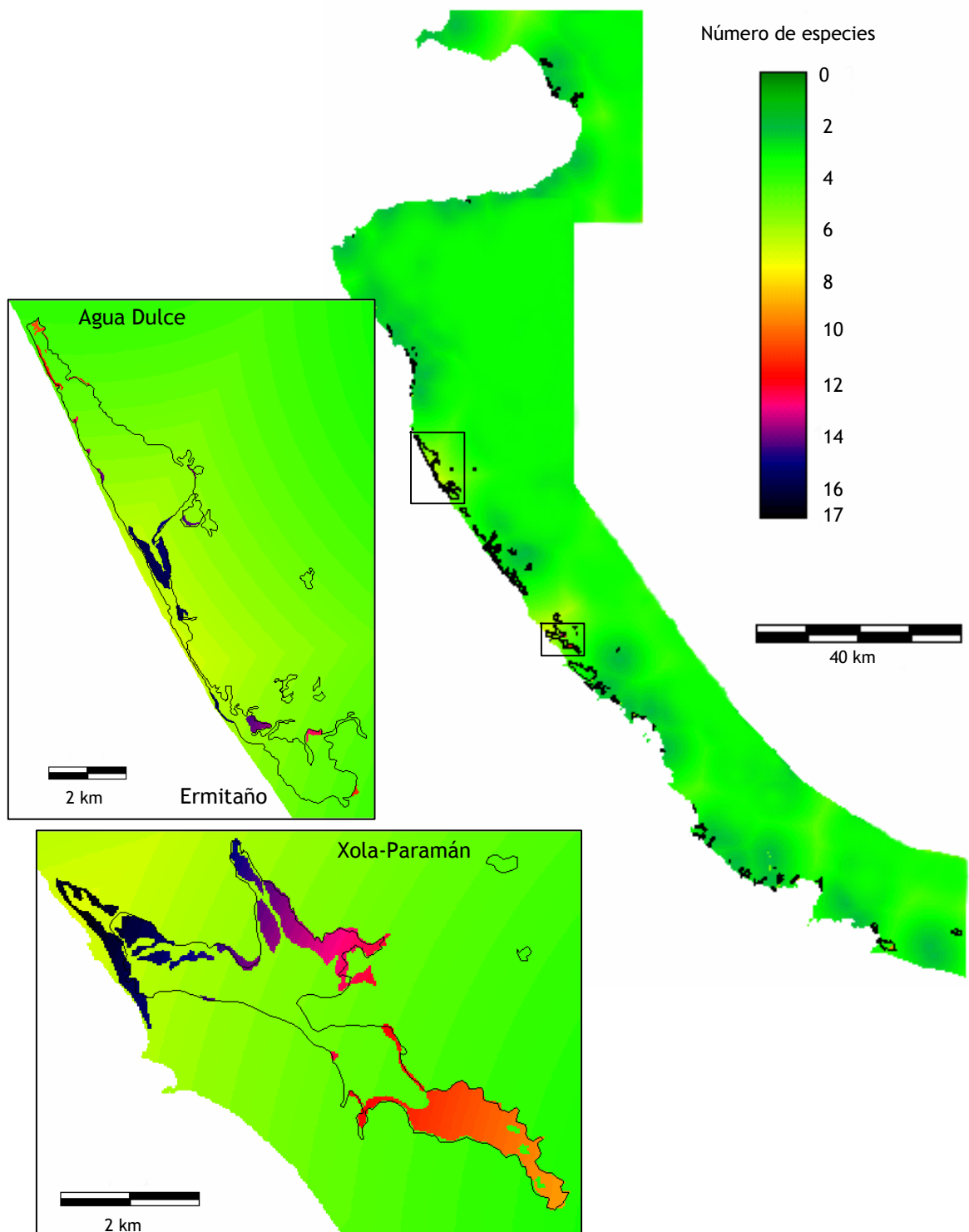


Fig. 39. Distribución espacial del número de especies del grupo de aves playeras.

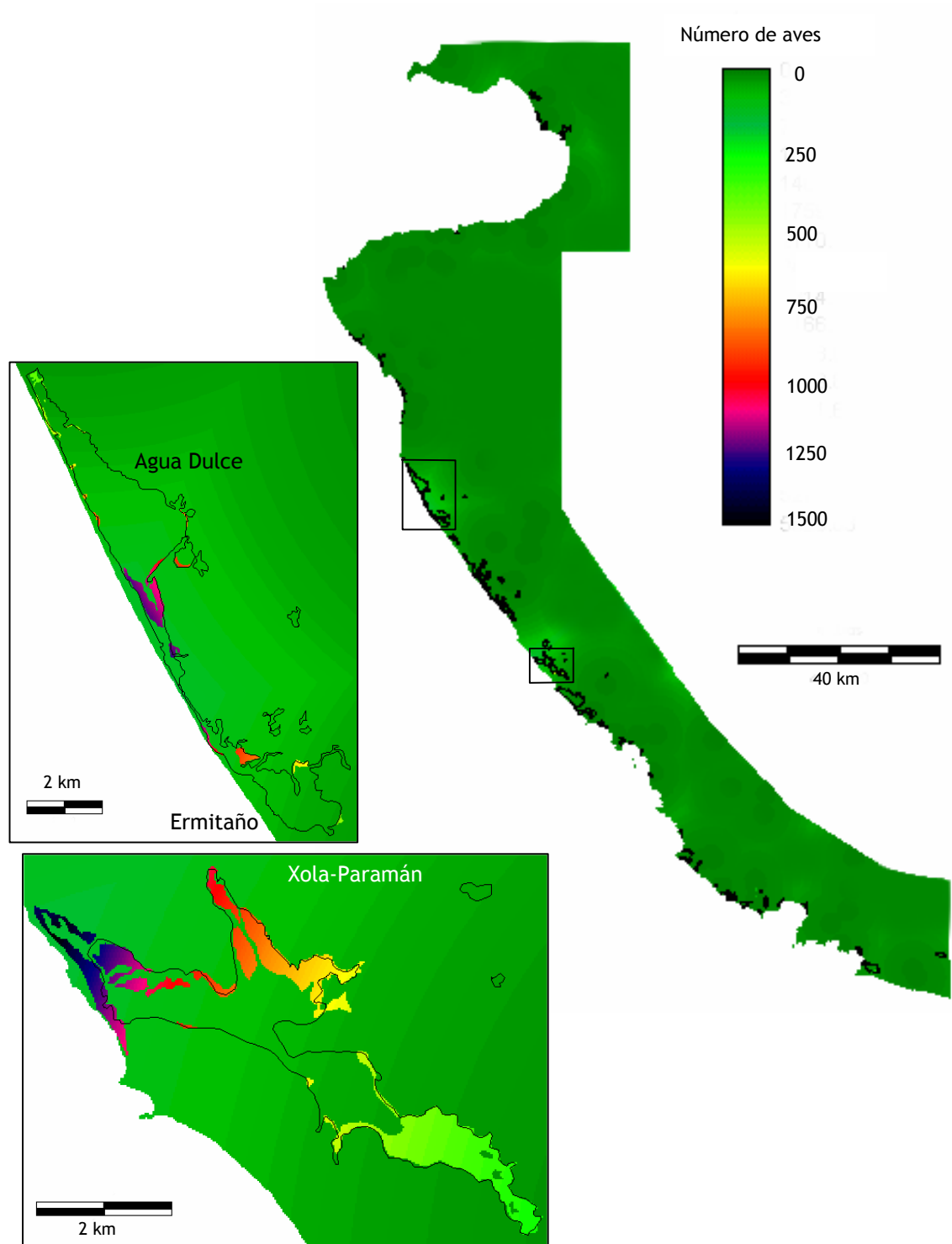


Fig. 40. Distribución espacial del número de aves del grupo de aves playeras.

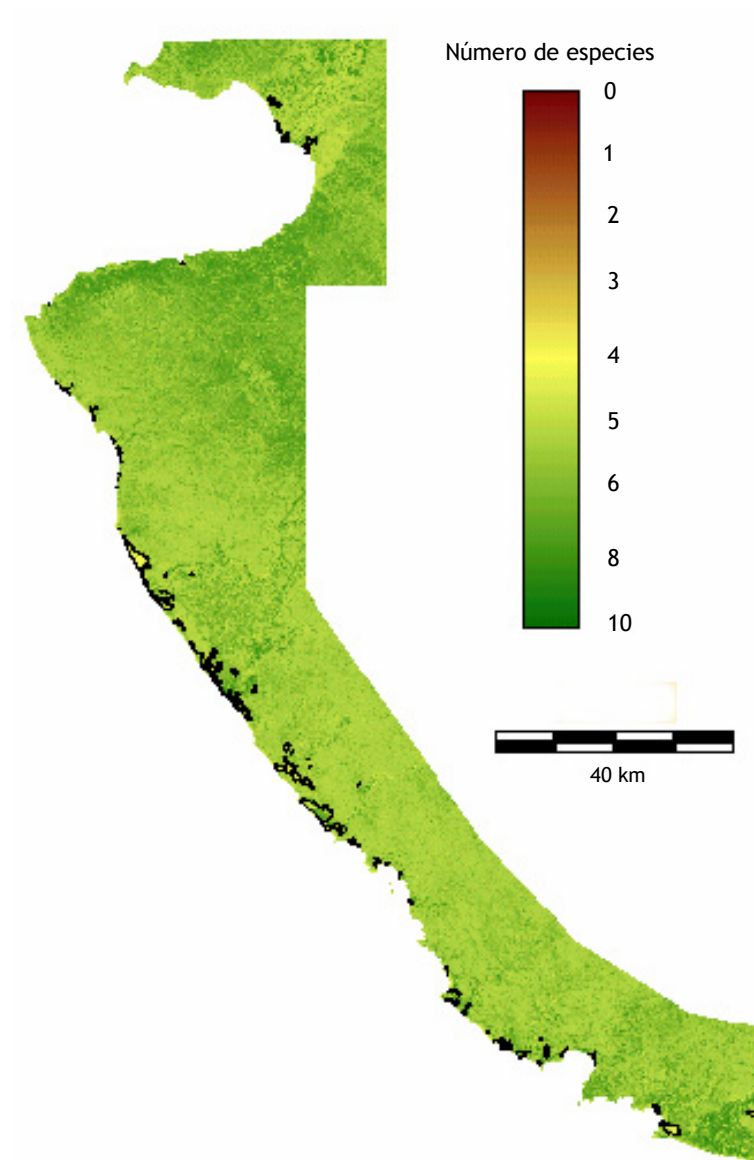


Fig. 41. Distribución espacial del número de especies del grupo de garzas y afines.

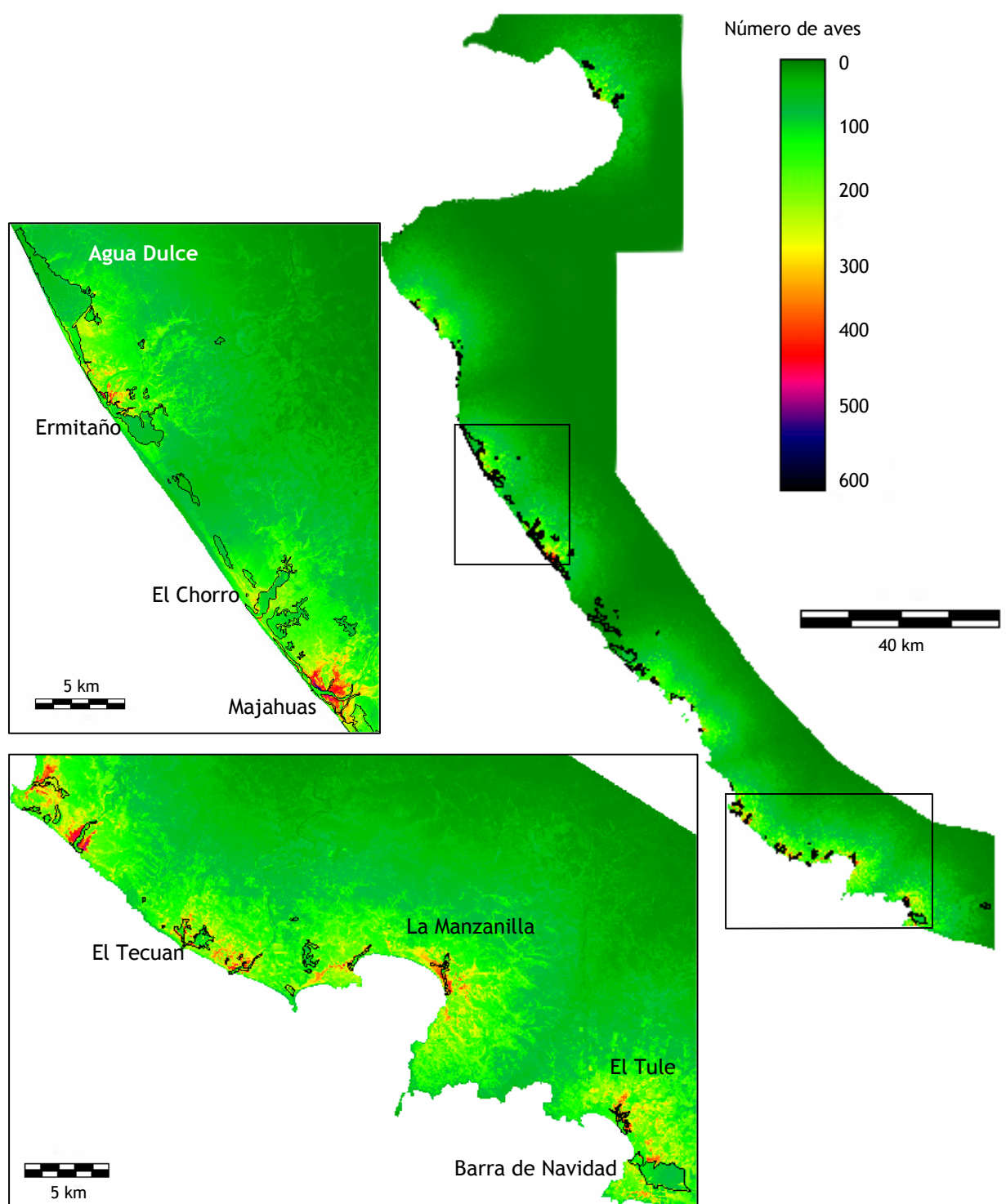


Fig. 42. Distribución espacial del número de aves del grupo de garzas y afines.

6. DISCUSIÓN

6.1. Análisis de la Comunidad

6.1.1. Composición de especies y abundancia

En los 10 humedales monitoreados en este estudio se registraron 107 especies de aves asociadas a los ambientes acuáticos. Haciendo una revisión y recopilación de todos los trabajos publicados desde 1963 a la fecha para la costa de Jalisco se encontró que se han registrado 108 especies, número muy similar al encontrado en este trabajo. Sin embargo, hubo 11 especies reportadas en la literatura que no fueron observadas en el presente trabajo, éstas son: *Aphriza virgata*, *Xema sabini* (Cupul-Magaña 2000b), *Anous stolidus*, *Aramides axillaris*, *Charadrius collaris*, *Chloroceryle amazona*, *Cairina moschata*, *Phalaropus fulicaria* (Arizmendi *et al.* 1990), *Ixobrychus exilis* (Arizmendi *et al.* 1990, Schaldach 1969), *Tringa solitaria* (Schaldach 1969). Howell (1994) publicó un listado de las aves de Colima y parte sur de Jalisco, en el que reporta a *Sterna sandvicensis* en la laguna El Tecuán. Tanto la abundancia como la frecuencia de estas especies fueron bajas, lo cual podría explicar que al ser de rara ocurrencia no fueron registradas en el presente trabajo. Sin embargo, incluyendo las especies mencionadas en la literatura más las registradas en el presente trabajo se tiene un total de 119 especies de aves acuáticas para toda la costa de Jalisco.

El número de especies registradas por nosotros ha sido ligeramente menor a lo reportado para otros estados de México. Por ejemplo, Massey y Palacios (1994) reportaron 140 especies para los humedales costeros de la península de Baja California. Sin embargo, es importante considerar que esta península tiene más del doble de línea de costa que Jalisco y mayor esfuerzo de observación. Aunque se han publicado trabajos en diferentes partes de la vertiente del Pacífico, como Sonora, Chiapas y Jalisco (Palomera-García *et al.* 1994) donde se incluye un listado de las aves acuáticas (además de las aves terrestres) es difícil su comparación debido a que en ellos presentan resultados obtenidos para todo el estado y no únicamente para la zona costera como en el presente trabajo.

Con base en la información obtenida en cada uno de los humedales monitoreados y en la literatura publicada para otros humedales de la costa de Jalisco que no fueron incluidos en el presente trabajo (ejemplo; El Tecuán, El Salado, Cajón de Peña) se observó que tanto la mayor riqueza específica como el mayor número de aves fueron registradas en Agua Dulce

(79 especies; 67,472 aves) y El Ermitaño (74 especies; 113,850 aves). Aunque la laguna Xola-Paramán no tuvo el mayor número de especies sí registró un número de aves importante (96,564 aves). El número de especies registrado en estos humedales es un poco menor a lo reportado para otros humedales de Baja California, como el estero de Punta Banda (98 especies), San Quintín (97 especies), Laguna Ojo de Liebre (88 especies), Bahía Magdalena (85 especies) (Massey y Palacios 1994) y la Salina de Guerrero Negro (77 especies, sólo acuáticas) (Carmona y Danemann 1998). No obstante, es importante considerar que los humedales de Baja California son de mucho mayor tamaño que Agua Dulce, Ermitaño y Xola-Paramán, y en muchos de ellos hay un esfuerzo de varios años de trabajo. Considerando lo anterior, el número de especies registradas en estos humedales de la costa de Jalisco no es bajo, es más bien relativamente alto considerando su tamaño.

El análisis por grupo indicó que el número de especies fue diferente entre humedales, independientemente del tamaño de los humedales, excepto en el caso de las aves marinas y playeras que presentaron un mayor número de especies en los humedales de mayor tamaño (Agua Dulce y Xola-Paramán). En el número de aves se registró las mayores abundancias en Agua Dulce, Ermitaño y Xola-Paramán. La presencia de un mayor número de especies y de aves en estos humedales puede asociarse a su tamaño, ya que son los humedales de la costa de Jalisco más grandes, por lo que seguramente hay un incremento en el tamaño y diversidad de hábitats (comparativamente con los demás humedales) que las aves aprovecharon para alimentarse y descansar.

6.1.2. Análisis de similitud entre los humedales

En el análisis general (todos los grupos de aves), tanto en el dendograma como el MDS todos los humedales fueron unidos en dos grupos (considerando la proporción de las abundancias de las especies); el primer grupo formado por El Tule, San Juan y la Manzanilla, y el segundo lo formaron el resto de los humedales (excepto Barra de Navidad). Esta separación muestra una relación en cuanto al tamaño del humedal, debido a que los humedales que conformaron el grupo uno son los de menor tamaño en relación con los del grupo dos.

En el análisis por gremio también hubo una separación de dos grupos, excepto en las playeras y garzas y afines. La composición de los grupos fue muy similar entre las marinas y patos y afines, siendo los humedales de menor tamaño unidos en un grupo (El Tule, La Manzanilla y San Juan) y los de mayor tamaño en otro grupo (Agua Dulce, Xola-Paramán,

Chalacatepec, El Ermitaño y El Chorro). Esta separación de los humedales puede estar relacionada con el tamaño y disponibilidad de hábitats de alimentación y descanso (menores en humedales más pequeños), debido a que los humedales más pequeños presentaron una menor diversidad y tamaño de los hábitats, lo cual, sin duda influyó en la distribución y abundancia de las especies. Al igual que en el análisis general, la laguna Barra de Navidad se separó del resto de los humedales (excepto en playeras y garzas y afines), ya que la proporción de las abundancias de las especies fue diferente de los demás. Es probable que esta separación se encuentre relacionada con las características de este humedal. A diferencia de los otros, este sitio se encuentra rodeado por asentamientos humanos y desarrollos turísticos (hoteles, restaurantes y una marina), además de que todo el año tiene una comunicación con el mar a través de una boca-barra que es dragada constantemente para el tráfico de embarcaciones dentro de la laguna (yates, lanchas con motor fuera de borda). Se ha documentado extensamente que estas actividades influyen negativamente en la distribución y abundancia de las aves acuáticas, así como en las actividades de alimentación y descanso (Burger *et al.* 1995, Rodgers y Smite 1997, Burger y Gochfeld 1998, Cornelius *et al.* 2001, Yorio *et al.* 2001, Lafferty 2001).

En las playeras, sólo La Manzanilla y El Tule se separaron del resto de los humedales. Estos humedales se caracterizan por estar rodeados por densa vegetación (El Tule) y de extensos manglares (Manzanilla), y en el caso del Tule en muy pocas ocasiones tiene contacto con el mar. Estas características influyen, sin duda, en la presencia y disponibilidad de hábitats adecuados de alimentación para el grupo de especies de aves playeras como son los sustratos con sedimentos blandos (planicies lodosas y arenosas) (Butler *et al.* 2001, Austin y Rehfish 2003), lo cual se vió reflejado en la baja proporción de las abundancias de las especies de este grupo, comparativamente con los demás humedales.

En las garzas y afines, la laguna de San Juan fue el único humedal que se separó del resto, debido a la baja abundancia de aves de este grupo. Custer y Osborn (1978) consideran que las especies de este grupo prefieren los ambientes estuarinos, donde el flujo y reflujo de las mareas provee de hábitats más adecuados para capturar a sus presas. Bajo este contexto la laguna de San Juan no tiene una influencia de las mareas, debido a que se encuentra a 10 km al este de la playa. Si a esto le agregamos la disminución de hábitats de alimentación (áreas someras) debido a la densa vegetación que rodea a esta laguna, es de

esperarse que la abundancia de las especies fuera inferior a la que se presenta en los demás humedales.

6.1.3. Patrones estacionales de la ocurrencia de aves acuáticas

Tanto en el análisis general como en la mayoría de los humedales (Agua Dulce, Ermitaño, Xola-Paramán, El Chorro, El Tule y Chalactepec) el mayor número de especies y de aves se presentó durante el invierno (diciembre-marzo) debido a la llegada de un mayor número de especies migratorias. En el número de aves, las mayores abundancias fueron fuertemente influenciadas por los patos y afines, los cuales a su vez fueron influenciados por algunas especies, como *Dendrocygna autumnalis*, *Fulica americana* y *Anas acuta*, mientras que en las aves marinas fueron *Larus atricilla* y *Phalacrocorax brasilianus*. Aunque algunas de estas especies son residentes, sus poblaciones se incrementaron durante el invierno probablemente por las migraciones locales que realizan hacia los sitios de reproducción. Con base en recorridos de campo se constató que durante el periodo reproductivo de *Dendrocygna autumnalis* (mayo-agosto) un mayor número de aves se desplazó fuera de los ambientes acuáticos probablemente en busca de áreas adecuadas para anidar, como áreas que contienen vegetación densa y huecos en troncos de árboles (Hernández-Vázquez y Mellink 2001) y algunas islas cercanas a la costa. Cupull-Magaña (2000a) observó en el estero El Salado, Jalisco, que las máximas abundancias de esta especie se presentaron en marzo y mayo, uno o dos meses después a las registradas en el presente trabajo, por lo que es probable que también se desplace a otros humedales localizados más al norte, como puede ser el estero El Salado. *Anas acuta* es una especie migratoria que fue registrada durante todo el invierno, por lo que estos humedales y en particular Agua Dulce, Ermitaño, Xola-Paramán y Chalacatepec fueron humedales importantes para que esta especie migratoria pudiera satisfacer sus necesidades de alimentación, descanso y protección durante el invierno.

Las aves playeras y garzas y afines fueron grupos menos abundantes. En el caso de los playeros las mayores abundancias fueron registradas durante el otoño e invierno cuando las aves se desplazaron a sus sitios de invernación (sur) o reproducción (norte). Este incremento en el número de aves fue más evidente en los humedales que tienen contacto con el mar a través de una boca-barra, tales como El Chorro, Majahuas, Agua Dulce (canal), Ermitaño y Barra de Navidad. Al igual que Hernández-Vázquez y Mellink (2001), en el presente trabajo se observó que la mayor abundancia de aves fue influenciada por las

condiciones hidrológicas de los humedales, debido a que el mayor número de aves tanto migratorias como residentes fue registrado durante el periodo en que el nivel del agua se encontraba más bajo por efectos de los cambios en la marea. Esta variación en las mareas es un factor importante que influye en la disponibilidad de hábitats y consecuentemente en la disponibilidad de alimento (Yates *et al.* 1993, Butler *et al.* 2001, Morris *et al.* 2002, Austin y Rehfish 2003).

Las garzas y afines fue el grupo con la menor abundancia. Al igual que lo que reporta Ntiamoa-Baidu *et al.* (2000) las especies de este grupo no presentaron un claro patrón de estacionalidad. Este grupo, a diferencia de los anteriores, está formado en su mayoría por especies residentes, lo cual se reflejó en la poca variabilidad en el número de aves registradas mensualmente. Las especies más abundantes observadas a lo largo del periodo de estudio fueron *Egretta thula* y *Eudocimus albus*. El ligero incremento en el número de aves registrado a partir de marzo se debió a que un mayor número de aves se concentró en algunos humedales para establecer sus colonias reproductivas, tal como *Ardea alba*, *Bubulcus ibis*, *Egretta thula*, *Butorides virescens* y *Cochlearius cochlearius*, entre otras.

6.2. Aspectos reproductivos de las aves acuáticas

Los aspectos de la biología reproductiva de las aves acuáticas es un factor importante a considerar para la protección de las aves. Esta importancia radica en el simple hecho de que al conservar las áreas reproductivas se evitará que la población de una especie desaparezca o disminuya, o a que las especies reproductivas con alguna categoría de protección puedan recuperarse. Por esto, cuando hay una limitación en los sitios de reproducción (por la destrucción de hábitats) la protección y el manejo de sus hábitats es esencial para mantener la población (Amat *et al.* 1985, Nur *et al.* 1999, James *et al.* 2002).

6.2.1. Especies reproductivas registradas

En la poca información publicada sólo se han reportado colonias reproductivas de *Sula leucogaster nesiotes* (Sánchez-Hernández y Pérez-Jiménez 1972, Gaviño de la Torre 1975), *Sterna antillarum* (García y Ceballos 1995) y *Butorides virescens* y *Cochlearius cochlearius* (Hernández-Vázquez y Fernández-Aceves 1999). En el presente trabajo se reporta la presencia de 22 especies reproductivas en la costa de Jalisco. Es probable que el número de especies reproductivas sea mayor a las registradas en este trabajo, ya que algunos pequeños humedales no fueron visitados y con base en comentarios de los pescadores de la

región, en algunos de esos sitios se han observado otras colonias reproductivas distintas a las aquí reportadas, muy probablemente se trate de especies de *Sterna* o *Larus*.

Sula leucogaster nesiotus fue la especie con el mayor número de parejas reproductivas en la costa de Jalisco, y aunque el número de nidos fue mayor a los reportados para la isla Cook en el Océano Pacífico (75 parejas)(Jones 2001), aparentemente su población ha ido disminuyendo en los últimos años. Gaviño de la Torre (1975) reportó para la isla Pajarera un total de 9,524 nidos de *Sula leucogaster nesiotus*, seis veces más a las registradas en el presente trabajo. Aunque se desconocen las causas de este descenso es probable que sea un reflejo del aumento de actividades antropogénicas a las que han sido sujetas estas dos islas durante los últimos años. Las islas no cuentan con restricción de acceso, y en varias ocasiones se pudo constatar que grupos de turistas paseaban por las colonias reproductivas sin ningún control ni cuidado, lo que originó que los adultos emprendieran el vuelo dejando los nidos desprotegidos, momentos que fueron aprovechados por algunas aves, como el Aura (*Cathartes aura*) para depredar los huevos y en algunos casos los pollos. El efecto de estas actividades turísticas a las colonias reproductivas ha sido documentado para otras aves marinas (Nisbet 2000, Yorio *et al.* 2001). Estos autores mencionan que las visitas de personas a las colonias reproductivas sin ningún control tienen un impacto directo en la destrucción de los nidos y huevos, originando una deserción de los mismos por parte de los padres.

El número de parejas reproductivas de *Sterna antillarum* reportadas por García y Ceballos (1995) fueron superiores a las registradas en el presente estudio. *Sterna antillarum* es una especie que usa los mismos sitios de anidación año con año y tiene la capacidad de colonizar rápidamente nuevas áreas de anidación (García y Ceballos 1995). Bajo este contexto considero, al igual que estos autores, que la presencia de un mayor número de parejas reproductivas en la playa Cuitzmala podría deberse a que es una playa protegida de algunos efectos antropogénicos, por tal motivo las parejas pueden asegurar un mayor éxito reproductivo, mientras que la laguna Xola-Paramán es un sitio sin ninguna protección y es visitada frecuentemente por pescadores y turistas, lo que originó un menor número de parejas reproductivas y por lo tanto un menor éxito reproductivo.

Las colonias reproductivas de *Butorides virescens* y *Cochlearius cochlearius* registradas por Hernández-Vázquez y Fernández-Aceves (1999) fueron similares a las observadas en el

presente estudio. En ambos casos fue en el estero La Manzanilla y en los mismos sitios de anidación, lo que indica que estas dos especies han ubicado sus nidos en los mismos sitios, por lo menos en los últimos años.

Los sitios con el mayor número de especies y parejas reproductivas fueron las islas Cocina y Pajarera. Ha sido estudiado y documentado que el anidar en islas reduce el riesgo de depredación de huevos, pollo y adultos por algunos depredadores terrestres (Harris *et al.* 1997, Yorio *et al.* 2001). El anidar en colonias reproductivas, como las observadas en las islas Cocinas y Pajarera, es un patrón común en muchas aves acuáticas. Aunque el anidar en colonias puede traerle desventajas (parasitismo, enfermedades, competencia), el hecho es que este comportamiento debe de traerle más beneficios que desventajas (Wittenberger y Hunt 1985). Clásicamente las ventajas de anidar en colonias reproductivas se han relacionado con la protección de depredadores (Wittenberger y Hunt 1985, Siegel-Causey y Kharitonov 1990) y una mayor eficiencia en la localización del alimento. Sin embargo, recientemente se ha sugerido que el hecho de que las aves críen en agregaciones más que protegerlas las hace más vulnerables, debido a que atraen más fácilmente a sus depredadores (Clode 1993, Coulson 2002)). Danchin y Wagner (1997) proponen la “hipótesis de selección de hábitat” como un marco general de la cría en colonias. Estos autores proponen que las aves pueden no estar seleccionando la coloniabilidad sino que eligen ventajas o “bienes” como hábitats de nidificación y parejas, lo cual secundariamente produce agregaciones. La hipótesis de selección de hábitat señala que los animales pueden elegir lugares de cría a través de la información del éxito reproductivo de otras parejas, que permite a los individuos maximizar el suyo propio (Cadiou *et al.* 1994, Boulinier y Danchin 1997).

6.2.2. Sustratos de anidación y características del nido

Las especies observadas en las islas Cocina y Pajarera ubicaron sus nidos en una gran variedad de sustratos de anidación, y aún entre aves de la misma especie. Por ejemplo, *Sula leucogaster nesiotus* anidó en sustratos areno-arcillosos con pasto, rocas y en sitios con pendiente hasta de 40°. Esta amplitud en los sustratos de anidación puede atribuirse al gran número de parejas reproductivas que llegan a las islas; por lo tanto, las parejas que llegan primero seleccionan los lugares más adecuados para ubicar sus nidos y una vez que estos sustratos han sido saturados las nuevas parejas ubican sus nidos en los sustratos disponibles. Con base en la información obtenida en los cuadrados seleccionados en cada

isla (ver metodología) se observó que los sustratos más adecuados para anidar fueron los sustratos areno-arcillosos sin pendiente y cubiertos con pastos pequeños. Estas características le pueden servir de protección y camuflaje de los nidos, huevos y pollos contra depredadores (algunos reptiles y aves) y algunos factores abióticos, como ciclones, viento y lluvias. Mientras que los sitios menos adecuados aparentemente fueron los sustratos areno-arcillosos con pendientes y desprovistos de pastos. Bajo estas condiciones los nidos fueron más visibles a sus depredadores y más susceptibles a ser destruidos por la erosión causada durante las lluvias, como fue constatado en varias ocasiones en campo. Considerando lo anterior es evidente que la isla Pajarera tiene sustratos más adecuados para que las parejas de *Sula leucogaster nesiotus* ubiquen sus nidos en comparación con la isla Cocina, siendo similar a las observaciones de campo que Gaviño de la Torre realizó en 1975 en estas dos islas.

Las especies reproductivas más comunes de los humedales fueron los Ciconiiformes. Este grupo de aves usó la vegetación acuática, como el mangle (estero La Manzanilla y la laguna Chalacatepec) y árboles de *Anona* sp (laguna El Tule) para ubicar sus nidos. Este tipo de vegetación le provee de material de construcción y de sustratos con ramas gruesas que puedan soportar su peso, además del nido. La posición de los nidos observados en el sentido vertical, apoya la idea de que las garzas ponen sus nidos en relación directa con el tamaño del ave, es decir, las aves de mayor tamaño anidan más alto y las más pequeñas en lugares más bajos (Custer *et al.* 1996, Hernández-Vázquez y Fernández-Aceves 1999). Esto fue más evidente entre las especies que anidaron en la laguna El Tule y La Manzanilla ($t=3.50$, $gl=5$, $p=0.01$, $R^2=0.71$). En la laguna El Tule las parejas reproductivas de *Ardea alba* ubicaron sus nidos en la parte alta de los árboles de *Anona* sp y a una altura mayor de 350 cm, mientras que *Egretta thula*, *Bubulcus ibis* y *Butorides virescens* ubicaron sus nidos a una altura menor de 300 cm. En La Manzanilla *Cochlearius cochlearius* ubicó sus nidos entre los manglares y a una altura mayor de los 350 cm, mientras que *Butorides virescens* ubicó sus nidos en la orilla de los manglares y a una altura entre 100 y 150 cm. Este patrón ha sido observado por otros autores, como Dickerman y Juárez (1971) y Hernández-Vázquez y Fernández-Aceves (1999), considero que esta distribución puede estar asociada con la accesibilidad a los sitios de anidación; las especies de mayor tamaño requieren de sitios más abiertos donde puedan realizar sus maniobras de vuelo para la construcción de los nidos, empollar o alimentar a los pollos, mientras que las especies de menor tamaño estas actividades las pueden realizar en sitios con vegetación más densa. Esta distribución

disminuye el grado de sobreposición en los sustratos de anidación entre estas especies de aves que tienen requerimientos ecológicos similares.

En los ambientes estuarinos, a diferencia de las islas, algunas especies reproductivas fueron más vulnerables a predadores terrestres o a inundaciones por los cambios en el nivel del agua, sobre todo en las especies que ubicaron sus nidos sobre sustratos arenosos y en la periferia del espejo de agua. Un ejemplo de este riesgo fue observado para *Himantopus mexicanus*, *Haematopus palliatus* y *Rynchops niger* que anidaron en pequeños islotes de arena de aproximadamente 15 m² y ubicados en la parte noroeste de la laguna, cerca de la boca-barra. Durante el estudio esta laguna no tuvo una comunicación con el mar de forma natural (a través de una bocabarra), por lo que el aporte de agua marina fue principalmente a través de una compuerta artificial que la comunica con el estero El Ermitaño y la cual es controlada por la cooperativa pesquera. La mayor parte del tiempo la laguna mantuvo un nivel de agua constante, pero cuando la compuerta fue abierta el nivel del agua aumentó e inundó los pequeños islotes de arena ubicados en la parte norte de la laguna y con ello la destrucción de todos los nidos, huevos y pollos de *Himantopus mexicanus*, *Haematopus palliatus* y *Rynchops niger* que se establecieron en este sitio.

6.2.3. Tamaño de nidada

Al comparar el tamaño de la nidada con los reportados por otros autores para la misma especie, se observó que nuestros resultados son muy afines. Por ejemplo Nelson y Baird (2002) reportaron para *Pelecanus occidentalis* un tamaño de nidada de dos a tres (promedio de 2.6). Carmona y Lozano (2002) y Nelson y Baird (2002) reportaron para *Larus heermanni* un tamaño de nidada de uno a tres huevos. Para *Sula leucogaster nesiotis* Gaviño de la Torre (1975) y Nelson y Baird (2002) reportan que esta especie tiene un tamaño de nidada de uno a tres, siendo más frecuente dos. Aunque el número de huevos por nido de *Sula leucogaster nesiotis* dentro de los cuadros seleccionados en los dos sitios donde anidó fue de uno a tres, resulta interesante mencionar que fuera de los cuadros de la isla Pajarera hubo dos nidos con cinco huevos cada uno, de los cuales sólo cuatro en un nido y tres en otro lograron eclosionar. Este hecho resulta extraordinario si se considera que, aparentemente, no está registrado en la literatura para esta especie ni para las especies de este género. Los valores observados en cuanto al tamaño de nidada para otras especies como *Butorides virescens* y *Cochlearius cochlearius* se consideran acordes con los

reportados por Dickerman y Gaviño (1969), Dickerman y Juárez (1971) y Hernández-Vázquez y Fernández-Aceves (1999).

6.2.4. Cronología de puesta y eclosión

Los periodos reproductivos de las especies de aves registradas en la costa de Jalisco se presentaron antes de los meses más lluviosos (agosto y septiembre), excepto *Sula leucogaster nesiotes* cuyo periodo reproductivo se extendió hasta noviembre. Sin embargo, al igual que las demás especies las mayores abundancias se registraron durante la temporada de secas.

Los periodos reproductivos de *Cochlearius cochlearius* y *Butorides virescens* fueron similares a los registrados por Hernández-Vázquez y Fernández-Aceves (1999) en La Manzanilla. Sin embargo, para las demás especies de garzas difirieron a los registrados por Dickerman y Juárez (1971) en San Blas, Nayarit (*Cochlearius cochlearius*) y por Carmona *et al.* (1994) en el estero El Conchalito, Baja California Sur (*Nycticorax nycticorax*, *Nyctanassa violacea*, *Butorides virescens*, *Egretta tricolor*, *Egretta thula*, *Bubulcus ibis* y *Ardea alba*). Los primeros autores observaron que el periodo reproductivo de las garzas está muy relacionado con la temporada de lluvias, siendo en este periodo cuando se registró el mayor número de nidos. Estas diferencias en los periodos reproductivos observados por Dickerman y Juárez (1971) y Carmona *et al.* (1994) con los reportados en el presente trabajo, sugieren que las garzas poseen cierta capacidad para ajustar el momento en que se lleva a cabo la reproducción, adecuando el esfuerzo reproductivo a las condiciones predominantes durante este periodo.

Sula leucogaster nesiotes tuvo el periodo reproductivo más extenso (Pajarera $Ba=0.63$, Cocina $Ba=0.61$). En ambos sitios donde anidó (Pajarera y Cocina) su periodo reproductivo se extendió de abril a noviembre. Gaviño de la Torre (1975) observó que la isla Pajarera fue la primera en ser ocupada por parejas reproductivas de *Sula leucogaster nesiotes*, y una vez que los sitios adecuados para anidar eran ocupados, las aves empezaron a ocupar la isla Cocina. En nuestro caso se observó un patrón similar, observándose los primeros nidos activos en la isla Pajarera y posteriormente en la isla Cocina. Sin embargo, a pesar de estas diferencias las mayores abundancias en el número de huevos y de pollos coincidieron en las dos islas.

6.2.5. Amplitud y sobreposición de nicho

Con base en los resultados obtenidos en este estudio se observó que en el periodo de anidación hubo valores altos de sobreposición entre pares de especies, en cada una de las islas, pero las máximas abundancias en el número de huevos y pollos ocurrieron en diferentes periodos. Por su parte, los sustratos de anidación fueron más repartidos entre las especies en comparación con el periodo de anidación. Sólo en la isla Pajarera *Egretta thula* y *Nyctanassa violacea* fue el único par de especies que presentaron valores altos de sobreposición en los sustratos de anidación ($O_{xy}=1.00$), es decir, que seleccionaron los mismos sustratos para anidar (cactáceas mayores de tres metros de altura). Schoener (1974) señala que para que dos especies puedan coexistir no debe haber sobreposición en dos de las tres dimensiones (espacial, temporal o trófico). Bajo este contexto, este par de especies no tuvo un valor alto de sobreposición en el periodo de anidación ($O_{xy}= 0.56$) y probablemente tampoco en el tipo de alimento. Aunque este último no fue evaluado se pudo documentar en varias ocasiones que *Egretta thula* se alimentó durante el día y principalmente de pequeños peces, mientras que *Nyctanassa violacea* fue una garza de hábitos más nocturnos y varias ocasiones se le observó alimentándose principalmente de invertebrados, como cangrejos y moluscos. Este comportamiento de especies que comparten un mismo sustrato de anidación, pero se alimentan de diferentes presas ya ha sido observado por otros autores (Cody 1974, Hernández-Vázquez y Fernández-Aceves 1999) siendo ésta una de las combinaciones más comúnmente observadas y que les ha permitido coexistir durante el periodo reproductivo.

6.2.6. Éxito reproductivo

El éxito reproductivo sólo fue calculado para *Sula leucogaster nesiotus* por ser la especie con el mayor número de parejas reproductivas. Los valores de viabilidad indican que un 22% (56/255) y un 29% (127/438) del total de los huevos puestos dentro de los cuadrantes ubicados en las islas Pajarera y Cocina, respectivamente, fueron destruidos por depredación o factores abióticos. En la isla Pajarera se observó en varias ocasiones la depredación de los huevos por algunas aves, como *Cathartes aura* (ocho ocasiones), *Larus heermanni* (cinco ocasiones) y por algunos reptiles como *Iguana iguana* (tres ocasiones). En la isla Cocina no se pudo constatar la depredación de los huevos, pero sí de la destrucción de nidos y huevos por la erosión del suelo durante las lluvias.

Tanto la fertilidad como el éxito de eclosión fueron relativamente bajas. La causa de la infertilidad se desconoce ya que los huevos no fueron analizados. Sin embargo, Schreiber (2002) menciona que los valores bajos del éxito de eclosión de los huevos pueden estar relacionados con la alteración en el desarrollo embrionario causado por sobre exposición al sol o por falta de calor. El éxito del pollo fue del 92% en las dos islas, lo que equivale a un éxito de 1.84 pollos por nido en una pareja con dos huevos. Aunque existen otros trabajos donde mencionan el tamaño de nidada para esta especie (ejemplo, Gaviño de la Torre, 1975, Nelson y Baird 2002), no hay información del éxito reproductivo (viabilidad, fertilidad, éxito de eclosión y éxito del pollo) que nos permita comparar con otros sitios de anidación.

En el análisis comparativo del éxito reproductivo de *Sula leucogaster nesiotus* se observó que la isla Pajarera tuvo valores más altos de viabilidad, fertilidad y éxito de eclosión en comparación con la isla Cocina. Se ha documentado en algunos trabajos que los factores más importantes en el éxito reproductivo son la disponibilidad del alimento y la calidad de los sustratos de anidación (Furnes *et al.* 1993, Ainley *et al.* 1996). Si consideramos que las dos islas están relativamente cercanas una de otra y que las aves tienen la misma capacidad de desplazarse a los mismos sitios de alimentación, se podría asumir que la disponibilidad del alimento no es la principal causa en las diferencias del éxito reproductivo entre los dos sitios. Es probable que las diferencias entre las dos islas puedan atribuirse más bien a la calidad de los sustratos de anidación que existen en cada uno de los sitios. Como ya se mencionó anteriormente, la isla Pajarera tiene una mayor extensión de áreas despejadas, las cuales en su mayoría se caracterizan por ser sustratos sin o con poca pendiente y cubiertos de pequeños pasto. Por su parte, la isla Cocina en su mayoría está cubierta por arbustos y árboles, y las pocas áreas despejadas llegan a tener una pendiente de hasta 40°, una gran parte de estas pendientes carecen de pastos, lo que origina la erosión del suelo durante las lluvias, y consecuentemente la destrucción tanto de nidos como de huevos, tal como se constató en varias ocasiones.

Considerando que la distribución y abundancia de las aves está fuertemente determinada por la disponibilidad de hábitat reproductivo adecuado (Borboroglu *et al.* 2002), se podría pensar (aunque nuestros resultados no nos permiten demostrarlo), que debido a las altas densidades de parejas reproductivas que anidan en el lugar, la experiencia de las parejas reproductivas es importante para la selección de los sitios de anidación donde aseguren un

mayor éxito reproductivo (Coulson 2002). Así, las parejas más viejas y con una mayor experiencia reproductiva tienen la capacidad de seleccionar los sitios más apropiados, como los que se encuentran en la isla Pajarera (áreas planas cubiertas de pasto), y las parejas más jóvenes y con menor experiencia reproductiva ubiquen sus nidos en sitios menos adecuado, como los que se encuentran en la isla Cocina (pendientes arenosas y desprovistas de vegetación) o en los pequeños islotes rocosos circundantes a las islas. Un patrón similar fue observado por Parsons (1976), Velando y Freire (1999b), Coulson (2002). Ellos mencionan que hay una diferencia en el periodo de reproducción y en los sitios de anidación entre parejas jóvenes y viejas. Las parejas más viejas y con mayor experiencia anidaron primero en el centro de la colonia (lugares más adecuados), mientras que las parejas más jóvenes anidaron tardíamente y ocuparon las áreas menos adecuadas y a los alrededores de la colonia. La reproducción tardía y en las orillas de la colonia contribuyó a un menor éxito reproductivo de las parejas más jóvenes en comparación con las parejas más viejas.

6.3. Análisis Espacial

6.3.1. Uso de hábitat y modelos predictivos

Para explotar los diferentes recursos disponibles en los humedales, las aves acuáticas han desarrollado diferentes adaptaciones y técnicas particulares en función del tipo de hábitat y clase de alimento. Con base en estos dos factores las especies pueden unirse en grupos funcionales (Bucher y Herrera 1981). Hay grupos que buscan su alimento nadando, como los anátidos; hay algunos que se alimentan en zonas de escasa profundidad y abundante vegetación flotante, como las aves playeras y garzas; mientras que otras utilizan casi exclusivamente las zonas de mayor profundidad y escasa vegetación palustre, como los cormoranes y aningas (Sarrias *et al.* 1996). Estas diferencias en las características de las aves y del uso de hábitat hacen que los grupos de aves raramente se distribuyan uniformemente dentro del humedal, por lo que su riqueza y abundancia están asociadas a diferentes variables ambientales locales (régimen hidrológico, tamaño y heterogeneidad del sitio, tipo de hábitats, estructura de la vegetación).

El uso de hábitats por parte de las aves acuáticas es causado principalmente por las diferencias estructurales que presentan los cuerpos de agua. Lo anterior se ve reflejado en la disponibilidad del alimento, estrategias de alimentación y la ubicación de las aves para alimentarse. Estas variables ambientales determinan la distribución y demografía de las

especies (Frederick y Collopy 1989). Algunos autores como Ysebeart *et al.* (2000) mencionan que el factor más importante que afecta la distribución y abundancia de las especies de aves acuáticas es la diversidad y sustentabilidad de los hábitats. Mientras que Hokey *et al.* (1992), Davidson *et al.* (1992), O'Reilly y Wingfield (1995) y Butler *et al.* (2001) consideran que para muchas aves, en particular las migratorias, la abundancia y disponibilidad del alimento es un factor determinante en la abundancia y distribución de las aves. Este último es un factor importante para aquellas especies que se alimentan en hábitats intermareales (Yates *et al.* 1993), debido a que tienden a concentrarse donde la densidad de la presas y disponibilidad son relativamente altas y la energía requerida para alimentarse es relativamente baja (Goss-Custard 1977).

Las predicciones que se obtuvieron a partir de los modelos ajustados con las variables ambientales significativas utilizadas, muestran los valores que pueden condicionar o explicar los patrones de distribución y abundancia de las especies de cada grupo de aves. Sin embargo, hay que tener cuidado con la interpretación del efecto de las variables ambientales, porque sólo son correlativas y por ello no necesariamente explican causalidad. Los modelos indican posibles explicaciones de la distribución de las especies, pero es el conocimiento sobre la preferencia de hábitat, su biología y su sensibilidad a las actividades humanas lo que permitirá decidir si el conjunto de variables ambientales utilizadas tienen alguna causalidad bajo una interpretación ecológica. Es decir, debemos analizar las variables que fueron identificadas como buenas predictoras de la distribución de las especies y de sus abundancias y tratar de definir, con base en ello, si existen explicaciones biológicas que nos permitan definir la precisión de los modelos (Austin *et al.* 1996, Rodríguez-Estrella 1997, Bustamante y Seoane 2004).

Los diferentes grupos de aves considerados en el presente estudio difieren en la composición alimentaria, por lo tanto sus patrones de distribución espacial dependerán de los sitios donde el alimento adecuado sea más disponible. En general los modelos generados en el presente trabajo fueron consistentes con los requerimientos de hábitat para cada grupo de ave. A continuación, se hace una interpretación ecológica de las variables que resultaron significativas en los GLM's en cada grupo de aves (riqueza y abundancia), y la manera en que estas variables influyen en los patrones de distribución espacial de cada grupo.

Aves marinas

Las aves marinas es un grupo de aves que se observó en todos los humedales. Sin embargo, un mayor número de especies fueron registrados en áreas con sustratos blandos (relación positiva) y alejados de los asentamientos humanos (relación positiva). Por otra parte el número de aves se relacionó positivamente con la presencia de sustratos blandos, y a diferencia del número de especies, aparentemente no hubo un efecto por la presencia de asentamientos humanos. Estas diferencias en el efecto de las variables sobre el número de especies y de aves, pueden atribuirse al poco impacto que tienen las actividades antropogénicas sobre algunas especies de este grupo, tal es el caso de *Larus heermanni*, *Larus pipixcan*, *Pelecanus occidentalis*, *Phalacrocorax brasilianus*. Si bien es sabido que un mayor número de especies de aves prefiere lugares alejados de la presencia humana (Rodgers y Schwikert 2000, Blumstein *et al.* 2003), las especies mencionadas se ven beneficiadas por las actividades humanas. Norman (1992) y Cornelius *et al.* (2001) observaron un patrón similar, y aunque mencionan que la abundancia de las aves marinas depende más de cambios estacionales en las características oceanográficas locales y del suministro de alimento, o con la proximidad de colonias reproductivas, observaron también que la abundancia de algunas especies del género *Larus* se incrementó en respuesta a las actividades humanas, debido a que obtienen de ellas recursos alimentarios. En el presente trabajo este comportamiento fue observado principalmente para *Larus heermanni*, *Larus pipixcan*, *Larus atricilla*, *Sula leucogaster* y *Pelecanus occidentalis*, ya que sus mayores abundancias de aves fueron observadas en lugares con mucha actividad humana, como zonas turísticas y campamentos pesqueros.

Con respecto al uso de hábitat, y de forma general, hubo un mayor número de aves descansando que alimentándose. Estas diferencias en la actividad se deben a que este grupo de aves obtiene su alimento principalmente del ambiente marino (Barber y Chávez 1983, Schreiber y Schreiber 1984, Furness y Tasker 2000, Hyrenbach 2001, Skov y Durinck 2001). Sin embargo, los resultados obtenidos muestran un patrón diferente, ya que hubo un mayor número de aves alimentándose en el espejo de agua de los humedales que en el mar. Estas diferencias pueden ser explicadas si se considera que las aves fueron censadas únicamente en la zona marina circundante al humedal (<300 m mar adentro) y, aunque algunas aves se alimentan en este sitio, principalmente en las desembocaduras de los ríos, un mayor número de aves se desplazó a lo largo de la costa probablemente en busca de alimento. En algunos recorridos realizados por mar se observó a varias especies de aves

alimentándose conjuntamente (especies de *Larus* y *Sterna*, *Pelecanus occidentalis*, *Fregata magnificens*, principalmente) muy cerca de la costa, excepto *Sula leucogaster nesiotus* que fue observada alimentándose a una distancia de hasta cuatro kilómetros mar adentro. Mills (1998) y Screiber y Burger (2002) mencionan que muchas de las especies de aves marinas se distribuyen a lo largo de la línea de playa en busca de alimento, y se alimentan a una distancia no mayor de 150 m de la costa. Al igual que en el presente estudio Mills (1998) observó algunas especies de *Sula* alimentándose a una mayor distancia de la costa, comparativamente con las demás especies, argumentando que probablemente se deba a que requieren de presas distintas y de mayor tamaño.

Entre las aves marinas que más frecuentemente fueron observadas alimentándose en los humedales fueron las especies de *Sterna* y *Rynchops niger*. Hubo un número importante de aves marinas que se concentraron en sustratos blandos para descansar (ejemplo, playa, pequeños islotes de arena y planicies arenosas). Lo anterior fue más evidente en Majahuas, aunque también hubo un número importante de aves en Agua Dulce, El Ermitaño, El Chorro, Xola-Paramán, en donde los hábitats de descanso se encontraron rodeados por extensas dunas que les proporcionaron protección contra sus depredadores, viento y tormentas tropicales.

Patos y afines

La única variable importante relacionada con el número de especies fue la distancia a localidades. Muchas de estas especies son muy sensibles a todo tipo de actividades antropogénicas, este efecto es más marcado en las especies de anátidos, por lo que buscan sitios más alejados donde puedan realizar sus actividades de alimentación y descanso sin disturbios antropogénicos.

Por otra parte el número de aves se relacionó con un mayor número de variables, tales como distancia a localidades (relación positiva), la presencia de sustratos blandos (relación positiva), distancia a cultivos (relación negativa) y por último la distancia a ríos (relación negativa). Es decir, que un mayor número de aves de patos y afines prefirió sitios alejados de actividades humanas (asentamientos humanos), cerca de áreas de cultivo, en presencia de sustratos blandos y cercanos a las desembocaduras de los ríos. Estos sitios se caracterizaron por tener aguas someras con presencia de sustratos blandos; áreas lodosas y arenosas, donde pueden descansar y alimentarse con poco disturbio y menor costo

energético para capturar a sus presas. Un patrón similar ha sido observado por otros autores, como Burger *et al.* (1984), Van Der Valk y Hall (1986), Collier y Wakelin (1996) y Ysebaert *et al.* (2000). Ellos mencionan que los sitios preferidos por este grupo de aves se caracterizan por ser en su mayoría de aguas someras, con salinidades bajas, y donde la vegetación acuática sumergida y emergente son abundantes; en estas condiciones se presenta una mayor abundancia de alimento, como pequeños invertebrados y algas.

En algunos humedales como Agua Dulce y El Ermitaño las aves, principalmente las especies de patos, se concentraron en sitios escondidos y con salinidades bajas. En el caso de El Ermitaño (donde se registró el mayor número de especies y la mayor abundancia de patos y afines), así como en otros humedales que presentaron abundancias relativamente bajas, la mayor abundancia de aves se presentó en los sitios donde se da el aporte de agua dulce al estero (salinidades bajas). Algunos autores como Ysebaert *et al.* (2000) observaron que el exceso de materia orgánica y el bajo (pero suficiente) oxígeno que se origina en las descargas de los ríos favorecen el crecimiento de pequeños invertebrados (ejemplo, oligoquetos y pequeños poliquetos), los cuales se ha demostrado que forman parte de la dieta de las aves acuáticas, y particularmente de patos. De igual forma, en áreas someras la vegetación de la que se alimentan muchas especies de aves de estos grupos es más accesible desde la superficie, requiriendo menos tiempo y energía para alimentarse (Burger *et al.* 1984). Otra variable importante para este grupo de aves es la cercanía con las áreas donde existen cultivos. Aunque algunas especies dependen del alimento de origen acuático (ejemplo, algas e invertebrados acuáticos), hay otras como *Dendrocygna autumnalis* y *Dendrocygna bicolor* que se alimentan también de semillas, por lo que están muy asociadas a los campos de cultivos.

A diferencia de todos los humedales, la laguna Xola-Paramán fue un sitio donde se registraron salinidades muy altas, debido a que no tuvo un aporte permanente de agua dulce ni una entrada de agua marina. Es por ello que durante la temporada de secas perdió hasta un 60% de su superficie, y alcanzó salinidades hasta 100 ppm. Sin embargo, el mayor número de especies y de aves se observó en los meses en los que se registraron las menores salinidades (noviembre a enero, 30 ppm; febrero a marzo 44 ppm, respectivamente). Aunque estas salinidades siguen siendo altas, a diferencia de los demás humedales, y pueden influir en la presencia de alimento (algunos pequeños invertebrados) se observó una gran cantidad de pequeñas algas flotando en la superficie de las áreas someras de la laguna

(no identificadas), lo que probablemente pueda explicar el alto número de algunas especies, tales como *Fulica americana*, las cuales incluyen en su dieta a pequeñas plantas acuáticas, como las algas (Ehrlich *et al.* 1988). La presencia de una gran cantidad de patos y afines registrados en este humedal con salinidades altas puede ser la causa por la cual la salinidad no fuera una variable significativa. Sin embargo, al eliminar esta laguna del análisis si hay una relación negativa significativa de la salinidad con el número de aves, tal y como se observó en Agua Dulce y Ermitaño.

Aves playeras

Tanto el número de especies como el número de aves de este grupo se vieron relacionados positivamente con la presencia de sustratos blandos (principal variable) y positivamente con la distancia a localidades. Es decir, que hubo un mayor número de especies y aves en presencia de hábitats con sustratos blandos (arenosos y lodosos) y alejados de asentamientos humanos.

La cercanía de asentamientos humanos en las zonas costeras incrementa la variedad de usos que la gente le da a las playas y humedales costeros; entre las actividades más comunes observadas en el área de estudio, se encuentra la recreación, pesca, agricultura y la deforestación. Ha sido documentado en otros trabajos que existe un efecto negativo de la presencia humana en las playas sobre las actividades de alimentación y descanso de las aves playeras (Burger 1981, 1986, 1994, Burger y Gochfeld 1991a, 1991b, 1998), debido a que reduce la eficiencia de alimentación y las oportunidades de descanso de las aves, por lo que el costo energético es mayor al escapar frecuentemente de las actividades antropogénicas (Burger 1986). Esto obliga a las aves a buscar áreas donde el disturbio sea menor, y donde la disponibilidad de alimento sea mayor.

La presencia de sustratos blandos (áreas arenosas, lodosas, la playa y áreas someras del espejo de agua) fue otra variable importante que se relacionó positivamente con el número de especies y de aves playeras. Con base en el análisis de uso de hábitat, los sustratos blandos fueron las áreas usadas tanto para alimentarse como para descansar. Este fue un patrón observado en todos los sitios de muestreo, aunque el mayor número de aves fue registrado en Agua Dulce y Xola-Paramán los cuales se caracterizaron por tener las mayores áreas con sedimentos blandos, comparativamente con los demás humedales. Las especies que más influyeron en las abundancias registradas en estos humedales fueron *Calidris alba*,

Calidris mauri, *Catoptrophorus semipalmatus*, *Charadrius wilsonia*, *Himantopus mexicanus* y *Recurvirostra americana*.

El tamaño de las partículas del sedimento y la salinidad son variables que influyen en la abundancia de invertebrados (Austin y Rehfish 2003) y consecuentemente en la distribución y abundancia de las aves acuáticas (Rehfish 1994, Yates *et al.* 1993). Consecuentemente tales variables pueden ser importantes descriptores de la densidad de aves acuáticas dentro de un estero. Por lo tanto la abundancia de especies como de aves playeras está correlacionada positivamente con la abundancia y variedad de invertebrados (Hockey *et al.* 1992, Colwell y Landrum 1993, Colwell 1993, O'Reilly y Wingfield 1995, Butler *et al.* 2001), como poliquetos, moluscos y crustáceos que forman parte importante de su dieta (Hayes y Fox 1991, Colwell y Landrum 1993, Colwell 1993, Skagen y Oman 1996, Butler *et al.* 2001). Si se considera que estos invertebrados se caracterizan por vivir principalmente en zonas intermareales y en fondos con sedimentos blandos (Ysebaert *et al.* 2000, Butler *et al.* 2001), se corrobora lo que el modelo predijo correctamente: que en estos hábitats se haya observado el mayor número de aves.

Otro aspecto importante a considerar y que puede explicar las mayores abundancias de aves y que no fue incluido en los modelos, es que algunos humedales tuvieron contacto con el mar a través de una boca-barra (Ermitaño, Barra de Navidad y Majahuas) o un canal (Agua Dulce). Bajo estas condiciones, hubo una mayor disponibilidad de hábitats de alimentación y consecuentemente una mayor disponibilidad de sus presas. Siendo esto considerado como un factor importante que influye a escala local y regional en la distribución y abundancia de las aves playeras (Butler *et al.* 1998, Butler *et al.* 2001, Warnock *et al.* 2002).

En el caso de Majahuas las áreas arenosas y lodosas no fueron muy grandes debido a que se encuentra rodeado por manglares y las pocas áreas arenosas se encuentran en la boca-barra del estero. Sin embargo, las descargas de agua estuarina hacia el mar arrojaron grandes cantidades de vegetación acuática (principalmente lirio) la cual se depositó a lo largo de la playa o en las áreas arenosas ubicadas en los extremos de la boca-barra. Esta concentración de vegetación sirvió como refugio de un gran número de invertebrados, principalmente anfípodos, los cuales forman parte importante de la dieta de varias

especies de este grupo, principalmente para *Calidris alba*, *Calidris mauri* y *Catoptrophorus semipalmatus* (Paulson 1993).

Garzas y afines

Tanto el número de especies como el número de aves se relacionaron positivamente con el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI). Es decir que un mayor número de especies y de aves se concentró en sitios donde la vegetación fue más abundante (principalmente manglares y selva baja caducifolia). La densa vegetación, además de ofrecer estructuras resistentes (ramas gruesas), proporcionaron sitios seguros para que un mayor número de aves pudiera descansar, pernoctar y realizar sus actividades de reproducción. Hernández-Vázquez y Mellink (2001) observaron en el estero El Chorro que al atardecer un mayor número de aves de este grupo, principalmente *Bubulcus ibis* y *Egretta thula* (especies abundantes en el presente estudio) se concentraron en los manglares ubicados al noreste del estero para pernoctar, y al día siguiente se desplazaron a otros sitios, probablemente de alimentación como son los pastizales o áreas de cultivo para *Bubulcus ibis* (comportamiento que ha sido observado por Custer y Osborn 1978, Peterson y Chalif 1989, Howell y Webb 1995), y otros humedales para *Egretta thula*. Un patrón similar fue observado en Chalacatepec, Majahuas, Barra de Navidad y La Manzanilla debido a que se registró la llegada de un mayor número de aves durante las tardes para pernoctar entre los manglares, los cuales les ofrecieron un lugar tranquilo y seguro.

La gran variedad de organismos que forman parte de la dieta de las garzas y afines (insectos, pequeños reptiles, roedores) (Custer *et al.* 1996), les permitió distribuirse prácticamente en todos los márgenes someros de los humedales (Wong *et al.* 2001). Sin embargo, hubo una mayor abundancia de individuos que se concentraron en las áreas someras del espejo de agua circundantes a la boca-barra de los humedales (relación negativa con la distancia a boca del estero), tal es el caso de la laguna de Agua Dulce, El Chorro y Majahuas. Es en estos hábitats donde el alimento de origen marino fue más accesible, debido a las características físicas y biológicas que prevalecen por su cercanía con el mar, y cuyos procesos hidrográficos permiten que peces marinos juveniles penetren al sistema (Vega-Cendejas 1998), lo que les permitió tener una mayor disponibilidad de alimento. Esta actividad se vió favorecida por el efecto de las mareas, ya que con el flujo y reflujo de las mismas se introduce el alimento al estero, como camarones, insectos

acuáticos, peces pequeños, cangrejos y moluscos, presas importantes para estas especies de aves (Butler 1993, Morris *et al.* 2002).

Los humedales donde se observó un mayor número de aves fueron Agua Dulce, El Chorro, Majahuas, La Manzanilla, Chalacatepec y Barra de Navidad. Estos humedales se caracterizan por tener manglares y vegetación de selva baja caducifolia lo que favoreció que un mayor número de especies y aves se concentrara para descansar y anidar, tal como *Ardea alba*, *Egretta thula*, *Nyctanassa violacea*, *Nycticorax nycticorax*, *Bubulcus ibis*, *Butorides virescens* y *Cochlearius cochlearius*.

Todos los grupos de aves se relacionaron de forma diferente con las variables consideradas. Sin embargo, todos, excepto garzas y afines presentaron una relación positiva con la distancia a localidades y con la presencia de sustratos blandos. Es decir, que entre más alejados estén los asentamientos humanos hay un mayor número de especies y aves. Las actividades humanas pueden afectar la habilidad de los organismos para alimentarse, descansar y reproducirse (Whittaker y Knight 1998, Rodgers y Schwikert 2001). Estos conflictos se presentan porque muchos hábitats acuáticos, tales como playas, barras arenosas, humedales e islas usados por las aves acuáticas son también atractivos para las actividades recreativas y ecoturísticas. Los patos y playeros son aves que tienden a ser más sensibles a los disturbios humanos (este efecto varía dependiendo de la especie) (Burger y Gochfeld 1998), y particularmente las aves migratorias son más sensibles a los disturbios debido a que influyen en la pérdida o disminución de la oportunidad de alimentarse; esto es crítico para ellas ya que necesitan incrementar sus reservas de energía para completar su migración (Burger *et al.* 1995). Aunque la finalidad de este estudio no fue evaluar el efecto de las actividades humanas sobre la distribución y abundancia de las aves, se ha documentado en otros trabajos que ante estos disturbios las aves pueden reaccionar de diferente forma. Por ejemplo, las actividades antropogénicas reducen el tiempo de alimentación e incrementan el tiempo de vigilancia. Aunque algunas aves pueden habituarse a algunos tipos de actividades de recreación (ejemplo, algunas especies de aves marinas) lo que les permite regresar inmediatamente al sitio de disturbio (Burger *et al.* 1995, Fox y Madsen 1997), otras, más sensibles (ejemplo, algunas especies de anátidos y playeros), deben desplazarse a otros sitios por largos periodos de tiempo o no regresan, y por lo tanto tienen una limitación al acceso del recurso que necesitan para sobrevivir (Bennett y Zuelke 1999).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo enfatizan la importancia de establecer áreas prioritarias para la conservación de las aves en las cuales todas las actividades humanas sean reguladas y monitoreadas cuidadosamente. Esta situación es particularmente crítica para la conservación de las aves playeras y patos, debido a que son especies altamente sensibles a los disturbios antropogénicos. Los altos niveles de presión humana a través de actividades recreativas y asentamientos humanos en las zonas costeras están en aumento por lo que la situación se torna crítica. La finalidad de este estudio fue determinar las relaciones entre algunas variables ambientales y las especies de aves acuáticas en la costa de Jalisco, aunque no fue evaluado el efecto de las actividades humanas sobre la distribución y abundancia de las aves. Los modelos indican que hubo una relación positiva entre la distancia a localidades (asentamientos humanos) y el número de especies y de aves. Se requiere conocer con mayor precisión el efecto de las actividades antropogénicas sobre las aves, por lo que se deben realizar estudios más enfocados a evaluar las interacciones humanas (turismo, asentamientos humanos, agricultura, entre otros) sobre la distribución y abundancia de las aves.

6.3.2. Mapas probabilísticos

Con base en los mapas obtenidos para el total de especies, y para cada grupo se puede concluir que la laguna Agua Dulce, estero El Ermitaño y la laguna de Xola-Paramán fueron los humedales más importantes para todos los grupos de aves (excepto para las garzas) en términos de riqueza y abundancia. Estos son los humedales de mayor tamaño en la costa de Jalisco. Aunque hubo una relación positiva significativa entre el área del humedal y el número de aves o especies, no fue así para los grupos de patos y afines y garzas y afine (spp-áreas), así como para el número de aves marinas y garzas y afines (individuos-área) (ver Fig. 5 y 6). Schoener (1974) menciona que el factor más importante en la preferencia y uso de hábitat es el tamaño de los hábitats usados por las especies. Este autor observó una relación positiva entre el área del hábitat y el número de especies. En nuestro caso, Agua Dulce, Ermitaño y Xola-Paramán fueron los humedales que presentaron la mayor área de sustratos blandos, siendo esta una variable importante en el número de especies e individuos (como lo indicaron los modelos lineales generalizados).

6.4. Recomendaciones para el manejo

6.4.1. Humedales e islas

Durante los censos realizados en Agua Dulce, Ermitaño y Xola-Paramán identifiqué algunas actividades que pueden afectar a las aves como a los humedales. Aunque se desconoce el grado de perturbación de estas actividades, se pueden dar algunas recomendaciones para reducir o prevenir el posible impacto que pueden tener sobre las aves y sus hábitats.

a) Muchas de las tierras cercanas a los esteros están destinadas para la agricultura, ya que muchos de los cultivos dependen directamente de su proximidad al ambiente costero por su suelo adecuado, humedad y temperatura. La utilización de fertilizantes y pesticidas en los campos agrícolas tienen repercusiones en las aguas costeras, ya que son acarreadas por los escurrimientos en época de lluvias o por los canales de riego, teniendo como destino final los esteros (Chávez-Comparan *et al.* 1995). Ante esta situación se proponen las siguientes medidas: a) implementar medidas de uso y conservación de suelo, selección de cultivos, mejoramiento de técnicas y control de aguas de riego; b) control de uso de fertilizantes y pesticidas, y en algunos casos, prohibirlos en áreas cercanas a los humedales; c) los cultivos agrícolas cercanos a las aguas costeras deberán ser permitidos sólo cuando no requieran un alto uso de químicos orgánicos y deberán ser autorizados por las dependencias gubernamentales correspondientes.

b) Las visitas frecuentes de turistas, principalmente durante la temporada de anidación de la tortuga marina. Estas son más frecuentes en el estero El Ermitaño, donde se encuentra un hotel ecológico llamado “hotelito desconocido”, en el cual organizan grupos de turistas para hacer recorridos por la playa y estero con el fin de observar tortugas marinas y aves acuáticas. Las visitas de turistas a los humedales deben ser reguladas de tal manera que su impacto sobre las aves sea mínimo. Para esto es importante que los sitios de descanso, alimentación y reproducción sean identificados para el público a través de letreros o cualquier tipo de señalamientos. Adicionalmente se deben realizar investigaciones para determinar la distancia mínima en la cual las actividades de las aves no pueden ser afectadas (alimentación, descanso y reproducción).

c) La cacería deportiva y de subsistencia es una actividad legal, principalmente durante la llegada de especies de interés cinegético. Sin embargo, hay muchos casos en los que esta actividad es ilícita, y la cacería se hace no sólo con las especies de interés cinegético, sino

también a otras especies que incluso están bajo alguna categoría de protección. Tanto la cacería legal como ilícita pueden inducir mortalidades altas de adultos y subadultos de aves acuáticas, por lo que tiene un gran potencial al disminuir la población de aves; ésto es más evidente en casos donde se capturan huevos y juveniles. En los casos en los que la cacería de ciertas especies (adultos y subadultos) sea permitida es conveniente que sea regulada cuidadosamente para no afectar la población local de aves. De la misma forma es importante hacer un monitoreo de la población de aves y una evaluación del impacto causado por esta actividad. Es difícil pretender el establecimiento de un sistema de guardias permanentes en el área para reducir la cacería furtiva. Una posible solución sería el hacer que los propios pobladores de la región puedan proteger sus recursos y reducir estas actividades ilícitas. Un ejemplo de ésto se realiza actualmente en el estero La Manzanilla, Jalisco, en el cual se formó la “Sociedad de Servicios Ecoturísticos Mar y Tierra CIPACLT”, que es una organización civil formada por ejidatarios y pescadores quienes entre sus diversas actividades se encargan de vigilar y proteger el estero para evitar el saqueo de flora y fauna; cocodrilos y aves, principalmente.

d) La pérdida de hábitats es sin duda la principal amenaza para la conservación de la biodiversidad. La destrucción de hábitats es originada principalmente por las actividades agrícolas, ganaderas, de extracción forestal así como turísticas (Boersma *et al.* 2002). Las aves se ven afectadas por la pérdida de hábitats directa o indirectamente, debido a que la conversión de los mismos a terrenos agrícolas o para construcción produce mortalidad sobre los individuos además de que se reduce el espacio en donde se alimentan, reproducen y descansan las aves. Un ejemplo de esto lo representa la pérdida de los manglares de Agua Dulce y Ermitaño (sólo hay pequeñas manchas de manglares ubicados en los canales de estos humedales), lo que sin duda se ha reflejado en la disminución de parejas reproductivas de algunas especies de Ciconiiformes, tal y como se pudo constatar en las observaciones de campo. Como una medida para preservación, conservación, y aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros y manglares la Semarnat publicó en mayo del 2004 un cambio a la NOM-022-SEMARNAT-2003. Esta adición menciona que podrán exceptuarse de la prohibición de obras y los límites establecidos aquellos proyectos que “establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales” y obtengan la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente. Sin embargo, algunos grupos ambientalistas argumentan que este cambio permitirá que proyectos eviten las restricciones con tan sólo “arreglarse” con la Semarnat, sin tener

obligación de restaurar los efectos causados por la construcción de obras o recibir sanciones.

e) En el caso de Xola-Paramán es un humedal que presentó características muy particulares; el no contar con un aporte de agua dulce permanente y por el poco contacto que tiene con el mar causa que durante la temporada de secas pierda por evaporación hasta un 60% del agua, por lo que su salinidad llega a alcanzar más de 100 ppm. Esto ha causado la mortandad de muchas especies de invertebrados que forman parte importante en la dieta de las aves acuáticas, y que no toleran salinidades muy altas. Ante esta situación es recomendable que la boca barra se mantenga abierta permanentemente, lo que permitirá el flujo y reflujo de las mareas y a su vez se mantendrá una salinidad más baja, además de que permitirá el paso de una mayor cantidad de organismos marinos al estero (Morris *et al.* 2002), y consecuentemente atraerá a un mayor número de aves acuáticas.

f) En las islas Cocina y Pajareras se observó las visitas de turistas y pescadores. Sin duda, estas actividades han tenido efectos negativos en las colonias reproductivas. Los turistas pueden causar que los adultos abandonen el nido, haciendo que los huevos y pollos sean susceptibles a la depredación, temperaturas extremas u otras condiciones climatológicas. Sin embargo, el impacto de las actividades antropogénicas sobre las colonias reproductivas puede ser compatible siempre y cuando se tenga un manejo adecuado de estas actividades (Tershey *et al.* 1997, Boersma *et al.* 2002). Es importante tener un control de estas visitas a las islas, el cual además de evitar la perturbación de las colonias reproductivas de aves, servirá para evitar la destrucción de hábitats, saqueo de nidos y la introducción de gatos, ratas y perros. Ya se ha documentado que estos han sido la causa de la extinción de especies que se reproducen en islas (Ceballos y Márquez-Valdelamar 2000, Coulson 2002). Estas islas son también importantes no sólo por el número de especies reproductivas, sino por la presencia de parejas reproductivas de *Larus heermanni*, que es considerada como una especie sujeta a protección especial, y por ser el primer reporte de parejas reproductivas para la costa de Jalisco.

Las investigaciones científicas también pueden tener un impacto negativo a corto o mediano plazo en las colonias reproductivas si no son realizadas cuidadosamente (Carney y Sydeman 2000, Nisbet 2000). Las aves tienen una gran variedad de respuestas a los

disturbios originados por las investigaciones; algunas aparentemente no son afectadas, mientras que otras son muy susceptibles a estos disturbios. Si las actividades realizadas durante una investigación son efectuadas con precaución se pueden reducir los efectos negativos en el éxito reproductivo de las aves acuáticas (Nisbet 2000, Boersma *et al.* 2002).

6.4.2. Reserva Playón de Mismaloya

Agua Dulce y Ermitaño se encuentran dentro de la Reserva Federal “Playón de Mismaloya”, Jalisco. Xola-Paramán colinda con el extremo sur de la Reserva. La protección real que reciben actualmente estos humedales es muy poca, y sólo durante la temporada de anidación de tortugas marinas se realizan recorridos de vigilancia por las playas, ya que son importantes para la anidación de la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Casas-Andreu 1982).

El Playón de Mismaloya es una reserva de 69 km de línea de costa que fue decretada como sitio de protección de la tortuga marina en el Diario Oficial de la Federación en 1986. La reserva no tiene una zonificación, ni zona núcleo ni zona de amortiguamiento. Sólo se basa en una estrecha línea de costa de 69 kilómetros de largo. Actualmente no existe un plan de manejo, sólo existen algunos proyectos de investigación de colaboración interinstitucional enfocados a la protección de la tortuga marina. Aunque se ha tenido éxito en la conservación de algunas especies individuales, la zonificación establecida en el decreto es demasiado simple y enfocada a algunas especies de tortugas marinas, dejando a la mayoría de las especies sin un esquema de manejo efectivo.

El instrumento básico para organizar un área natural protegida es su Programa de Manejo que está basado en el conocimiento de las condiciones y recursos presentes en el área y del uso que le dan los diferentes grupos sociales. Esto facilita la identificación y jerarquización de la problemática del área, el establecimiento de normas para la conservación y el aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales, así como el planteamiento de los mecanismos de participación de los sectores público, privado y social, de tal forma que se cumpla con los objetivos que motivaron el establecimiento del área natural protegida. Para lograr la aplicación de los lineamientos planteados es necesario establecer acciones y programas sectoriales o componentes de manejo previsibles a corto, mediano y largo plazo.

Es difícil elaborar una propuesta de manejo para la reserva Playón de Mismaloya, debido a que no fue un objetivo de este trabajo, además de que requeriría de una evaluación más detallada de los aspectos biológicos, ecológicos y sociales de las aves acuáticas y humedales. Se pueden dar algunas recomendaciones que ayudarán a la conservación de la biodiversidad de la reserva y de los humedales. Para esto se toma como base la situación actual de las aves acuáticas, ya que son un componente importante de la biodiversidad regional, que puede funcionar como un objetivo identificable, para guiar, decidir y evaluar las estrategias de conservación a escala Playón de Mismaloya.

Una nueva zonificación en la cual no sólo se incluya la línea de costa sino también los humedales y hábitats circundantes. Para la definición de las zonas de la reserva se deben de tomar en cuenta los siguientes criterios: a) uso actual y potencial de los recursos naturales. b) grado de perturbación y vulnerabilidad ecológica, y c) políticas de uso de suelo (tenencia) de la tierra. Debido a la importancia que la laguna de Agua Dulce, El Ermitaño y Xola-Paramán representaron para las aves acuáticas se propone que sean consideradas como zonas núcleo. Se sugiere que la zona de amortiguamiento se conceptualice como zona destinada a la protección de la zona núcleo, pero es importante considerar las necesidades y expectativas de los pobladores locales. El diseño de esta zonificación puede ser adecuado para regular la presión humana alrededor de los humedales y realizar las múltiples necesidades de las comunidades locales. La zona de amortiguamiento proporcionaría un filtro efectivo sobre potenciales usos del suelo de la región. Sin embargo, se deberá observar flexibilidad para acomodar los actuales usos del suelo destinados a las necesidades de los residentes, cuando se trace su límite. La zona de amortiguamiento, adecuadamente conceptualizada, definida e instrumentada constituye un elemento efectivo de manejo del suelo en las áreas protegidas (Wells y Brandon 1993).

Es importante señalar que la regionalización y planeación del manejo se haga en cooperación con los diferentes actores de la región (autoridades, propietarios del suelo y instituciones dedicadas a la investigación de la reserva). En este contexto, la población residente podría jugar un papel esencial y definir el destino del área, y su experiencia en el uso y manejo de recursos podría ser explorada y expandida.

6.4.3. Costa de Jalisco

Los estudios de patrones espaciales en la distribución de organismos es un tema central en ecología (Alonso *et al.* 2002, Gaston y Matter 2002), y recientemente se ha reconocido la importancia de estos estudios debido a las implicaciones que pueden tener en la conservación de las mismas (McCoy y Mushinsky 1994, Hobbs 1998, Gutiérrez 2002). Por ejemplo, podríamos dedicar una gran cantidad de recursos para proteger una área donde se encuentre un grupo de especies, o una especie con prioridades de conservación. Sin embargo, estos esfuerzos serían posiblemente infructuosos si se trata de especies que realizan desplazamientos fuera de los límites del humedal durante los cuales utilizan otros tipos de hábitats que no disfrutan de un régimen de protección. Con esto, lo que estaríamos protegiendo sería únicamente una porción de la población (Gutiérrez 2002). Bajo este contexto, los esfuerzos de conservación de las aves acuáticas deberán enfocarse no sólo a los humedales considerados como más importantes en términos de riqueza y abundancia, sino que deban extenderse a una escala regional, donde además de Agua Dulce, El Ermitaño y Xola-Paramán se encuentran otros humedales que pueden desempeñar un papel importante en la distribución espacial de las aves.

Un ejemplo de esto lo pueden representar las islas Cocina y Pajarera, donde se observó el mayor número de parejas reproductivas (ver tabla 3). Aunque no fue demostrado, es probable que las especies que anidaron en éstas usaron algunos humedales costeros, como puede ser Agua Dulce, Ermitaño y Xola-Paramán, Majahuas y El Chorro, para alimentarse y descansar. Esta suposición se basa en que durante los censos realizados en estos humedales se observaron varias especies, principalmente Ciconiiformes, alimentándose y con plumaje reproductivo, a pesar de que en estos humedales no hubo especies de Ciconiiformes anidando. Otro hecho importante que respalda esta suposición es que al amanecer varias especies de garzas emprendían el vuelo de las islas donde anidaron (Cocina y Pajarera) hacia el continente, mientras que al atardecer se observó el retorno de estas aves que se incorporaban inmediatamente a las colonias reproductivas. Este comportamiento ya ha sido documentado por otros autores, como Custer y Osborn (1978) y Gibbs (1991), Shealer (2002) y James *et al.* (2002). Ellos mencionan que las aves que anidan en colonias pueden volar cortas distancias de los sitios de anidación a los sitios de alimentación, o pueden viajar grandes distancias, como las garzas que pueden alimentarse en sitios localizados a 20 o 30 km de los sitios de anidación, o los Procellariiformes que pueden viajar 15,000 km en el océano. Esta importancia se incrementa por el hecho de que en algunos pequeños

humedales se observaron especies que se encuentran bajo alguna categoría de protección (ver Apéndice 1)

Es difícil aumentar el tamaño de una zona protegida ya que generalmente sus límites están determinados por la delimitación de unidades homogéneas o por conflictos en los usos del suelo. La solución a estos problemas debe buscarse en una aproximación estratégica diferente. El Congreso Mundial de Parques de la UICN ha caracterizado esta estrategia mediante su lema: *Beneficios más allá de las fronteras*. Este lema exige ir más allá de los límites de las zonas protegidas, y es exactamente fuera de estos límites donde podemos encontrar la clave para interrumpir la tendencia de disminución de la biodiversidad: reforzando la cohesión ecológica a través del diseño de redes ecológicas conectadas por medio de corredores (Van der Sluis 2001, Pedroli 2003).

Bajo este enfoque, es importante no sólo dirigir esfuerzo de conservación a los sitios más importantes en términos de riqueza y abundancia (Agua Dulce, Ermitaño y Xola-Paramán) y parejas reproductivas (islas Cocina y Pajarera), sino que también deben de ser dirigidos a otros pequeños humedales que pueden servir como corredores de puntos de paso que les permita comunicarse con humedales más grandes.

Las propuestas de manejo mencionadas para Agua Dulce, Ermitaño y Xola-Paramán pueden aplicarse a los demás humedales de la costa de Jalisco. Sin embargo, es importante mencionar que la difusión de la información es importante en la conservación de los humedales (Keddy 2000) y las aves acuáticas (James *et al.* 2002). Por lo tanto se recomienda la elaboración de un programa de educación ambiental dirigido al público en general en el cual se resalte la importancia de proteger los humedales y las aves acuáticas.

7. CONCLUSIONES

1. Se identificaron 107 especies de aves acuáticas en toda la costa de Jalisco. De las cuales ocho fueron nuevos registros para la costa de Jalisco (*Anas penelope*, *Anas platyrhynchos*, *Aramus guarauna*, *Branta bernicla*, *Chen caerulescens*, *Melanitta perspicillata*, *Podiceps auritus* y *Mergus serrators*). Hubo una abundancia acumulada (suma de todos los meses) de 362,518 aves; 40,652 aves marinas (28 especies), 279,588 patos y afines (28 especies), 25,807 aves playeras (28 especies), y 15,245 garzas y afines (17 especies). Un quinto grupo “otros” sólo tuvo 1 456 registros (seis especies).
2. El sitio con el mayor número de especies fue Agua Dulce (79 especies), seguido por Majahuas (76 especies) y El Ermitaño (74 especies). El número de aves fue diferente entre los humedales, siendo El Ermitaño donde se registró el mayor número de aves (113,857), seguido por Xola-Paramán (96,564 aves) y Agua Dulce (67,480 aves).
3. Los grupos con los valores de diversidad más altos fueron las aves playeras ($H' = 1.146$) y garzas y afines ($H' = 1.006$), mientras que las marinas y patos y afines presentaron los valores de diversidad más bajos ($H' = 0.7778$ y $H' = 0.839$, respectivamente). En el análisis por humedales se observó que los valores más altos en la diversidad y equidad se presentaron en la laguna de Barra de Navidad ($H' = 1.48$), seguido por Majahuas y El Chorro ($H' = 1.15$ y $H' = 1.10$, respectivamente).
4. Tanto en el análisis de similitud general (todos los grupos) como por grupo, todos los humedales fueron unidos en dos grupos, excepto las garzas y afines. El primer grupo correspondió principalmente a los humedales de menor tamaño, mientras que el segundo grupo correspondió a los humedales de mayor tamaño. Barra de Navidad se separó del resto de los humedales.
5. El mayor número de especies y de aves se observó durante el invierno. Los mayores incrementos en el número de aves fueron influenciados principalmente por el grupo de patos y afines, el cual a su vez fue influenciado por *Anas acuta*, *Dendrocygna autumnalis* y *Fulica americana*.

6. Se identificaron un total de 22 especies de aves acuáticas anidando en la costa de Jalisco. Las especies con el mayor número de parejas reproductivas fueron *Sula leucogaster nesiot*es con 2,800 parejas (1,100 en la isla Cocina y 1,700 en la isla Pajarera), *Eudocimus albus* con 250 parejas, *Pelecanus occidentalis* con 152 parejas, *Ardea alba* con 135 parejas, *Butorides virescens* con 81 parejas y *Nyctanassa violacea* con 70 parejas.
7. Hubo algunas especies que ubicaron los nidos en el suelo (*Sula leucogaster nesiot*es, *Sula nebouxii*, *Larus heermanni*, *Dendrocygna autumnalis*, *Himantopus mexicanus*, *Rynchops niger*, *Charadrius wilsonia*), sobre vegetación (*Pelecanus occidentalis*, *Ardea alba*, *Eudocimus albus*, *Nyctanassa violacea*, *Nycticorax nycticorax*, *Anhinga anhinga*, *Cochlearius cochlearius*, *Egretta thula*, *Egretta tricolor* y *Phalacrocorax brasilianus*) y sobre el agua (*Tachybaptus dominicus*). El material de construcción fue variado, pero la mayoría fueron contruidos con ramas y pasto de la vegetación circundante.
8. *Dendrocygna autumnalis* fue la especie con el mayor tamaño de nidada, con 16 a 22 huevos por nido (18.43 ± 1.99), seguida por *Himantopus mexicanus* con tres a cuatro huevos por nido (3.58 ± 0.51). Otras especies como *Pelecanus occidentalis*, *Sula leucogaster nesiot*es, *Larus heermanni* y *Butorides virescens* tuvieron de dos a tres huevos por nidos (2.7 ± 0.47 , 2.10 ± 0.31 , 2.22 ± 0.49 y 2.57 ± 0.50 respectivamente). Las demás especies tuvieron de uno a dos huevos por nido.
9. De las 22 especies reproductivas, *Sula leucogaster nesiot*es fue la que tuvo el periodo reproductivo más amplio; de abril a noviembre. Los primeros huevos fueron registrados en abril, mientras que el mayor número de huevos fue registrado a principio de julio en Pajarera (911 huevos) y a finales de junio en Cocina (584 huevos). En Pajarera los primeros pollos fueron registrados el 31 de mayo, mientras que en Cocina fue el 21 de junio, con los máximos valores el 28 de septiembre en ambos sitios (491 en Pajarera y 398 en Cocina).
10. En la isla Pajarera *Larus heermanni* usó un mayor número de sustratos de anidación ($Ba=0.22$). Las especies que compartieron más los sustratos de anidación fueron *Egretta thula* vs. *Nyctanassa violacea* (1.00) y *Sula leucogaster nesiot*es vs. *Dendrocygna*

autumnalis (0.823). El primer par de especies construyó sus nidos únicamente en cactus y a una altura mayor de 200 cm, mientras que el segundo par compartió los sustratos areno-arcillosos con pastos. De las cuatro especies que anidaron en la isla Cocina *Sula leucogaster nesiotes* ($Ba=0.23$) y *Larus heermanni* ($Ba=0.16$) fueron las que usaron un mayor número de sustratos de anidación. El análisis de sobreposición mostró que sólo *Sula leucogaster nesiotes* compartió sustratos de anidación con *Sula nebouxii* (0.545) y *Larus heermanni* (0.045).

11. En Pajarera y Cocina *Sula leucogaster nesiotes* fue la especie con el periodo de anidación más amplio ($Ba=0.63$ y $Ba=0.61$, respectivamente); en ambos sitios se extendió de abril a noviembre. En Pajarera las especies con una mayor sobreposición en el periodo reproductivo fueron *Nycticorax nycticorax* vs. *Nyctanassa violacea* (0.823), *Egretta thula* vs. *Nycticorax nycticorax* (0.784), *Ardea alba* vs. *Eudocimus albus* (0.723), *Egretta thula* vs. *Egretta tricolor* (0.718) y *Ardea alba* vs. *Nyctanassa violacea* (0.715). En Cocina la mayor sobreposición en el periodo reproductivo fue entre *Pelecanus occidentalis* vs. *Sula nebouxii* (0.713) y vs. *Larus heermanni* (0.671).
12. La diversidad de hábitats usados para descansar fue mayor que la usada para alimentarse. Para todos los grupos de aves el espejo de agua fue el hábitat más utilizado para alimentarse, aunque las playeras y garzas y afines prefirieron las áreas más someras del espejo de agua en comparación con los demás grupos que prefirieron aguas más profundas. Los hábitats preferidos para descansar fueron diferentes; los patos y afines mostraron preferencia por la vegetación acuática (34.5%) y el espejo de agua (33.9%); las aves marinas y las playeras tuvieron porcentajes más altos en las planicies arenosas (29.3% y 44.4%, respectivamente); las garzas y afines prefirieron los manglares y la vegetación cercana a la boca de los esteros como sitios de descanso (46.1% y 36.9%).
13. Las variables ambientales consideradas en los GLM influyeron de forma diferente a cada uno de los grupos de aves. Sin embargo, todos grupos (excepto garzas y afines) fueron relacionados positivamente con la distancia a localidades y con la presencia de sustratos blandos. El grupo de garzas y afines, fue relacionado positivamente con el NDVI y negativamente con la distancia a boca del estero.

14. Con base en los mapas obtenidos para el total de especies, como por grupos indica que la laguna Agua Dulce, estero El Ermitaño y la laguna de Xola-Paramán fueron los humedales más importantes para todos los grupos de aves (excepto para las garzas) en términos de riqueza y abundancia. En estos humedales fue donde se observaron las mayores áreas de sustratos arenosos y más retirados de asentamientos humanos. El grupo de garzas y afines mostró una mayor distribución espacial, registrándose principalmente en el estero Majahuas y en los pequeños humedales localizados en la parte sur de la costa de Jalisco.

8. LITERATURA CITADA

- Abraham, D.M. 1980. Some comments on measuring niche overlap. *Ecology* 61:44-49.
- Ainley, D.C., Sepear, L.B., Allen, S.G. 1996. Variation in the diet of Cassin's auklet reveals spatial, seasonal, and decadal occurrence patterns of euphausiids off California, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 118:69-79.
- Alonso, D., F. Bartumeus, y J. Catalan. 2002. Mutual interference between predators can give rise to Turing spatial patterns. *Ecology* 83:28-34.
- Allee, J.R., M. Dethier., D. Brown., L. Deegan., R. G. Ford., T.F. Hourigan., J. Maragos., C. Schoch, K. Sealey., R. Twilley., M. P. Weinstein., M. Yoklavich. 2000. Marine and Estuarine Ecosystem And Habitat Classification. NOAA Technical Memorando. NMFS-F/SPO-43. U.S Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Under Secretary for Oceans and Atmosphere. 49 pp.
- Amat, J.A., D. Paniagua C., C.M. Herrera., P. Jordano., J.R. Obeso y R.C. Soriguer. 1985. Criterios de evaluación de zonas húmedas de importancia nacional y regional en función de las aves acuáticas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Monografía 35. Madrid.
- American Ornithologists' Union (A.O.U., actualización). 2001. Check-list of North American Birds. 7ª ed. The American Ornithologists' Union. Washington, D.C.
- Arizmendi y Márquez-Valdelamar. 2000. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. CIPAMEX, México, D.F. 440 pp.
- Arizmendi, M. del C., H. Berlanga., L. Márquez-Valdelmar., L. Navarajo y F. Ornelas. 1990. Avifauna de la región de Chamela, Jalisco. Universidad Nacional Autónoma de México. 1ª ed. México, 63 pp.
- Austin, G.E., y M.M. Rehfisch. 2003. The likely impact of sea level rise on waders (Charadrii) wintering on estuaries. *Nature Conservation* 11:43-58.
- Austin, G. E., C.J. Thomas., D.C. Houston y D.B.A. Thompson. 1996. Predicting the spatial distribution of buzzard *Buteo buteo* nesting areas using a geographical information system and remote sensing. *Journal of Applied Ecology* 33:1541-1550.
- Bennett, K.A., y E.F. Zuelka. 1999. The effects of recreation on birds: a literature review. Delaware Natural Heritage Program, Division of Fish and Wildlife. Department of Natural Resources and Environmental Control. 18 pp.
- Barber, R.T. y F.P. Chávez. 1983. Biological consequences of El Niño. *Science* 222:1203-1210.

- Berthold, P. 2001. Bird Migration: A General Survey. 2a. edition. Oxford University Press. Oxford New York. 253 pp.
- Blumstein, D.T., L.L. Anthony, R. Harcourt y G. Ross. 2003. Testing a key assumption of wildlife buffer zones: is flight initiation distance a species-specific trait?. *Biological Conservation* 111:97-100.
- Boersma, P.D., J.A. Clark, y N. Hillgarth. 2002. Seabird conservation. En: E.A. Schreiber y J. Burger (editores). *Biology of marine birds*. CRC PRESS, Florida. 559-580 pp.
- Borboroglu, P.G., P. Yorio., P.D.Boersma., H. Del Valle y M. Bertellotti. 2002. Habitat use and breeding distribution of Magallanic Penguins in Northern San Jorge Gulf, Patagonia, Argentina. *Auk* 119:133-139.
- Boulinier, T., y E. Danchin. 1997. The use of conspecific reproductive success for breeding patch selection in territorial migratory species. *Evol. Ecol.*, 11:505-517.
- Bray, R.J. y Curtis, J.L. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.
- Bucher, E. H. y G. Herrera. 1981. Comunidades de aves acuáticas de la laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina). *Ecosur* 8(15): 91-120.
- Bucher, E. H. y G. Herrera. 1981. Comunidades de aves acuáticas de la laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina). *Ecosur* 8(15): 91-120.
- Bullock, S.H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of Mexico. *Arch. Met. Geaph. Biocl., Ser B* 36:297-316.
- Burger, J. 1981. The effect of human activity on birds at a coastal bay. *Biological Conservation* 21:231-241.
- Burger, J. 1986. The effect of human activity on shorebirds in two coastal bays in northeastern Unites States. *Environmental Conservation* 13: 123-130.
- Burger, J. 1994. The effect of human disturbance on foraging behavior and habitat use in piping plover (*Charadrius melodus*). *Estuaries* 17(3):695-701.
- Burger, J. y M. Gochfeld. 1991(a). Human distance and birds: tolerance and response distances of resident and migrant species in India. *Environmental Conservation* 18(2):158-165.
- Burger, J. y M. Gochfeld . 1991(b). Human Activity Influence and Diurnal and Nocturnal Foraging of Sanderlings (*Calidris alba*). *The Condor* 93:259-265.
- Burger, J. y M. Gochfeld. 1998. Effects of ecotourists on bird behaviour at Loxahatchee National Wildlife Refuge, Florida. *Environmental Conservation* 25(1):13-21.

- Burger, J., Gochfeld, y L.J. Niles. 1995. Ecoturismo and birds in coastal New Jersey: Contrasting responses of birds, tourists, and managers. *Environmental Conservation* 22:56-65.
- Burger, J., J.R. Trout y G.S. Ritter. 1984. Jamaica Bay Studies VII: Factors affecting the distribution and abundance of ducks in a New York estuary. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science* 19:673-689.
- Bustamante, J., Y J. Seoane. 2004. Predicting the distribution of four species of raptors (Aves: Accipitridae) en southern Spain: statistical models work better than existing maps. *Journal of Biogeography* 31:295-306.
- Butler R. W. 1993. Time of breeding in relation to food availability of female great blue herons (*Ardea herodias*). *The Auk* 110: 693-701.
- Butler, R.W., R.I.G. Morrison., F.L. Delgado y R.K. Ross. 1998. Habitat associations of coastal birds in Panama. *Colonial Waterbirds* 20:518-524.
- Butler, R.W., N.C. Davidson y R.I.G. Morrison. 2001. Global-scale shorebird distribution in relation to productivity of near-shore ocean waters. *Colonial Waterbirds* 24: 224-232.
- Cadiou, B., J.Y. Monnat y E. Danchin. 1994. Prospecting in the kittiwake, *Rissa tridactyla*: different behavioral patterns and the role of squatting recruitment. *Anim. Behav.*, 47:847-856.
- Carrera, E. y G. de la Fuente. 2003. Inventario y Clasificación de Humedales en México. Parte I. Ducks Unlimited de México, A.C. México. 239 pp.
- Carmona, R. y E. Lozano. 2002. Independencia en los volúmenes de los huevos de la gaviota parda (*Larus heermanni*) con base en su sucesión de puesta. *Ciencias Marinas* 28: 205-209.
- Carmona, R. y G. Danemann. 1998. Distribución espacio-temporal de aves en la salina de Guerrero Negro, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 24:389-408.
- Carmona, R., Guzmán., S. Ramírez y G. Fernández. 1994. Breeding waterbirds of La Paz Bay, Baja California Sur, México. *Western Birds* 25:151-157.
- Carney, K.M., y W.J. Sydeman. 2000. Response: disturbance, habituation and management of waterbirds. *Waterbirds* 23:333-334.
- Casas-Andreu, G. 1982. Análisis de la anidación de las tortugas marinas del género *Lepidochelys* en México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 5:141-158.

- CCA. 1999. Áreas importantes para la conservación de las aves de América del Norte. Directorio de 150 sitios relevantes. Comisión para la Cooperación Ambiental, Canadá. 369 pp.
- Ceballos, G., y A. Miranda. 1986. Los mamíferos de Chamela, Jalisco. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México.
- Ceballos, G., y A. Miranda. 1994. Los mamíferos de la costa de Jalisco. Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C., México, D.F. México.
- Ceballos, G., y L. Márquez-Valdelamar. 2000. Las aves de México en peligro de extinción. Instituto de Ecología. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 430 pp.
- Chávez-Comparan, J.C.Ch., L.M.M. Rivas y J.J.A. Guzmán. 1995. Evaluación de los recursos naturales costeros de los estados de Jalisco y Colima. Instituto Oceanográfico del Pacífico. Dirección General de Oceanografía Naval, Secretaría de Marina. Tomo I. Estado de Jalisco. Manzanillo, Colima. 167 pp.
- Clark, K.E., L.J. Niles and J. Burger. 1993. Abundance and distribution of migrant shorebirds in Delaware Bay. *Condor* 95: 604-705.
- Clode, D. 1993. Colonially breeding seabirds: predatory or prey?. *Trends Ecol. Evol.*, 8:336-338.
- Cody, M.L. 1974. Competition and the structure of bird communities. Monographs in population biology No. 7. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, USA. 317 pp.
- Coulson, J.C. 2002. Colonial breeding in seabirds. En: Schreiber, E.A. y J. Burger (editores). *Biology of marine birds*. CRC PRESS. Florida. 87-113 pp.
- Colwell, M.A. 1993. Shorebirds community patterns in a seasonally dynamic estuary. *Condor* 95:104-114.
- Colwell, M.A. y S.L. Landrum. 1993. Nonrandom shorebirds distributions and fine-scale variation in prey abundance. *Condor* 95:94-103.
- Collier, K.J. y M.D. Wakeling. 1996. Instream habitat use by blue duck (*Hymenolaimus malacorhynchos*) in a New Zeland river. *Freshwater Biology* 35:277-287.
- Cornelius, C., S.A. Navarrete y P.A. Marquet. 2001. Effects of human activity on the structure of coastal marine bird assemblages in central Chile. *Conservation Biology* 15:1396-1404.
- Crawley, M.J. 1993. GLIM for Ecologist. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 379 pp.

- Cupul-Magaña, F. G. 2000a. Aves acuáticas del estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco. Huitzil 1:3-8.
- Cupul-Magaña, F. 2000b. Notas sobre la avifauna acuática de las islas y los humedales costeros de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Mexicoa 2(1):85-87
- Custer, T.W. y R.G. Osborn. 1978. Feeding habitat use by colonially-breeding herons, egrets, and ibis in North Carolina. Auk 95:733-743.
- Custer, T.W., R.K. Hines y C.M. Custer. 1996. Nest initiation and clutch size of Great Blue Herons on the Mississippi river in relation to the 1993 flood. Condor 98:181-188.
- Danchin, E., y R.H. Wagner. 1997. The evolution of coloniality: the emergence of new perspectives. Trends Ecol. Evol., 12:342-347.
- Davidson, N.C., d'.A.Laffoley., J.P. Doody., L.S. Way., J. Gordon., R. Key., C.M. Drake., M.W. Pienkowski., R. Mitchell y K.L. Duff. 1992. Nature conservation and estuaries of Great Britain. Peterborough, Nature Conservancy Council.
- Davis, G.A. y L.M. Smith. 2001. Foraging strategies and niche dynamics of coexisting shorebirds at stopover sites in the southern Great Plains. The Auk 118:484-495.
- Dobson, A.J. 2001. An introduction to Generalized Lineal Models. 2a edition. Chapman and Hall, London. 225 pp.
- Dickerman, R.W. y C.L. Juárez. 1971. Nesting studies of the boat-billed herons *Cochlearius cochlearius* at San Blas, Nayarit, México. Ardea 59:1-16.
- Dickerman, R.W. y G.T. Gaviño. 1969. Studies of a nesting colony of the green heron (*Butorides virescens*) at San Blas, Nayarit, México. Living Birds 8:95-111.
- Erlich, P.R., D.S. Dobkin y D. Wheye. 1988. The birder's Handbook. A field guide to the natural history of North American Birds. Simon & Schuster Inc. New York. 785 pp.
- Erwin, R.M. y T.W. Custer. 1982. Estimating reproductive success in colonial waterbirds: an evaluation. Colonial Waterbirds 5:49-56.
- Escalante, P., A. Sada y J. Robles. 1997. Listado de nombres comunes de las aves de México. Mill Pond Press, Inc. 32pp.
- Escofet, A., D. Loya-Salinas y J. Arredondo. 1988. El estero Punta Banda (Baja California, México) como hábitat de la avifauna. Ciencias Marinas 14:73-100.
- Faanes, C.A. y G.R. Lingle. 1995. Breeding birds of the Platte River Valley of Nebraska. Jamestown, ND: Northern Prairie Wildlife Research Center Home Page. <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/distr/birds/platte/platte.htm> (Versión 02SEP99).
- Faabora, J. 1988. An ecological survey of the major groups of birds. Prince Hall. New Jersey. 345 pp.

- Fox, A.D., y J. Madsen. 1997. Behavioral and distributional effects of hunting disturbance on waterbirds in Europe: implications for refuge design. *The Journal of Applied Ecology* 34:1-13.
- Frazier, S. 1999. Visión general de los sitios de RAMSAR. Una sinopsis de los humedales de importancia internacional en el mundo. Wetlands International, vi + 42 pp.
- Frederick P. C. y M. Collopy. 1989. Nesting success of five Ciconiiform species in relation to water conditions in the Florida everglades. *The Auk* 106: 625-634.
- Friedman, M. 1937. The use of rank to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance, *J. Amer. Statist. Assoc.* 32:675-701.
- Furness, R.M., Greenwood, J.J.D., Jarvis, P.J. 1993. Can birds be used to monitor environmental change? In: Furness, R.W. and Greenwood, J.J.D. (editores) *Birds as monitors of environmental change*. Chapman and Hall, London, p 1-41.
- Furness, R.M., y J.J. D. Greenwood (eds.). 1993. *Birds as monitors of environmental change*. Chapman and Hall, London.
- Furness, R. W. y M. L. Tasker. 2000. Seabird-fishery interactions: quantifying the sensitivity of seabirds to reductions in sandeel abundance, and identification of key areas for sensitive seabirds in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series* 202:252-264.
- García, A. y G. Ceballos. 1995. Reproduction and breeding success of California Least Terns in Jalisco, Mexico. *The Condor* 97:1084-1087.
- García, A. y G. Ceballos. 1995. Reproduction and breeding success of California Least Terns in Jalisco, México. *Condor* 97:1084-1087.
- García, A. y G. Ceballos. 1994. Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica de Cuitzmala, A.C. Instituto de Biología, U.N.A.M. 184 pp.
- Gaston, K.L. 1994. Measuring geographic range size. *Ecography* 17:198-205.
- Gaston, K.J., S.F. Matter. 2002. Individuals-area relationships: comment. *Ecology* 83:288-293.
- Gaviño de la Torre, G. 1975. Algunas observaciones sobre la biología de *Sula leucogaster nesiotus* (Aves:Sulidae), en la Bahía de Chamela, Jalisco, México. Universidad Autónoma de Morelos, Escuela de Ciencia Biológicas U.A.E.M. 14 pp.
- Gaviño de la Torre, G. R. 1978. Notas sobre algunas aves de la región de Chamela, Jal. Méx. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, Ser. Zool.* 49:295-302.

- Gibbs J. P. 1991. Spatial relationships between nesting colonies and foraging areas of Great Blue Herons. *The Auk* 108:764-770.
- Gibson, L.A., B.A. Wilson., D.M. Cahill y J. Hill. 2004. Spatial prediction of rufous bristlebird habitat in a coastal heathland: a GIS-based approach. *Journal of applied Ecology* 41:213-223.
- Goss-Custard, J.D. 1977. The ecology of the Wash. III. Density related behavior and the possible effects of a loss of feeding grounds on wading birds (Charadrii). *Journal Appl. Ecology* 14:721-739.
- Guisan, A., y N.E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling* 135: 147-186.
- Gutiérrez, D. 2002. Metapoblaciones: un pilar básico en biología de conservación. *Ecosistemas* 2002/3 (URL: www.aeet.org/ecosistemas/investigación3.htm).
- Harris, M.P., S. Wanless., T.R. Barton y D.A. Elston. 1997. Nest site characteristics, duration of use and breeding success in the Guillemot *Uria aalge*. *Ibis* 139:468-476.
- Hayes, F.E. y J.A. Fox. 1991. Seasonality, habitats use, and flock sizes of shorebirds at the Bahía of Asunción, Paraguay. *Wilson Bulletin* 103:637-649.
- Helmers, D. L. 1992. Shorebird management manual. Western Hemisphere Shorebirds Reserve Network, Manomet, MA. 58pp.
- Hernández-Vázquez, S. 1996. Avifauna estuarina de El Chorro y Majahuas, Jalisco, México, durante la época no reproductiva. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, B.C. 104 pp.
- Hernández-Vázquez, S. 1999. Monitoreo y uso del hábitat de aves neárticas y neotropicales asociadas a ambientes acuáticos litorales en el municipio de Tomatlán, Jalisco, México. Informe Final. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 33 pp.
- Hernández-Vázquez, S. 2000. Avifauna acuática del estero La Manzanilla, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, nueva serie. 80:143-153.
- Hernández-Vázquez, S. y G. Fernández-Aceves. 1999. Reproducción de *Cochlearius cochlearius* (Garza Cucharón) y *Butorides virescens* (Garza Verde) en La Manzanilla, Jalisco, México. *Ciencias Marinas* 25:277-291.
- Hernández-Vázquez S. y E. Mellink. 2001. Coastal waterbirds of El Chorro and Majahuas, Jalisco, Mexico, during the non-breeding season, 1995-1996. *Revista de Biología Tropical* 49: 357-365.

- Hernández-Vázquez, S., H. de la Cueva S. y J. Rojo-Vázquez. 2002. Análisis comparativo de la avifauna del estero Majahuas (Jalisco, México) entre un evento El Niño y un año no Niño. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 1:94-112.
- Hobbs, R.J. 1998. Managing ecological systems and processes. En: Peterson, D.L., y V.T. Parker (editors). *Ecological Scale. Theory and Applications*. Columbia University Press, New York. Pp. 459-484.
- Hockey, P.A.R., R.A. Navarro., B. Kalejta y C.R. Velásquez. 1992. The riddle of the sands: why are shorebirds densities so high in southern estuaries?. *American Naturalist* 140:961-979.
- Howell, S.N.G. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University. New York. 851 pp.
- Howell, S.G. 1994. Additional information on the birds of Colima and adjacent Jalisco, Mexico. *The Euphonia* 3:33-54.
- Howes, J. y D. Bakewell. 1989. Shorebird studies manual. Asian Wetland Bureau (ABW) Publication N°55. Kuala Lumpur. 362 pp.
- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *J. Theoret. Biol.* 29:151-154.
- Hyrenbach, K.D. 2001. Albatross response to survey vessels: implications for studies of the distribution, abundance, and prey consumption of seabirds populations. *Marine Ecology Progress Series* 212: 283-295.
- Inman, D.L. y B.M. Brush. 1973. The coastal challenge. *Science* 181-32.
- INEGI. 1997. Estadística del medio ambiente. México. En: CONABIO, 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País. México.
- James A. Kushlan, Melanie J. Steinkamp, Katherine C. Person, Jack Capp, Martin Acosta Cruz, Malcom Coutler, Ian Davidson, Loney Dickson, Naomi Edelson, Richard Elliot, R. Michael Erwin, Scott Hatch, Stephen Kress, Robert Milko, Steve Miller, Kyra Mill, Richard Paul, Roberto Phillips, Jorge E. Saliva, Bill Sydeman, Jhon Trapp, Jennifer Wheeler, y Kent Wohl. 2002. Waterbirds conservation for the Americas: The North American Waterbirds Conservation Plan, Version 1. Waterbirds Conservation for the Americas, Washington, DC, U.S.A., 78 pp.
- Jones, R.J. 2001. The status of seabird colonies on the Cook Islands atoll of Suvarrow. *Bird Conservation International* 11:309-318.
- Keddy, P.A. 2000. Wetland Ecology. Principles and conservation. Cambridge University Press. New York. 614 pp.

- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Llarper and Row, New York.
- Lafferty, K.D. 2001. Birds a Southern California beach: seasonality, habitat use y disturbance by human activity. *Biodiversity and Conservation* 10:1949-1962.
- Landa-Jaime, V. 1991. Moluscos bentónicos de la laguna Agua Dulce, Jalisco, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad de Guadalajara. 80 pp.
- Lawlor, L.R. 1980. Overlap, similarity, and competition coefficients. *Ecology* 6:245-251.
- Lertzman, K., y J. Fall. 1998. From forest stands to landscape: spatial scale and the role of disturbance. En: Peterson, D.L., y V.T. Parker (editores). *Ecological Scale. Theory and Applications*. Columbia University Press, New York. Pp. 271-288.
- Levin, R. 1968. *Evolution in changing environments: some theoretical exploration*. Monographs in population biology No. 2. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 120 pp.
- Ludwing, J.A. y J.F. Reynolds. 1998. *Statistical ecology*. John Wiley and Sons. New York, N.Y. 337 pp.
- McArthur, R.H., y E.O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton. New Jersey, USA.
- Mace, G.M. 1994. An investigation into methods for categorizing the conservation status of species. En: P.J. Edwards, R.M. May, y N.R. Webb (editores). *Large scale ecology and conservation biology*. Oxford, U.K. Blackwell Scientific. 293-312.
- Maffe, G.K. y C.R. Carroll. 1997. *Principles of conservation biology*. 2da. Edition. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, E.U.A.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and its measurement*. Princeton University Press. Nueva Jersey. 179 pp.
- Mason, D.M., y S.B. Brandt. 1999. Space, time, and scale: new perspectives in fish ecology and management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65 (supplement 1):1-3.
- Massey, W.B. y E. Palacios. 1994. Avifauna of the wetlands of Baja California, Mexico: Current status. *Studies in Avian Biology* 15:45-57.
- Maurer, B.A. 1996. *Geographical population analysis: tools for the analysis of biodiversity*. Blackwell Science. 130 pp.
- Mayfield, H.F. 1975. Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bull.*, 83:456-466.
- McCoy, E.D., y H.R. Mushinsky. 1994. Effects of fragmentation on the richness of vertebrate of the Florida scrub habitat. *Ecology* 75:446-457.
- McCullagh, P., y J.A. Nelder. 1999. *Generalized Linear Models*. 2ª Edition. Chapman and May, London. 511 pp.

- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. 1993. Wetlands. Van Nostrand Reinhold. 2a edition. EUA. 722 pp.
- Monaghan, P. 1992. Seabirds and sandeels: the conflict between exploitation and conservation in the North Sea. *Biodiversity Conservation* 1:98-111.
- Montevocchi, W., y R. Myers. 1996. Dietary changes of seabirds indicate in pelagic food webs. *Science* 80:313-322.
- Morris, J.T., P.V. Sundareshwar, C.T. Nietch, B. Kjerfve, y D.R. Cahoon. 2002. Responses of coastal wetlands to rising sea level. *Ecology* 83:2869-2877.
- Myers, J.P. 1983. Conservation of migrating shorebirds: Staging areas, geographic bottlenecks, and regional movement. *Am. Birds* 37:23:25.
- Myers, J.P., R.I.G. Morrison, P.Z. Antas, B.A. Harrington, T.E. Lovejoy, M. Sallaberry, S.E. Senner, y A. Tarak. 1987. Conservation strategy for migratory species. *Am. Scient.* 75:18-26.
- National Geographic Society. 1987. Field Guide to the Birds of North America. 2a. ed. Washington D.C. 464 pp.
- Nelson, J.B., y P.A. Baird. 2002. Seabird communication and displays. En: E.A. Schreiber y J. Burger (editores). *Biological of marine birds*. CRC Press, Florida. 307-357 pp.
- Nicholls, A.O. 1989. How to make biological surveys go further with generalized linear models. *Biological Conservation* 50:51-75.
- Nisbet, I.C.T. 2000. Disturbance, habituation, and management of waterbirds colonies. *Waterbirds* 23:312-332.
- Norman, F.I. 1992. Distribution and abundance of seabirds off Phillips Island and withing Port Phillip Bay, Victoria. 1986-1988. *Emu* 91:377-394.
- Ntiamoa-Baidu, V., S.K. Nyame y A.A. Nuoh. 2000. Trends in the use of a small coastal lagoon by waterbirds: Muni Lagoon (Chana). *Biodiversity and Conservation* 9:527-539.
- Nur, N., S.L. Jones y G. R. Geupel. 1999. A statistical guide to data analysis of avian monitoring programs. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, BTP-R6001-1999, Washington, D.C. 46 pp.
- O'Reilly, K.M. y Wingfield. 1995. Spring and autumn migration in arctic shorebirds: same distance, different strategies. *American Zoologist* 35:222-233.
- Oceguera M. X. 1980. Relación de los elementos climáticos componentes del balance hidrológico con la salinidad en la laguna de Agua Dulce, Jalisco. *Centro de estudios limnológicos, SARH*. P. 231-263.

- Parsons, J. 1975. Seasonal variation in the breeding success of the Herring Gull: an experimental approach. *Journal of Animal Ecology* 44:553-573.
- Paulson, D. 1993. Shorebirds on the Pacific Northwest of the Pacific Northwest. UBC Press Vancouver, Seattle Audubon Society. 406 pp.
- Palomera-García, C., E. Santana y R. Amparan-Salido. 1994. Patrones de distribución de la avifauna en tres estados del occidente de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*. 65:137-175.
- Pedroli, B. 2003. La experiencia en redes. Cohesión espacial ecológica - base para la conservación de la naturaleza. En: García, M.R. (coord.). *Conectividad Ambiental: las áreas naturales protegidas en la cuenca Mediterránea*. Junta de Andalucía. 55-70 pp.
- Peterson, R. T. y E. L. Chalif. 1989. *Aves de México, Guía de Campo*. Editorial Diana. México, D.F. 473 pp.
- Peterson, A.T. 2001. Predicciones de distribución de especies con base en modelaje de nichos ecológicos. *Condor* 3:
- Pielou, E.C. 1976. *Ecological diversity*. J. Wiley and Son, New York. N.Y. 286 pp.
- Rappole, J.H., E.S. Morton., T.E. Lovejoy y J.L. Ruos. 1993. *Aves migratorias neárticas en los neotropicos*. Smithsonian Institution, Virginia. 341. pp.
- Rehfish, M.M. 1994. Man-made lagoon and how their attractiveness to waders might be increased by manipulating the biomass of an insect benthos. *Journal of Applied Ecology* 31:383-401.
- Ricotta, C., G. Avena. 1999. Mapping and monitoring net primary productivity with AVHRR NDVI time-series: statistical equivalence of cumulative vegetation indices. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 54:325-331.
- Rodríguez-Estrella, R. 1997. Factores que condicionan la distribución y abundancia de las aves terrestres en el desierto xerófilo de Baja California Sur, México: El efecto de los cambios en el hábitat por actividad humana. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, España. 301 pp.
- Rodríguez-Estrella, R., y L. A. Bojórquez-Tapia. 2004. GIS and raptor ecology: Perspectives for research and conservation agendas. En: Ricardo-Rodríguez, E., y L. A. Bojórquez-Tapia (editores). *Spatial analysis in raptor ecology and conservation*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F. Pp. 1-15.

- Rodgers, J.A. Jr. y H. T. Smith. 1997. Buffer zone distance to protect to foraging and loafing waterbirds from human disturbance in Florida. *Wildlife Society Bulletin* 25:139-145.
- Rodgers, J.A. Jr. y S.T. Schwikert. 2002. Buffer-zone distance to protect foraging and loafing waterbirds from disturbance by personal watercraft and outboard-powered boats. *Conservation Biology* 216-224.
- Salazar-Vallejo, S.I. y N.E. González (Editores). 1993. Biodiversidad marina y costera de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Aprovechamiento de la Biodiversidad (CONABIO). Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). México, D.F. 865 pp.
- Sánchez-Hernández, C. y L.A. Pérez-Jiménez. 1972. Notas sobre la biología de la “Bubia de vientre blanco” (*Sula leucogaster nesiotes*; familia:Sulidae) en la Bahía de Chamela, Jalisco, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Tomo XXXIII.
- Sarrias, A. M., D. E. Blanco y J. L. De Casenave. 1996. Estructura en gremios en un ensamble de aves acuáticas durante la estación reproductiva. *Ecología Austral* 6:106-114.
- Schaldach W. J. Jr. 1969. Further notes in the avifauna of Colima and adjacent Jalisco, Mexico. *Anales del Instituto de Biología, Serie zoología* 2: 299-316.
- Schiffman, S.S., M.L. Reynolds, y F.W. Young. 1981. Introduction to multidimensional scaling: theory, methods, and applications. Orlando, FA. U.S.A. Academic Press.
- Schmidt, H., y A. Karnieli. 2000. Remote sensing of the seasonal variability of vegetation in a semi-arid environment. *Journal of Arid Environments* 45:43-60.
- Schoener, T.W. 1968 The *Anolis* lizards of Bimini: resource partitioning in a complex fauna. *Ecology* 49: 704-726.
- Schoener, T.W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27-39.
- Schreiber, R.W. y E.A. Schreiber. 1984. Central pacific seabirds and the El Niño Southern Oscillation: 1982 to 1983 perspectives. *Science* 225:713-716.
- Schreiber, E.A. 2002. Climate and weather effects on seabirds. En: E.A. Schreiber y J. Burger (editores). *Biological of marine birds*. CRC Press, Florida. 179-215 pp.
- Scott, J.M., P.J. Heglund, J.B. Haufler, M. Morrison, M.G. Raphael, W.B. Wall y F. Samson (editores) 2002. Predicting species occurrences: Issues of accuracy and scale. Island Press, Covelo, California. 867 pp.
- Schreiber, E.A. y J. Burger (editores). 2002. *Biology of marine birds*. CRC PRESS, Florida. 600 pp.

- Seoane, J., J. Bustamantes y R. Díaz-Delgado. 2004. Competing roles for landscape, vegetation, topography and climate in predictive models of bird distribution. *Ecological Modelling* 171:209-222.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 7 de septiembre de 2001.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003. Acuerdo que adiciona la especificación 4.43 a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en la zona de manglar. Diario Oficial de la Federación, 10 de abril de 2003.
- Shannon, C. E. y W. Wiener. 1963. *The mathematical theory of communication* urbane, University of Illinois Press. 117 pp.
- Shealer, D.A. 2002. Foraging behavior and food of seabirds. En: Schreiber, E.A. y J. Burger (editores). *Biology of marine birds*. CRC PRESS, Florida. 137-177 pp.
- Siegel-Causey, D. y S.P. Kharitonov. 1990. Colony formation in seabirds. *Curr. Ornithol.*, 5:223-271.
- Skagen, S.K. y H.D. Oman. 1996. Dietary flexibility of shorebirds en the western hemisphere. *Canadian Field-Naturalist* 110:419-444.
- Skov, H. y J. Durinck. 2001. Seabird attraction to fishing vessels is a local process. *Marine Ecology Progress Series* 214: 289-298.
- Soulé, M.E. 1991. Conservation: tactics for a constant crisis. *Science* 253:744-750.
- Tershey, B.R., D. Breese, y D.A. Croll. 1997. Human perturbations and conservation strategies for San Pedro Martir Island, Isla del Golfo de California Reserve, Mexico. *Environmental Conservation* 24:261-270.
- Van Der Valk, A. y J. Hall. 1986. *Alaska: Regional Wetland Functions: Proceedings of a Workshop held at Anchorage, Alaska (May 28-29, 1986)*. The Environment Institute. University of Massachusetts at Amherst. Publication No. 90-1.
- Van der Sluis, T., B. Pedroli y H. Kuipers. 2001. *Corredors for LIFE: Ecological Network Analysis, Regione Emilia-Romagna, the plains of the Provinces of Modena and Bologna*. ALTERRA Report 365, Wageningen.

- Vega-Cendejas, M.E. 1998. Trama trófica de la comunidad nectónica asociada al ecosistema de manglar en el litoral norte de Yucatán. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. División de Estudios de Posgrado. UNAM. México, D.F. 170 pp.
- Veit, R.R., P. Pyle, J.A. McGowan. 1996. Ocean warming and long-term change in pelagic bird abundance within the California current system. *Marine Ecology Progress Series* 139:11-18.
- Velando, A., y J. Freire. 1999a. Intercolony and seasonal differences in the breeding diet of European shags on the Galician coast (NW Spain). *Marine Ecology Progress Series* 188:225-236.
- Velando, A. y J. Freire. 1999b. Coloniabilidad y conservación de aves marinas: el caso del cormorán moñudo. *Etología* 7:55-62.
- Warnock, N., C. Elphick, y M.A. Rubega. 2002. Shorebirds in the marine environment. En: E.A. Schreiber y J. Burger (editores). *Biological of marine birds*. CRC Press, Florida. 581-615 pp.
- Wells, M.P., y K.E. Brandon. 1993. The principles and practice of buffer zones and local participation in biodiversity conservation. *Ambio* 22:157-162.
- Whittaker, D., y R.L. Knight. 1998. Understanding wildlife responses to humans. *Wildlife Society Bulletin* 26:312-317.
- Winttenberger, J.F., y G.L.Jr. Hunt. 1985. The adaptative significance of coloniality in birds. En: Farner, D.S., J.R. King, y K.C. Parkes (editors). *Avian Biology Vol. VIII*. New York, Academic Press. 1-78 pp.
- Wong, L.C., R.T. Corlett., LL. Young y J.S.Y. Lee. 2001. Utilization of wetlands by Ardeids in Starling Inlet, Hong Kong: a year-round study and a comparison between the census and flight-line methods. *Waterbirds* 2:153-307.
- Yates, M.G., J.D. Goss-Custard., S. McGrorty., K.H. Lakhani., S.E.A le V dit, Durell., R.T. Clarke., W.E. Rispin., I. Moy., T. Yates., Plant RA y Frost AE. 1993. Sediment characteristics, invertebrate densities and shorebird densities on the banks of the Wash. *Journal of Applied Ecology* 30:599-614.
- Yorio, P., E. Frere., P. Gandini y A. Schiavini. 2001. Tourism and recreation at seabird breeding site in Patagonia, Argentina: current concerns and future prospect. *Bird Conservation International* 11:231-245.
- Young, F.W. 1985. Multidimensional scaling. En: Kotz, S., Johnson, N.L. y Reads, C.B. (ed.). *Encyclopedia of statistical sciences*. New York: John Wiley and Sons, vol. V.

- Ysebaert, T., P.L. Meininger., P. Meire., K. Devos., C.M. Berrevoets., R.C.W. Strucker y E. Kuijken. 2000. Waterbirds communities along the estuarine salinity gradient of the Schelde estuary, NW-Europe. *Biodiversity and Conservation* 9:1275-1296.
- Zar, J.H. 1974. *Biostatistical Analysis*, 2a edición. Prentice Hall, New York, 620 pp.

9. APÉNDICES

Apéndice 1. Listado de especies por grupo y su abundancia acumulada en cada uno de los humedales. AD=Agua Dulce, ERM=Ermitaño, CHO=Chorro, MAJ=Majahuas, SJ=San Juan, X-P=Xola-Paramán, CHA=Chalacatepec, MAN=Manzanilla, TUL=Tule, BN=Barra de Navidad, COC=Cocina, PAJ=Pajarera. VI=visitante de invierno, MT=migratorio transitorio, VNR=visitante no reproductivo, RE=residente, VR=visitante reproductivo. Pr=sujeta a protección especial, A= Amenazada y P= en peligro de extinción.

	Humedales												NOM-059			
	AD	ERM	CHO	MAJ	SJ	X-P	CHA	MAN	TUL	BN	COC	PAJ	No.	%	Status	2001
Marinas																
<i>Chlidonias niger</i>	833	56	92	170	4	851	73	4	0	0	0	0	2083	2.9	VI	
<i>Fregata magnificens</i>	64	34	12	10	19	130	74	7	18	177	611	437	1593	2.2	VNR	
<i>Gavia immer</i>	14	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	17	0.02	VI	
<i>Larus argentatus</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0.003	VI	
<i>Larus atricilla</i>	1337	462	329	366	1	994	222	11	79	459	10	0	4270	5.9	VI	
<i>Larus californicus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0.004	VI	
<i>Larus delawerensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0.004	VI	
<i>Larus heermanni</i>	14	5	7	2	0	13	10	0	23	5	308	587	974	1.4	VR	Pr
<i>Larus philadelphia</i>	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.01	VI	
<i>Larus pipixcan</i>	287	21	19	2	1	293	2	0	38	0	0	0	663	0.9	MT	
<i>Oceanodroma microsoma</i>	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	43	0.1	VNR	
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	319	30	107	0	0	435	112	0	0	12	0	0	1015	1.4	VI	
<i>Pelecanus occidentalis</i>	619	382	126	196	3	254	67	18	16	472	483	113	2749	3.8	RE	
<i>Phaethon aethereus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	5	0.01	VNR	A
<i>Phalacrocorax auritus</i>	3	6	2	4	9	3	16	44	0	0	0	0	87	0.1	VI	
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	5252	1237	4305	3551	410	1282	2123	2418	2306	271	0	1	23156	32.3	RE	
<i>Puffinus griseus</i>	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0.02	VNR	
<i>Rynchops niger</i>	218	37	126	169	0	154	0	0	0	735	0	0	1439	2.0	VI	
<i>Sterna antillarum</i>	198	40	264	42	0	204	59	0	0	0	0	0	807	1.1	VR	Pr
<i>Sterna caspia</i>	183	108	104	19	14	16	4	7	35	147	0	0	637	0.9	VI	
<i>Sterna elegans</i>	128	52	72	34	3	85	11	1	12	31	0	0	429	0.6	VNR	Pr

<i>Sterna forsteri</i>	234	39	139	22	4	24	21	0	20	11	0	0	514	0.7	VI	
<i>Sterna hirundo</i>	326	49	242	1225	3	122	2	0	4	18	0	0	1991	2.8	VNR	
<i>Sterna maxima</i>	112	40	13	6	3	82	10	7	9	231	1	0	514	0.7	VI	
<i>Sterna nilotica</i>	19	11	14	1	0	4	17	0	0	0		0	66	0.1	VI	
<i>Sula leucogaster</i>	1	1	0	1	0	0	0	117	0	3	11841	16455	28419	39.6	RE	
<i>Sula neboxii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252	0	252	0.4	VR	
<i>Sula sula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	16	0.02	VNR	
Total													71771	100.0		
Patos y afines																
<i>Aix sponsa</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.001	VI	
<i>Anas acuta</i>	2052	33153	1000	0	0	1221	71	0	0	0	0	0	37497	13.4	VI	
<i>Anas americana</i>	297	8452	237	9	0	11089	120	0	0	0	0	0	20204	7.2	VI	
<i>Anas clypeata</i>	800	235	22	10	0	2007	1043	0	1	0	0	0	4118	1.5	VI	
<i>Anas crecca</i>	715	400	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	1160	0.4	VI	
<i>Anas cyanoptera</i>	20	4474	0	0	0	0	0	0	0	61	0	0	4555	1.6	VI	
<i>Anas discors</i>	966	3268	76	22	0	166	0	6	5	0	0	0	4509	1.6	VI	
<i>Anas penelope</i>	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0.4	VI	
<i>Anas platyrhynchos</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.004	VI	A
<i>Anas strepera</i>	0	142	0	9	0	4	150	0	0	25	0	0	330	0.1	VI	
<i>Aythya affinis</i>	6431	159	437	47	0	8645	1196	9	0	0	0	0	16924	6.1	VI	
<i>Aythya collaris</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0.001	VI	
<i>Aythya valisineria</i>	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100	0.04	RE	
<i>Branta bernicla</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.00	RE	A
<i>Chen caerulescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0.001	RE	
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	21988	45659	4678	385	29	74	718	12	11000	11	26	204	84784	30.3	RE	
<i>Dendrocygna bicolor</i>	0	4506	0	0	0	0	0	0	214	0	0	0	4720	1.7	VI	
<i>Fulica americana</i>	6661	4803	437	262	6	48630	5502	13	1239	75	0	0	67628	24.2	VI	
<i>Gallinula chloropus</i>	0	0	2	4	10	0	4	16	67	0	0	0	103	0.04	VI	

Melanitta perspicillata	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0	VI	A
Mergus serrator	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.0	VI	
Nomonyx dominicus	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0.01	RE	
Oxyura jamaicensis	8554	549	1437	0	0	11732	8140	0	0	35	0	0	30447	10.9	RE	
Podiceps auritus	231	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	232	0.1	VI	
Podiceps nigricollis	248	0	1	0	0	688	15	0	0	0	0	0	952	0.3	VI	
Podilymbus podiceps	37	9	1	1	1	0	16	0	18	0	0	0	83	0.0	RE	
Porphyryla martinica	0	2	0	6	3	0	0	0	112	0	0	0	123	0.04	RE	
Tachybaptus dominicus	0	1	3	2	0	0	40	3	9	4	0	0	62	0.02	RE	
Total													279588	100.0		
Playeras																
Actitis macularia	73	35	17	32	0	31	28	6	6	59	1	1	289	1.1	VI	P
Arenaria interpres	19	16	0	6	0	19	1	0	0	41	0	0	102	0.4	VI	
Calidris alba	935	973	495	1245	0	524	138	0	0	238	0	0	4548	17.6	VI	
Calidris himantopus	2	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	6	0.0	VI	
Calidris mauri	689	180	71	347	0	905	30	0	83	556	0	0	2861	11.1	VI	
Calidris minutilla	318	60	10	2	0	19	0	0	0	22	0	0	431	1.7	VI	
Calidris pusilla	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.03	VI	
Catoptrophorus semipalmatus	876	594	203	421	0	827	40	4	95	728	1	0	3789	14.7	VI	
Charadrius alexandrinus	146	117	5	13	0	76	10	9	22	133	0	0	531	2.1	VI	
Charadrius melodus	5	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.03	VI	
Charadrius semipalmatus	148	53	65	39	0	270	2	5	8	390	0	0	980	3.8	VI	
Charadrius vociferus	0	0	4	2	0	37	3	0	0	0	0	0	46	0.2	RE	
Charadrius wilsonia	51	67	2	30	0	30	4	0	0	520	0	0	704	2.7	VI	
Gallinago gallinago	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.02	VI	
Haematopus palliatus	154	61	6	3	0	49	6	0	0	27	21	10	337	1.3	RE	
Heteroscelus incanus	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0.02	VI	
Himantopus mexicanus	718	203	62	585	0	580	71	3	4	252	3	0	2481	9.6	RE	

<i>Limnodromus griseus</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.02	VI	
<i>Limnodromus scolopaceus</i>	309	34	0	5	0	5	41	0	0	0	0	0	394	1.5	VI	
<i>Limosa fedoa</i>	304	24	0	0	0	36	0	0	0	483	0	0	847	3.3	VI	
<i>Numenius americanus</i>	143	90	29	19	0	51	2	0	0	131	0	0	465	1.8	VI	
<i>Numenius phaeopus</i>	314	373	112	26	0	102	8	0	8	335	1	0	1279	4.9	VI	
<i>Phalaropus lobatus</i>	12	0	442	7	0	291	60	0	0	0	0	0	812	3.1	VI	
<i>Phalaropus tricolor</i>	61	0	0	0	0	605	0	0	0	0	0	0	666	2.6	MT	
<i>Pluvialis squatarola</i>	214	61	18	2	0	50	2	0	0	112	0	0	459	1.8	VI	
<i>Recurvirostra americana</i>	525	300	119	272	1	1034	464	3	0	94	0	0	2812	10.9	VI	
<i>Tringa flavipes</i>	49	71	30	14	0	331	49	2	0	62	0	0	608	2.4	VI	
<i>Tringa melanoleuca</i>	16	20	26	148	2	23	43	3	19	67	0	0	367	1.4	VI	
Total													25845	100.0		
Garzas y afines																
<i>Ajaia ajaja</i>	144	52	53	46	0	42	53	1	11	23	0	0	425	2.4	VI	
<i>Aramus guarauna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	31	0.2	VNR	
<i>Ardea alba</i>	150	123	120	150	33	147	264	113	587	221	5	447	2360	13.3	RE	
<i>Ardea herodias</i>	222	130	64	54	72	34	36	7	25	168	2	0	814	4.6	VI	Pr
<i>Bubulcus ibis</i>	0	61	147	9	0	0	0	1	205	957	0	4	1384	7.8	RE	
<i>Butorides virescens</i>	2	22	22	218	42	2	355	338	124	18	0	0	1143	6.4	RE	
<i>Cochlearius cochlearius</i>	0	0	0	1	13	0	3	212	16	1	0	0	246	1.4	RE	
<i>Egretta caerulea</i>	122	137	121	94	5	15	11	2	7	157	0	1	672	3.8	RE	
<i>Egretta rufescens</i>	13	0	0	0	0	8	0	0	0	7	0	0	28	0.2	VI	Pr
<i>Egretta thula</i>	950	153	790	805	2	310	160	40	163	466	34	352	4225	23.8	RE	
<i>Egretta tricolor</i>	64	49	118	61	3	25	44	16	12	141	0	5	538	3.0	RE	
<i>Eudocimus albus</i>	167	33	122	94	7	125	185	138	101	313	18	1269	2572	14.5	RE	
<i>Mycteria americana</i>	140	94	44	7	9	354	73	232	19	27	0	0	999	5.6	VI	Pr
<i>Nyctanassa violacea</i>	112	71	201	153	79	275	68	111	222	261	19	287	1859	10.5	RE	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	0	0	0	7	52	0	24	25	80	0	0	62	250	1.4	RE	

<i>Plegadis chihi</i>	35	4	4	2	0	0	10	5	93	44	0	0	197	1.1	VI	
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	0	0	0	0	1	0	0	3	3	0	0	0	7	0.04	RE	Pr
Total													17750	100.0		
Otros																
<i>Jacana spinosa</i>	0	91	54	29	0	0	11	1	150	0	0	0	336	23.1	RE	
<i>Anhinga anhinga</i>	0	19	19	45	182	0	8	174	103	3	0	0	553	38.0	RE	
<i>Ceryle alcyon</i>	12	16	8	55	13	6	23	42	17	43	0	0	235	16.1	VI	
<i>Ceryle torquata</i>	2	1	0	21	16	0	6	23	5	0	0	0	74	5.1	RE	
<i>Chloroceryle americana</i>	0	4	5	30	2	0	19	25	10	6	0	0	101	6.9	RE	
<i>Pandion haliaetus</i>	36	24	6	14	23	20	12	7	4	11	0	0	157	10.8	VI	
													1456	100.0		

Apéndice 2. Especies que contribuyeron en un 90% de la similitud de los grupos identificados en el análisis de Bray Curtis y el MDS. Las especies se enlistan de acuerdo a su aportación en el porcentaje de similitud. $\bar{\chi}$ = abundancia promedio, $\% \delta_i$ = porcentaje de similitud, $\Sigma \% \delta_i$ = similitud acumulada.

a). Global (considerando todos los grupos)

	$\bar{\chi}$	$\% \delta_i$	$\Sigma \% \delta_i$
Grupo 1			
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1711.33	10.16	10.16
<i>Ardea alba</i>	244.33	6.21	16.37
<i>Nyctanassa violacea</i>	137.33	5.38	21.75
<i>Butorides virescens</i>	168.00	5.24	26.99
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	3680.33	4.47	31.46
<i>Eudocimus albus</i>	82.00	4.25	35.71
<i>Nycticorax nycticorax</i>	52.33	3.99	39.70
<i>Fulica americana</i>	419.33	3.81	43.51
<i>Egretta thula</i>	68.33	3.73	47.25
<i>Gallinula chloropus</i>	31.00	3.73	50.98
<i>Cochlearius cochlearius</i>	80.33	3.49	54.47
<i>Mycteria americana</i>	86.67	3.41	57.88
<i>Sterna caspia</i>	18.67	3.09	60.96
<i>Larus atricilla</i>	30.33	2.98	63.94
<i>Ardea herodias</i>	34.67	2.96	66.90
<i>Pelecanus occidentalis</i>	12.33	2.95	69.85
<i>Egretta tricolor</i>	10.33	2.83	72.67
<i>Fregata magnificens</i>	14.67	2.80	75.48
<i>Tringa melanoleuca</i>	8.00	2.55	78.03
<i>Sterna maxima</i>	6.33	2.52	80.55
<i>Egretta caerulea</i>	4.67	2.15	82.70
<i>Sterna elegans</i>	5.33	2.06	84.76
<i>Phalacrocorax auritus</i>	17.67	1.61	86.37
<i>Porphyryla martinica</i>	38.33	1.21	87.58
<i>Charadrius alexandrinus</i>	10.33	0.93	88.51
<i>Plegadis chihi</i>	32.67	0.92	89.43
<i>Larus pipixcan</i>	13.00	0.92	90.36
Grupo 2			
<i>Fulica americana</i>	11049.17	4.16	4.16
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	2958.33	3.89	8.05
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	12250.33	3.66	11.71
<i>Aythya affinis</i>	2819.17	2.88	14.59
<i>Larus atricilla</i>	618.33	2.82	17.41
<i>Calidris alba</i>	718.33	2.76	10.17
<i>Oxyura jamaicensis</i>	5068.67	2.75	22.92
<i>Recurvirostra americana</i>	452.33	2.58	25.50
<i>Catoptrophorus semipalmatus</i>	493.50	2.47	27.96
<i>Anas americana</i>	3367.33	2.42	30.39
<i>Egretta thula</i>	528.00	2.40	32.79
<i>Pelecanus occidentalis</i>	274.00	2.26	35.05
<i>Himantopus mexicanus</i>	369.83	2.21	37.26
<i>Calidris mauri</i>	370.33	2.12	39.38

<i>Chlidonias niger</i>	345.83	2.12	41.49
<i>Anas acuta</i>	6249.50	2.04	43.54
<i>Anas clypeata</i>	686.17	2.04	45.58
<i>Ardea alba</i>	159.00	2.00	47.57
<i>Nyctanassa violacea</i>	146.67	1.90	49.47
<i>Eudocimus albus</i>	121.00	1.81	51.28
<i>Sterna antillarum</i>	134.50	1.80	53.08
<i>Numenius phaeopus</i>	155.83	1.72	54.80
<i>Mycteria americana</i>	118.67	1.72	56.53
<i>Ardea herodias</i>	90.00	1.68	58.21
<i>Tringa flavipes</i>	90.67	1.62	59.83
<i>Ajaia ajaia</i>	65.00	1.61	61.44
<i>Sterna elegans</i>	63.67	1.53	62.97
<i>Sterna hirundo</i>	327.67	1.52	64.50
<i>Egretta tricolor</i>	60.17	1.49	65.98
<i>Charadrius semipalmatus</i>	96.17	1.49	67.43
<i>Egretta caerulea</i>	83.33	1.48	68.95
<i>Fregatta magnificens</i>	54.00	1.45	70.40
<i>Sterna forsteri</i>	79.83	1.44	71.84
<i>Anas discors</i>	749.67	1.41	73.25
<i>Charadrius alexandrinus</i>	61.17	1.41	74.66
<i>Actitis macularia</i>	36.00	1.40	76.06
<i>Sterna maxima</i>	43.83	1.37	77.42
<i>Numenius americanus</i>	55.67	1.35	78.77
<i>Sterna caspia</i>	62.33	1.34	80.11
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	167.17	1.29	81.40
<i>Tringa melanoleuca</i>	46.00	1.26	82.66
<i>Haematopus palliatus</i>	46.50	1.24	83.90
<i>Larus pipixcan</i>	104.00	1.16	85.06
<i>Pluvialis squatarola</i>	57.83	1.16	86.22
<i>Rynchops niger</i>	117.33	1.16	87.38
<i>Charadrius wilsonia</i>	30.67	1.14	88.52
<i>Butorides virescens</i>	103.50	1.05	89.58
<i>Phalaropus lobatus</i>	135.33	0.99	90.57

b) Marinas

	$\bar{\chi}$	$\% \delta_i$	$\Sigma \% \delta_i$
Grupo 1			
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	2958.33	15.33	15.33
<i>Larus atricilla</i>	618.33	9.87	25.20
<i>Pelecanus occidentalis</i>	274.00	7.79	32.99
<i>Chlidonias niger</i>	345.83	7.36	40.36
<i>Sterna antillarum</i>	134.50	6.52	46.88
<i>Sterna hirundo</i>	327.67	5.97	52.84
<i>Sterna elegans</i>	63.67	5.48	58.33
<i>Sterna forsteri</i>	79.83	5.35	63.68
<i>Fregata magnificens</i>	54.00	4.74	68.42
<i>Sterna caspia</i>	72.33	4.67	73.09
<i>Rynchops niger</i>	117.33	4.56	77.65
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	167.17	4.53	82.17
<i>Sterna maxima</i>	43.83	4.35	86.53
<i>Larus pipixcan</i>	104.00	3.77	90.30

Grupo 2			
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1711.33	34.51	34.51
<i>Pelecanus occidentalis</i>	12.33	10.04	44.55
<i>Sterna caspia</i>	18.67	9.37	53.92
<i>Fregata magnificens</i>	14.67	8.79	62.71
<i>Sterna maxima</i>	6.33	8.28	70.99
<i>Larus atricilla</i>	30.33	8.14	79.13
<i>Sterna elegans</i>	5.33	6.33	85.46
<i>Phalacrocorax auritus</i>	17.67	4.30	89.76
<i>Sterna forsteri</i>	8.00	3.30	93.06

c). Patos y afines

	$\bar{\chi}$	$\% \delta_i$	$\Sigma \% \delta_i$
Grupo 1			
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	12250.33	23.32	23.31
<i>Fulica americana</i>	11049.17	22.94	46.26
<i>Aythya affinis</i>	2819.17	12.93	59.19
<i>Oxyura jamaicensis</i>	5068.67	12.57	71.76
<i>Anas americana</i>	3367.33	7.94	79.70
<i>Anas acuta</i>	6249.50	6.40	86.10
<i>Anas clypeata</i>	686.17	5.68	91.78
Grupo 2			
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	3680.33	49.65	49.65
<i>Fulica americana</i>	419.33	28.34	77.99
<i>Gallinula chloropus</i>	31.00	16.44	94.43

d). playeras

	$\bar{\chi}$	$\% \delta_i$	$\Sigma \% \delta_i$
Grupo 1			
<i>Calidris alba</i>	650.00	13.81	13.81
<i>Catoptrophorus semipalmatus</i>	527.00	12.62	26.42
<i>Recurvirostra americana</i>	401.14	10.08	36.51
<i>Himantopus mexicanus</i>	353.00	9.73	46.24
<i>Calidris mauri</i>	396.86	9.47	55.71
<i>Numenius phaeopus</i>	181.43	5.61	61.32
<i>Charadrius semipalmatus</i>	138.14	4.50	65.82
<i>Tringa flavipes</i>	86.57	4.25	70.07
<i>Actitis macularia</i>	39.29	3.77	73.84
<i>Numenius americanus</i>	66.42	3.54	77.38
<i>Charadrius alexandrinus</i>	71.43	3.50	80.89
<i>Tringa melanoleuca</i>	49.00	3.42	84.30
<i>Pluvialis squatarola</i>	65.57	2.75	87.05
<i>Charadrius wilsonia</i>	100.57	2.68	89.63
<i>Haematopus palliatus</i>	43.71	2.52	92.25
Grupo 2			
<i>Catoptrophorus semipalmatus</i>	49.50	25.40	25.40
<i>Charadrius alexandrinus</i>	15.50	22.19	47.60
<i>Tringa melanoleuca</i>	10.50	17.96	65.56
<i>Charadrius semipalmatus</i>	6.50	13.38	78.95

<i>Actitis macularia</i>	6.00	11.59	90.54
--------------------------	------	-------	-------

e). Garzas y afines

	$\bar{\chi}$	$\% \delta_i$	$\Sigma \% \delta_i$
Grupo 1			
<i>Egretta thula</i>	426.33	12.68	12.68
<i>Ardea alba</i>	208.33	11.58	24.26
<i>Nyctanassa violacea</i>	163.78	11.18	35.44
<i>Eudocimus albus</i>	142.00	10.72	46.16
<i>Ardea herodias</i>	82.22	8.16	54.32
<i>Mycteria americana</i>	110.00	8.06	62.38
<i>Egretta tricolor</i>	58.89	8.05	70.43
<i>Egretta caerulea</i>	74.00	7.03	77.46
<i>Ajaia ajaja</i>	47.22	6.90	84.35
<i>Butorides virescens</i>	122.33	6.60	90.95

Apéndice 3. Especies que contribuyeron en un 90% de la disimilitud entre los grupos identificados en el análisis de Bray Curtis y el MDS. Las especies se enlistan de acuerdo a su aportación en el porcentaje de disimilitud ($\% \delta_i$). $\bar{x}$ = abundancia promedio, $\Sigma \% \delta_i$ = disimilitud acumulada. Las garzas y afines no se incluyen en este apéndice por que sólo presentaron un grupo.

a). Global (considerando todos los gremios)

	Grupo 1 $\bar{x}$	Grupo 2 $\bar{x}$	$\% \delta_i$	$\Sigma \% \delta_i$
<i>Oxyura jamaicensis</i>	5068.67	0.00	3.97	3.97
<i>Anas acuta</i>	6249.50	0.00	3.20	7.17
<i>Anas americana</i>	3367.33	0.00	3.11	10.28
<i>Calidris alba</i>	718.33	0.00	3.10	13.38
<i>Aythya affinis</i>	2819.17	3.00	2.87	16.25
<i>Cochlearius cochlearius</i>	0.67	80.33	2.60	18.85
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	12250.33	3680.33	2.56	21.41
<i>Nycticorax nycticorax</i>	5.17	52.33	2.51	23.92
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	2958.33	1711.33	2.35	26.27
<i>Anas clypeata</i>	686.17	0.33	2.27	28.54
<i>Butorides virescens</i>	103.50	168.00	2.20	30.74
<i>Fulica americana</i>	11049.17	419.33	2.13	32.87
<i>Sterna antillarum</i>	134.50	0.00	2.00	34.87
<i>Gallinula cholopus</i>	1.67	31.00	1.89	36.75
<i>Calidris mauri</i>	370.33	27.67	1.80	38.55
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	167.17	0.00	1.71	40.26
<i>Recurvirostra americana</i>	452.33	1.33	1.71	41.97
<i>Rynchops niger</i>	117.33	0.00	1.71	43.68
<i>Himantopus mexicanus</i>	369.83	2.33	1.68	45.36
<i>Nyctanassa violacea</i>	146.67	137.33	1.61	46.97
<i>Phalaropus lobatus</i>	135.33	0.00	1.61	48.57
<i>Phalacrocorax auritus</i>	5.67	17.67	1.54	50.12
<i>Sterna hirundo</i>	327.67	2.33	1.53	51.65
<i>Ardea alba</i>	159.00	244.33	1.47	53.12
<i>Numenius americanus</i>	55.67	0.00	1.47	54.59
<i>Numenius phaeopus</i>	155.83	2.67	1.47	56.06
<i>Catoptrophorus semipalmatus</i>	493.50	33.00	1.46	57.52
<i>Anas discors</i>	749.67	3.67	1.42	58.95
<i>Porphyryla martinica</i>	1.33	38.33	1.41	60.36
<i>Pluvialis squatarola</i>	57.83	0.00	1.33	61.68
<i>Haematopus palliatus</i>	46.50	0.00	1.30	62.99
<i>Dendrocygna bicolor</i>	751.00	71.33	1.29	64.28
<i>Sula leucogaster</i>	0.50	39.00	1.28	65.56
<i>Charadrius wilsonia</i>	30.67	0.00	1.28	66.85
<i>Tringa flavipes</i>	90.67	0.67	1.25	68.10
<i>Mycetria americana</i>	118.67	86.67	1.25	69.34
<i>Chlidonias niger</i>	345.83	2.67	1.24	70.58
<i>Bubulcus ibis</i>	36.17	68.67	1.24	71.82
<i>Limnodromus scolopaceus</i>	65.67	0.00	1.18	73.00
<i>Ardea herodias</i>	90.00	34.67	1.17	74.18
<i>Calidris minutilla</i>	68.17	0.00	1.13	75.31
<i>Podiceps nigricollis</i>	158.67	0.00	1.13	76.44
<i>Anas crecca</i>	193.33	0.00	1.11	77.55
<i>Anas strepera</i>	50.83	0.00	1.05	78.61

<i>Sterna nilotica</i>	11.00	0.00	1.05	79.66
<i>Plegadis chihi</i>	9.17	32.67	1.03	80.69
<i>Larus atricilla</i>	618.33	30.33	1.00	81.69
<i>Ajaia ajaia</i>	65.00	4.00	0.94	82.62
<i>Sterna forsteri</i>	79.83	8.00	0.93	83.56
<i>Egretta thula</i>	528.00	68.33	0.93	84.84
<i>Eudocimus albus</i>	121.00	82.00	0.91	85.39
<i>Charadrius semipalmatus</i>	96.17	4.33	0.90	86.29
<i>Larus heermanni</i>	8.50	7.67	0.89	87.18
<i>Anas cyanoptera</i>	749.00	0.00	0.85	88.03
<i>Arenaria interpres</i>	10.17	0.00	0.85	88.88
<i>Larus pipixcan</i>	104.00	13.00	0.84	89.72
<i>Sterna caspia</i>	72.33	18.67	0.81	90.53

b). Marinas

	Grupo 1 x	Grupo 2 x	$\% \delta_i$	$\Sigma \% \delta_i$
<i>Sterna antillarum</i>	134.50	0.00	10.62	10.62
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	167.17	0.00	9.55	20.16
<i>Rynchops niger</i>	117.33	0.00	8.86	29.03
<i>Sterna hirundo</i>	327.67	2.33	7.68	44.62
<i>Larus atricilla</i>	618.33	30.33	7.56	52.19
<i>Sterna nilotica</i>	11.00	0.00	5.74	57.92
<i>Phalacrocorax auritus</i>	5.67	17.67	5.08	63.00
<i>Larus pipixcan</i>	104.00	13.00	4.96	67.97
<i>Sula leucogaster</i>	0.50	39.00	4.96	72.92
<i>Pelecanus occidentalis</i>	274.00	12.33	4.95	77.87
<i>Larus heermanni</i>	8.50	7.67	4.68	82.56
<i>Sterna forsteri</i>	79.83	8.00	4.09	86.65
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	2958.33	1711.33	4.09	86.65
<i>Fregata magnificens</i>	54.00	14.67	2.84	92.67

c). Patos y afines

	Grupo 1 x	Grupo 2 x	$\% \delta_i$	$\Sigma \% \delta_i$
<i>Calidris alba</i>	650.00	0.00	13.44	13.44
<i>Calidris mauri</i>	396.86	41.50	9.05	22.49
<i>Charadrius alexandrinus</i>	71.43	15.50	8.85	31.34
<i>Recurvirostra americana</i>	401.14	1.50	7.03	38.37
<i>Actitis macularia</i>	39.29	6.00	5.48	43.85
<i>Catoptrophorus semipalmatus</i>	527.00	49.50	5.10	48.95
<i>Phalaropus semipalmatus</i>	138.14	6.50	4.40	58.17
<i>Numenius phaeopus</i>	181.43	4.00	4.40	62.57
<i>Tringa melanoleuca</i>	49.00	10.50	4.20	66.77
<i>Tringa flavipes</i>	86.57	1.00	3.79	70.55
<i>Charadrius wilsonia</i>	100.57	0.00	3.71	74.26
<i>Numenius americanus</i>	66.43	0.00	3.67	77.93
<i>Himantopus mexicanus</i>	353.00	3.50	3.56	81.49
<i>Pluvialis squatarola</i>	65.57	0.00	3.25	84.74
<i>Limosa fedoa</i>	121.00	0.00	3.07	87.81
<i>Haematopus palliatus</i>	43.71	0.00	2.75	90.56

d). Playeras

	Grupo 1 $\bar{x}$	Grupo 2 $\bar{x}$	$\% \delta_i$	$\Sigma \% \delta_i$
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	12250.33	3680.33	13.25	13.25
<i>Oxyura jamaicensis</i>	5068.67	0.00	13.19	26.44
<i>Gallinula chlorophus</i>	1.67	31.00	12.78	47.83
<i>Aythya affinis</i>	2819.17	3.00	8.62	47.83
<i>Anas acuta</i>	6249.50	0.00	8.54	56.38
<i>Fulica americana</i>	11049.17	419.33	7.84	64.22
<i>Anas americana</i>	3367.33	0.00	7.29	71.51
<i>Anas discors</i>	749.67	3.67	5.33	76.85
<i>Anas clypeata</i>	686.17	0.33	4.86	81.71
<i>Porphyryla martinica</i>	1.33	38.33	4.43	86.14
<i>Tachybaptus dominicus</i>	7.67	4.00	3.10	89.24
<i>Dendrocygna bicolor</i>	751.00	71.33	2.61	91.85

Apéndice 4. Características de los nidos y de los sustratos de anidación de las aves acuáticas anidante en la costa de Jalisco.

	diámetro nido (cm)	altura (cm)	material de construcción	principales sustratos de anidación
<i>Sula leucogaster nesiotus</i>	40 a 55	0	pequeñas ramas, plumas, pasto	suelo arcilloso, arenoso y rocoso
<i>Eudocimus albus</i>	30 a 38	50 a 150	pequeñas ramas, pasto	cactáceas, arbustos
<i>Pelecanus occidentalis</i>	*	100 a 400	ramas	árboles, arbustos
<i>Ardea alba</i>	*	300 a 400	ramas, pastos	árboles, manglar
<i>Butorides virescens</i>	18 a 35	50 a 150	ramas	Manglar
<i>Nyctanassa violacea</i>	*	200 a 300	ramas	árboles, cactáceas
<i>Nycticorax nycticorax</i>	*	100 a 200	ramas	árboles, arbustos
<i>Bubulcus ibis</i>	*	200 a 300	ramas	árboles, arbustos
<i>Egretta thula</i>	*	200 a 400	ramas, pasto	árboles, cactáceas
<i>Himantopus mexicanus</i>	15 a 20	0	conchas, pasto, plumas	suelo arenoso
<i>Cochlearius cochlearius</i>	30 a 35	300 a 500	ramas	manglar
<i>Larus heermanni</i>	27 a 30	0	pasto, piedras, plumas	suelo arenoso, rocas, canto rodado
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	30 a 35	400 a 600	ramas, pasto	manglar
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	30 a 35	0	pasto, ramas	suelo con pastos
<i>Rynchops niger</i>	10 a 15	0	arena	suelo arenoso
<i>Sula nebouxii</i>	30 a 50	0	arena	suelo arenoso sin vegetación
<i>Sterna antillarum</i>	*	0	sólo arena	suelo arenoso, playa
<i>Anhinga anhinga</i>	40 a 50	350 a 350	ramas, pasto	Manglar, árboles
<i>Haematopus palliatus</i>	15 a 25	0	arena	suelo arenoso
<i>Tachybaptus dominicus</i>	30 a 40	0	ramas, hojas	sobre agua (flotante)
<i>Calidris wilsonia</i>	*	0	*	*
<i>Egretta tricolor</i>	100 a 150	200	ramas	arbustos

Apéndice 5. Diversidad de hábitats usados para alimentarse y descansar por cada uno de los grupos de aves.

	alimentándose H'	descanso H'	$t_{(0.05)}$	V	P	
marinas						
Agua Dulce	0.224	0.364	10.05	2119.3	$P<0.001$	S
El Ermitaño	0.285	0.575	-20.92	747.05	$P<0.001$	S
El Chorro	0.299	0.265	2.29	791.17	$0.05>P>0.02$	S
Majahuas	0.398	0.416	-1.1	2348.5	$0.050>P>0.20$	NS
San Juan	*	*				
Xola-Paramán	0.237	0.667	-41.2	2952.2	$P<0.001$	S
Chalacatepec	0.176	0.449	-12.9	544.25	$P<0.001$	S
La Manzanilla	0.208	0.404	-3.9	154	$P<0.001$	S
El Tule	0.307	0.409	-2.05	123.8	$0.05>P>0.02$	S
Barra de Navidad	0.305	0.53	-13.54	1175	$P<0.001$	S
patos y afines						
Agua Dulce	0.0373	0.5544	-214.5	24767.9	$P<0.001$	S
El Ermitaño	0.031	0.3185	-222.31	98760.3	$P<0.001$	S
El Chorro	0.032	0.443	-50.183	4238.4	$P<0.001$	S
Majahuas	0.0237	0.2198	-7.8	413.12	$P<0.001$	S
San Juan	*					
Xola-Paramán	9.432-05	0.3565	-119.96	8866	$P<0.001$	S
Chalacatepec	0.01152	0.1923	-30.3	6396.5	$P<0.001$	S
La Manzanilla	*	*				
El Tule	0.34	0.0805	18.2	676.2	$P<0.001$	S
Barra de Navidad	0.00164	0.2953	-13.39	153.35	$P<0.001$	S
playeras						
Agua Dulce	0.553	0.56	-0.891	2091.7	$0.50>P>0.20$	NS
El Ermitaño	0.568	0.572	-0.29	924.23	$P>0.50$	NS
El Chorro	0.6449	0.644	16.25	585.1	$P<0.001$	S
Majahuas	0.4303	0.2854	9.25	1054.6	$P<0.001$	S
San Juan	*	*				
Xola-Paramán	0.4494	0.6363	-21.8	3456.5	$P<0.001$	S
Chalacatepec	0.3595	0.2528	2.12	90.05	$0.05>P>0.02$	S
La Manzanilla	0.3991	0.301	1.896	24	$0.10>P>0.05$	NS
El Tule	0.5146	0.1245	4.639	12.58	$P<0.001$	S
Barra de Navidad	0.4582	0.4672	-2.655	2659.7	$P<0.001$	S

	garzas y afines					
Agua Dulce	0.0707	0.5395	-31.16	1663.03	P<0.001	S
El Ermitaño	0.211	0.5291	-14.03	878.7	P<0.001	S
El Chorro	0.0948	0.6187	-35.12	1032.3	P<0.001	S
Majahuas	0.3556	0.2729	4.416	1520.5	P<0.001	S
San Juan	0.2948	0.0737	6.698	191.19	P<0.001	S
Xola-Paramán	0.4002	0.4781	-3.088	728.26	0.005>P>0.002	S
Chalacatepec	0.0375	0.1372	-5.25	1002.84	P<0.001	S
La Manzanilla	0.1613	0.04459	4.764	452.94	P<0.001	S
El Tule	0.46	0.2899	9.001	1067.5	P<0.001	S
Barra de Navidad	0.3856	0.2759	9.293	30093.2	P<0.001	S

S=significativo; NS= no significativo; * humedales con pocos datos.