

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y  
DESARROLLO, A. C.



Variación espacio-temporal y selección de hábitat de la  
avifauna acuática en el Estero del Yugo, Mazatlán, Sinaloa.

Por:

**Abril Montijo Galindo**

Tesis aprobada por:

UNIDAD MAZATLÁN

EN ACUICULTURA Y MANEJO AMBIENTAL

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Mazatlán, Sinaloa

Diciembre 2009

## APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para revisar la tesis de Abril Montijo Galindo, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias, con especialidad en Manejo Ambiental.

---

Dr. Albert van der Heiden  
Director de Tesis

---

Dr. Guillermo J. Fernández Aceves  
Asesor

---

Dr. Pablo Almazán Rueda  
Asesor

---

M.C. Marcela Ruiz Guerrero  
Asesor

## DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten citas breves sin permiso especial del autor, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente. Se podrá solicitar permiso al Director del Centro o Jefe del Área correspondiente del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. apartado postal 1735, Hermosillo, Sonora CP 83000 México, para citas o consultas más completas con fines académicos. En otras circunstancias, se deberá solicitar permiso del autor.

La publicación en comunidades científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa aprobación escrita del director.

---

Dr. Ramón Pacheco Aguilar  
Director General del CIAD, A.C.

## DEDICATORIA

A mis papás, Francisco y Marilú,  
y a mis queridas hermanas  
Abigail y Anabel Montijo Galindo.



## AGRADECIMIENTOS

A todos los integrantes de mi comité de tesis, conformado por el Dr. Albert van der Heiden, Dr. Guillermo Fernández, M.C. Marcela Ruiz Guerrero y Dr. Pablo Almazán Rueda, gracias por las valiosas aportaciones a este trabajo y por todos sus conocimientos compartidos.

A mi director de tesis, el Dr. Albert van der Heiden muchísimas gracias por introducirme al interesante mundo de las aves y compartir su experiencia conmigo.

Al Dr. Guillermo Fernández por su apoyo, motivación y “paciencia” así como por sus enseñanzas en campo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a lo largo de mis estudios de maestría.

Al CIAD, Unidad Mazatlán por abrirme las puertas y permitirme culminar con éxito una etapa más dentro de mi formación profesional.

Al Dr. Pablo Almazán, coordinador del programa de posgrado por toda su ayuda e invaluable amistad.

Al M.C. Rafael Hernández Guzmán por la elaboración de los mapas referentes al área de estudio.

Al M.C. Benjamín Yáñez Chávez por su valiosa ayuda con los análisis estadísticos realizados en el programa PRIMER 5.

Al M.C. Miguel Ángel Sánchez y a la Biól. Pesq. Eunice Murúa por el apoyo técnico y las múltiples consultas, así como al Ocean. Camilo Rendón por su gran ayuda para llevar a cabo la batimetría.

A todos mis amigos y compañeros de maestría: Anny, Yeni, Bety, Alma, Brisi, Horacio, Giovanni, Lorenzo y Felipe. ☺

A mis amigos mazatlecos... María de la Luz, Adriana, Ale, Camilo, Rafa, Pablo, Ricardo, Luz, Edgar, Martín, Gilberto y Omar.

A todos los que alguna vez me acompañaron durante alguna de mis visitas al Estero del Yugo...

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	4
3. JUSTIFICACIÓN .....	9
4. HIPÓTESIS .....	10
5. OBJETIVO GENERAL.....	11
5.1. Objetivos específicos .....	11
6. MATERIAL Y MÉTODOS .....	12
6.1. Área de estudio .....	12
6.2. Diseño de muestreo .....	14
6.3. Conteos de aves .....	19
6.4. Análisis de datos .....	22
7. RESULTADOS .....	27
7.1. Caracterización ambiental .....	27
7.1.1. Salinidad.....	27
7.1.2. Cobertura de agua.....	28
7.1.3. Aporte de agua externo .....	29
7.2. Caracterización general de la comunidad de aves .....	29
7.2.1. Prueba de asociación de Olmstead y Tukey .....	33
7.3. Abundancia Estacional por Grupo Funcional.....	34
7.3.1. Patos y Nadadores .....	34
7.3.2. Patos de Percha .....	39
7.3.3. Gallaretas y Afines.....	40
7.3.4. Vadeadores Pequeños .....	41
7.3.5. Vadeadores Grandes.....	43
7.3.6. Otros.....	44

7.4.	Relación riqueza y abundancia con la cobertura de agua.....	50
7.4.1.	Laguna Sur .....	50
7.4.2.	Laguna Norte .....	52
7.5.	Densidad por Grupo Funcional entre Lagunas .....	54
7.5.1.	Patos y Nadadores .....	54
7.5.2.	Patos de Percha .....	55
7.5.3.	Gallaretas y Afines.....	56
7.5.4.	Vadeadores Pequeños .....	57
7.5.5.	Vadeadores Grandes.....	58
7.5.6.	Otros.....	59
7.6.	Distribución y Uso de Hábitat por Grupo Funcional .....	61
7.6.1.	Distribución por Grupo Funcional.....	61
7.6.2.	Uso de Hábitat por Grupo Funcional.....	68
7.7.	Comparación de la Comunidad de Aves Acuáticas entre los periodos 1997-1998 y 2008-2009.....	72
7.7.1.	Riqueza, Dominancia, Diversidad y Equitatividad. ....	72
7.7.2.	Análisis de similitud y MDS .....	76
8.	DISCUSIÓN.....	79
8.1.	Caracterización ambiental .....	79
8.2.	Caracterización general de la comunidad de aves .....	80
8.3.	Riqueza específica .....	80
8.4.	Abundancia relativa.....	83
8.5.	Grupos funcionales .....	85
8.6.	Distribución y Uso de Hábitat .....	87
8.7.	Comparación de la Comunidad de aves entre el períodos 1997-98 y 2008-09.....	90
9.	CONCLUSIONES .....	97
10.	LITERATURA CITADA.....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización geográfica del Estero del Yugo donde se observa la ubicación de cada laguna, las vías de comunicación y las instalaciones del CIAD.	13
<b>Figura 2.</b> Tubo de descarga de agua de mar proveniente de la planta de cultivo de peces del CIAD. El contenedor que se observa a la izquierda del tubo fue el que se utilizó para medir el gasto. ....	16
<b>Figura 3.</b> Mapa de las áreas en las que se subdividió cada laguna y la ubicación de los puntos fijos de observación: 1) plataforma de observación, 2) torre de observación y 3) cabaña de observación. ....	17
<b>Figura 4.</b> Plataforma de observación localizada en la laguna sur. ....	20
<b>Figura 5.</b> Torre de observación localizada en el borde que separa a las dos lagunas. ....	20
<b>Figura 6.</b> Cabaña de observación localizada en la laguna norte. ....	21
<b>Figura 7.</b> Gráfica de la salinidad promedio semanal para cada laguna. En las semanas en las que no se observan los valores correspondientes el estero estuvo vacío. ....	27
<b>Figura 8.</b> Gráfica de la cobertura de agua en hectáreas (ha) estimada durante cada semana para cada laguna. ....	28
<b>Figura 9.</b> Prueba de asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1995) para las aves acuáticas registradas durante un ciclo anual de observaciones en el Estero del Yugo. Las letras mayúsculas indican los cuadrantes: (A) especies dominantes, (B) especies abundantes, (C) especies raras y (D) especies frecuentes. Las claves para cada especie pueden verse en la Tabla 1. ....	34
<b>Figura 10.</b> Variación estacional y abundancia del conjunto de especies que componen el grupo funcional Patos y Nadadores en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....	35
<b>Figura 11.</b> Variación estacional y abundancia de las especies presentes en el subgrupo Patos de Superficie en el Estero del Yugo durante el periodo de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....	36
<b>Figura 12.</b> Variación estacional y abundancia de las especies presentes en el subgrupo Patos Buceadores en el Estero del Yugo durante el período de estudio	



comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....37

**Figura 13.** Variación estacional y abundancia de las especies presentes en el subgrupo Zambullidores y Cormorán en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....38

**Figura 14.** Variación estacional y abundancia de *Dendrocygna autumnalis* la única especie registrada en el grupo funcional Patos de Percha en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....39

**Figura 15.** Variación estacional y abundancia del conjunto de especies presentes en el grupo funcional Gallaretas y Afines (representado en un 99% por la especie *F. americana*) en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....41

**Figura 16.** Variación estacional y abundancia del conjunto de especies presentes en el grupo funcional Vadeadores Pequeños en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....42

**Figura 17.** Variación estacional y abundancia del conjunto de especies presentes en el grupo funcional Vadeadores Grandes en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....44

**Figura 18.** Variación estacional y abundancia del conjunto de especies presentes en el grupo funcional Otros en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....45

**Figura 19.** Composición estacional de los grupos funcionales durante un ciclo anual en la laguna sur. PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros. ....47

**Figura 20.** Composición estacional de los grupos funcionales de aves acuáticas durante un ciclo anual en la laguna norte. PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros. ....49

**Figura 21.** Relación semanal entre la riqueza de especies (a) y abundancia de aves acuáticas (b) con la cobertura de agua para la laguna sur en el Estero del Yugo durante el período comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....51

- Figura 22.** Relación semanal entre la riqueza de especies (a) y abundancia de aves acuáticas (b) con la cobertura de agua para la laguna norte en el Estero del Yugo durante el período comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009. ....53
- Figura 23.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Patos y Nadadores para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. En los meses que están marcados con (\*) existe una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el promedio de la densidad entre lagunas, mientras que los que están marcados con (+) muestran una diferencia entre las medianas. No se observaron diferencias significativas en los meses marcados con (-). Las líneas representan el error estándar para cada valor. ....55
- Figura 24.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Patos de Percha para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. Solo estuvieron presentes en ambas lagunas en los meses de julio y septiembre sin presentar diferencias significativas. Las líneas representan el error estándar para cada valor. ....56
- Figura 25.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Gallaretas y Afines para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. En los meses que están marcados con (\*) existe una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el promedio de la densidad entre lagunas, mientras que los que están marcados con (+) muestran una diferencia entre las medianas. Las líneas representan el error estándar para cada valor. ....57
- Figura 26.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Vadeadores Pequeños para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. En los meses que están marcados con (\*) existe una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el promedio de la densidad entre lagunas, mientras que los que están marcados con (+) muestran una diferencia entre las medianas. No se observaron diferencias significativas en los meses marcados con (-). Las líneas representan el error estándar para cada valor. ....58
- Figura 27.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Vadeadores Grandes para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. En los meses que están marcados con (\*) existe una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el promedio de la densidad entre lagunas, mientras que los que están marcados con (+) muestran una diferencia entre las medianas. No se observaron diferencias significativas en los meses marcados con (-). Las líneas representan el error estándar para cada valor. ....59
- Figura 28.** Densidad promedio mensual del grupo funcional de Otros para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para ningún mes (-). ....60

- Figura 29.** Presencia de los grupos funcionales dentro de la laguna sur en cada área (a) y composición por áreas para cada grupo funcional (b). PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros. ....63
- Figura 30.** Distribución semanal de los individuos dentro del grupo funcional de Vadeadores Grandes registrado en la laguna sur a lo largo del ciclo anual de observaciones .....64
- Figura 31.** Presencia de los grupos funcionales dentro de la laguna norte en cada área (a) y composición por áreas para cada grupo funcional (b). PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros. ....66
- Figura 32.** Distribución semanal de los individuos dentro del grupo funcional de Patos y Nadadores registrado en la laguna norte a lo largo del ciclo anual de observaciones .....67
- Figura 33.** Distribución semanal de los individuos dentro del grupo funcional de Gallaretas y Afines registrado en la laguna norte a lo largo del ciclo anual de observaciones. ....68
- Figura 34.** Porcentaje del total de individuos por grupo funcional y su actividad registrada durante todo el ciclo anual de observaciones en el conjunto de ambas lagunas. PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros. Actividad: A = Alimentándose y D = Descansando. ....71
- Figura 35.** Comparación entre los valores de Riqueza de especies registrada para la laguna norte (LN), laguna sur (LS) y el conjunto de ambas lagunas (EY) durante las temporadas de verano (V) e invierno (I) durante los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo. ....73
- Figura 36.** Comparación entre los valores del inverso del índice de dominancia de Simpson (D) para la laguna norte (LN), laguna sur (LS) y el conjunto de ambas lagunas (EY) durante las temporadas de verano (V) e invierno (I) durante los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo. ....74
- Figura 37.** Comparación entre los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) para la laguna norte (LN), laguna sur (LS) y el conjunto de ambas lagunas (EY) durante las temporadas de verano (V) e invierno (I) durante los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo. ....75
- Figura 38.** Comparación entre los valores del índice de equitatividad de Pielou ( $J'$ ) para la laguna norte (LN), laguna sur (LS) y el conjunto de ambas lagunas (EY) durante las temporadas de verano (V) e invierno (I) durante los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo.....76

**Figura 39.** Dendrograma de similitud de especies (Bray Curtis) en una escala espacial (laguna sur vs laguna norte y el conjunto de ambas lagunas) y temporal (verano vs invierno) entre los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo. .78

**Figura 40.** Análisis bidimensional de ordenación MDS en una escala espacial (laguna sur vs laguna norte y el conjunto de ambas lagunas) y temporal (verano vs invierno) entre los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo. En la esquina superior derecha se muestra el estrés. ....78

## RESUMEN

En el presente estudio se determinó la variación espacio-temporal de la abundancia, composición y uso de hábitat de la avifauna acuática presente durante un ciclo anual (2008-2009), en las dos lagunas (norte y sur) que conforman el Estero del Yugo, Mazatlán, Sinaloa. Los resultados obtenidos se compararon con los del periodo 1997-1998. Se registró la cobertura de agua y la salinidad en cada laguna, parámetros que se relacionaron con la riqueza, abundancia y composición de las especies. Se caracterizaron grupos funcionales, se estimaron índices de diversidad y se aplicó un análisis multivariado. Se registraron 58 especies, de las cuales el 62% correspondió a especies migratorias. La abundancia acumulada fue de 14,104 individuos, de los cuales 12,693 (90%) fueron observados en la laguna norte y 1,411 (10%) en la laguna sur. Las especies más abundantes fueron *Fulica americana* (37%), *Phalacrocorax brasilianus* (8%) y *Tachybaptus dominicus* (6%) mientras que las especies más frecuentes fueron *Ardea alba* (92%), *Butorides virescens* (90%) y *Egretta thula* (85%). La variación estacional en la composición de especies muestra que la laguna norte es utilizada principalmente por especies migratorias de octubre a abril, mientras que en la laguna sur no se presentó este fenómeno. Se observó una relación inversa entre la cobertura de agua y la riqueza y abundancia de aves sólo en la laguna sur. Con respecto a la comparación entre ambos periodos, la comunidad no mostró diferencias muy marcadas en su composición, solo se observaron cambios en la abundancia y frecuencia de algunas especies dentro de los grupos funcionales Patos de Percha y Vadeadores Pequeños. A pesar de su pequeño tamaño, el Estero del Yugo es un sitio que resulta importante para especies migratorias y residentes de aves acuáticas en la ciudad de Mazatlán.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los humedales costeros son de los ecosistemas más productivos del planeta (Blanco, 1999; Paracuellos y Telleria, 2004; Torres *et al.*, 2006). Además, cumplen funciones ecológicas fundamentales para el hombre como son la regulación de los patrones hidrológicos y la provisión de recursos naturales. A su vez, constituyen el hábitat de numerosas especies de animales y plantas, muchas de las cuales se encuentran actualmente amenazadas como consecuencia, entre otras cosas, de la destrucción de este tipo de ambientes (Blanco, 1999).

Estos ecosistemas resultan de gran valor para las aves acuáticas, (Hernández-Vázquez, 2000b) las cuales pueden hacer uso de estos ambientes durante una parte del año y cubrir una determinada etapa de su ciclo anual (Gatto *et al.*, 2005). Son utilizados como sitios de refugio y entre las funciones ecológicas más importantes se cuenta que sirven a la nidificación y a la alimentación. Además, muchos de estos ambientes son áreas de concentración durante el período de muda de plumaje y representan sitios importantes durante la migración de algunas especies (Blanco, 1999).

Durante la migración las aves se concentran en grandes cantidades en humedales interiores y costeros. Algunos de estos sitios son utilizados durante un corto período de tiempo y funcionan como áreas de parada, donde las aves se alimentan para almacenar energía que será utilizada para continuar su viaje (Blanco, 1999).

En los últimos años, la existencia de hábitats apropiados para estas aves a lo largo de su ciclo de vida conforma una problemática que trasciende las fronteras geográficas. Las principales razones asociadas a esto son el crecimiento poblacional humano y sus actividades inherentes, los cuales reducen y degradan los tipos de hábitats esenciales en la ruta de las aves migratorias (Myers *et al.*, 1987). Para proteger estas áreas se deben conocer

algunos aspectos importantes del hábitat como son su localización, extensión y las condiciones en las que se encuentra. De esta manera es posible entender cómo se distribuyen las aves y la forma en la que utilizan los diferentes hábitats que conforman cada humedal (Hernández-Vázquez, 2000b).

En Norteamérica, aproximadamente 300 especies de aves son parcial o totalmente dependientes de los humedales durante alguna fase de su ciclo de vida. A pesar de que México tiene la concentración más elevada de especies de aves migratorias neárticas (Einsenmann y Loftin, 1971 en Hernández-Vázquez, 2000b) y posee la línea de costa más extensa de toda Latinoamérica, no se ha evaluado completamente la importancia ecológica que representan sus humedales para este grupo de aves (Scott y Carbonell, 1986; Mellink y Riva, 2005).

En el Pacífico mexicano, la franja costera de Sinaloa, cuya extensión aproximada es de 656 kilómetros, representa el estado con mayor número de humedales que dan sustento a una gran variedad de aves residentes y migratorias (Martínez-López, 2003). La importancia de esta zona radica en su estratégica ubicación dentro del Corredor Migratorio del Pacífico y por servir de enlace entre las regiones Neártica y Neotropical (Scott y Carbonell, 1986; Cupul-Magaña, 2002; Vega *et al.*, 2006). Dentro del Corredor del Pacífico se considera a toda la región costera del sur de Sinaloa (desde Culiacán) hasta la parte media de Nayarit (San Blas) como una región de importancia para las aves acuáticas (Cupul-Magaña, 2002). Esto se atribuye a que aquí se localizan 5 de los 28 humedales prioritarios según la clasificación de DUMAC para las aves acuáticas migratorias en México (Bahía Santa María, Ensenada Pabellones, El Dorado, Laguna Caimanero y Marismas Nacionales) (Carrera y de la Fuente, 2003).

En los últimos años los ecosistemas costeros del estado de Sinaloa han sufrido una serie de transformaciones que condicionan la supervivencia del contingente ornitofaunístico. Actividades como el desarrollo de la

agricultura intensiva, uso de agroquímicos, desforestación de manglares, desarrollo de granjas acuícolas y asentamientos humanos han reducido la cantidad y calidad de los diferentes tipos de hábitat que son utilizados por las aves (Mejía, 2001; Martínez-López, 2003; Vega *et al.*, 2006).

En este contexto, es de interés en el presente estudio, analizar las variaciones estacionales y espaciales de la comunidad de aves acuáticas que habita dentro de las dos lagunas (sur y norte) que conforman el Estero del Yugo, uno de los paraderos del Corredor del Pacífico localizado al norte de la ciudad de Mazatlán. Este sitio, aún cuando está destinado como área de conservación a nivel municipal, se encuentra fuertemente amenazado por el crecimiento de la infraestructura hotelera y habitacional, aunado al régimen natural y antropogénico de apertura y cierre de su boca estuarina.

Al parecer, han ocurrido cambios en el estero con respecto a la situación que se observó hace 10 años, tales como un aumento en la cobertura de agua, específicamente en la laguna sur y un incremento en la salinidad de la laguna norte. Parte de este estudio consiste en analizar si los cambios ocurridos han influenciado dentro de la comunidad de aves acuáticas presente durante el ciclo anual 2008-2009, la cual se describe en este trabajo, con respecto a la comunidad presente en el ciclo anual 1997-1998 (Stokes y van der Heiden, 1998).



## 2. ANTECEDENTES

En México se han registrado 1,054 especies de aves, lo que representa el 10.5% del estimado mundial, las cuales se distribuyen en 22 órdenes y 78 familias. De estas especies, el 10% son especies endémicas. Del total de las especies registradas para el país, 339 están en peligro y se encuentran en alguna categoría dentro de la NOM-059-ECOL-2001. Existen 291 especies que son consideradas de hábitos acuáticos (Hernández-Vázquez, 2000a), siendo el grupo de anátidos el mejor representado (Navarro y Benítez, 1993; Neyra y Durand, 1998).

En general, la importancia de los humedales costeros para las aves acuáticas en México ha sido poco documentada, tanto en el caso de las especies migratorias así como residentes. Son pocos los estudios que existen (Hernández-Vázquez, 2000b), y en la mayoría de los casos se han enfocado en áreas en las que ya se tiene conocimiento previo que resultan importantes para las aves acuáticas. A menudo, la atención ha sido dirigida principalmente al estudio de los sitios de crianza que sobre los sitios utilizados durante la temporada no reproductiva (Mellink y Riva, 2005).

Una de las regiones más estudiada con relación a la abundancia de aves acuáticas en el noroeste en México es la Península de Baja California. Por ejemplo, en el estero de San José del Cabo, se registraron 12,490 individuos correspondientes a 50 especies, siendo un apostadero importante para aves migratorias, principalmente de la familia Anatidae (Guzmán *et al.*, 1994). En las lagunas de oxidación de La Paz, B. C. S., se registraron 75 especies y una abundancia acumulada de 46,041 individuos, tanto la riqueza como la abundancia estuvieron influenciadas por la migración de anátidos y playeros (Zamora-Orozco *et al.*, 2007). En el estero Rancho Bueno, B. C. S., se registraron un total de 5,965 individuos de 56 especies, 22 fueron especies migratorias, la composición fue más diversa a principios de invierno que a finales de primavera (Amador *et al.*, 2006). La avifauna en 13

pequeños humedales costeros del noroeste de Baja California se caracterizó por 187 especies y 17,978 individuos, el 41% de las especies fueron residentes permanentes, el 39% visitantes estacionales y el 20% visitantes ocasionales, las familias con mayor número de especies fueron Anatidae y Scolopacidae y la riqueza y abundancia de especies estuvo correlacionada con la diversidad de tipos de hábitat (Ruiz-Campos *et al.*, 2005).

Por su parte algunos trabajos relacionados con la riqueza y abundancia de aves acuáticas y su variación espacio temporal realizados en las Costas de Colima, Jalisco y Nayarit indican lo siguiente. En la laguna de Cuyutlán, Colima, se contabilizaron un total de 54,370 individuos de 57 especies, de las cuales solo 11 especies constituían el 90% del total de individuos (Mellink y Riva, 2005). En la laguna de Agua Dulce y estero El Ermitaño, Jalisco, se identificaron 87 especies y tanto la riqueza como la abundancia estuvieron influenciadas por la llegada de aves migratorias durante el invierno (Hernández-Vázquez, 2005). En el estero La Manzanilla, Jalisco, se registró un total de 4,180 individuos, distribuidas en 45 especies (29 residentes y 16 migratorias), siendo las especies migratorias las más comunes en los meses de enero y febrero y las residentes en marzo y junio (Hernández-Vázquez, 2000b). En el Estero el Salado, Jalisco, se identificaron 28 especies de aves acuáticas y se contabilizaron 1,304 individuos, registrándose 16 especies residentes y 11 migratorias de invierno (Cupul-Magaña, 2000). En la laguna el Quelele, Nayarit, se registraron 40 especies y un total de 93,189 individuos. Las variaciones en la riqueza y abundancia de las especies observadas a lo largo del año, ponen en evidencia el carácter del sitio como área de descanso y alimentación de aves migrantes y residentes de invierno (Cupul-Magaña, 1999).

Para la costa de Sinaloa, en las Islas de San Ignacio, Macapule, Vinorama y Pájaros, en el municipio de Guasave, la abundancia acumulada fue de 55,849 individuos pertenecientes a 27 familias, 56 géneros y 73 especies, de las cuales el 50% son especies residentes y 43% migratorias de invierno (Sánchez-Bon, 2008). En Bahía Santa María y Ensenada

Pabellones se realizaron conteos de aves playeras durante la época invernal, se registraron 29 especies y un estimado de casi 400,000 individuos en cada humedal costero, siendo *Calidris mauri* la especie más abundante en ambas bahías (Engilis *et al.*, 1998).

Específicamente para el Estero del Yugo, Stokes y van der Heiden (1998) llevaron a cabo un estudio de la composición estacional, abundancia y preferencia de hábitat de la avifauna acuática durante el periodo 1997-1998. Registraron un total de 61 especies y una abundancia acumulada de 28,807 individuos. Se realizó un análisis por grupo funcional para determinar la preferencia de hábitat y describir la composición de aves a lo largo del año encontrando una marcada variación espacio-temporal entre grupos. Durante los meses más fríos los grupos de Patos y Nadadores y Gallaretas y Gallinetas fueron los que predominaron. Los Vadeadores Pequeños como chorlitos, playeros y jacanas fueron observados durante todo el periodo de estudio, siendo durante los meses de invierno las especies migratorias las más abundantes. Los Vadeadores Grandes como garzas, garcetas, ibis, cigüeñas y espátulas estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio, pero fueron más abundantes en la laguna sur. La densidad de aves en la laguna norte fue significativamente mayor que en la laguna sur para la mayoría de los grupos funcionales.

### **Relación de Factores Ambientales con la Riqueza y Abundancia de Especies.**

Los ecosistemas acuáticos representan un buen medio para documentar las respuestas de las aves a fluctuaciones ambientales (Amat, 1984). Evaluar la influencia de las variables del hábitat resulta algo importante para llegar a entender la estructura de la comunidad. Entre las variables que se sabe tienen un efecto sobre las aves acuáticas son: cobertura y nivel de agua, influencia del régimen de mareas y la salinidad del agua (Craig y Beal, 1992). A pesar de lo anterior, son escasos los trabajos

en los que se aborda la relación entre la riqueza y la abundancia de aves con respecto a estas variables.

Amat (1984) analizó la respuesta de la avifauna a las variaciones en los niveles de agua en varias lagunas al sur de España. La comunidad de aves mostró cambios en su composición y diversidad, influidos por las variaciones estacionales en la superficie del agua.

Funderburk y Springer (1989) relacionaron la abundancia de las aves acuáticas con la precipitación, la temperatura, el nivel del agua y la salinidad en dos lagunas en California, E.U.A. Ninguno de estos factores se correlacionó significativamente con la abundancia de aves, sin embargo concluyeron que el grado de salinidad y su efecto sobre el hábitat fue un factor determinante en la distribución de muchas especies de aves.

En una comparación que se realizó entre varios estuarios de Connecticut E.U.A., para determinar cómo se encontraban relacionadas la riqueza y la composición de especies con la cobertura de agua y el régimen de salinidad, se observó una respuesta distinta entre las especies que utilizaban el área como sitio de alimentación pero anidaban en otra parte y las que utilizaban el área como sitio de anidación. Estas últimas manifestaron una relación negativa entre la riqueza específica y la cobertura de agua, mientras que en el caso de las primeras, ocurrió lo contrario. Por otro lado, la variación en la composición de especies fue resultado del conjunto de características que hacen diferentes a los ambientes salinos de los de agua dulce (Craig y Beal, 1992).

En el caso de México, en un trabajo realizado en las costas de Jalisco, se comparó la abundancia y la distribución espacial de las aves acuáticas entre los distintos ambientes dentro del sistema lagunar Agua Dulce-Ermitaño. En general, la mayoría de las especies prefirieron aguas someras, con excepción de las aves marinas que estuvieron en el área de dunas. Otros grupos como patos y especies de hábitos similares, prefirieron áreas con bajas salinidades. La mayor abundancia de aves playeras se

observó cuando el nivel del agua fue bajo, mientras que el grupo de garzas fue observado en áreas con bajas salinidades y con influencia de las mareas (Hernández-Vázquez, 2005).

### 3. JUSTIFICACIÓN

Las lagunas costeras de Sinaloa se encuentran bajo una fuerte presión asociada al desarrollo de actividades humanas, tales como las pesquerías, la acuicultura, el turismo, la agricultura y el desarrollo urbano y rural, la construcción de grandes complejos habitacionales, así como el uso de plaguicidas y la eutroficación (Páez, 2007). La importancia de estas lagunas radica en que albergan una gran cantidad de recursos naturales, siendo de los más reconocidos el grupo de aves acuáticas.

A pesar de su pequeño tamaño, el Estero del Yugo es una de las lagunas costeras en la ciudad Mazatlán que aún representa un sitio en donde las aves acuáticas tienen alimento, sustento y un lugar de descanso. Se ha documentado la importancia que representan las lagunas pequeñas en términos de riqueza de especies (Craig y Beal, 1992) y se ha observado que pueden albergar un número mayor de individuos que lagunas de mayor tamaño, principalmente especies del género *Anas* (Pescador y Peris, 2009).

Es por esto que la importancia de este trabajo radica en describir el estado actual de la comunidad de aves acuáticas para que este sitio continúe siendo reconocido y considerado como un área prioritaria para conservar y mantener en buen estado, dada la importancia que tiene por su ubicación dentro del corredor migratorio que siguen muchas aves.

## 4. HIPÓTESIS

- ❖ La permanencia de un amplio espejo de agua durante la época de estiaje en la laguna sur y la salinización de la laguna norte en el Estero del Yugo durante los últimos diez años, han modificado la riqueza y la abundancia de las aves acuáticas.

## **5. OBJETIVO GENERAL**

- ❖ Describir la variación espacio-temporal y uso de hábitat de la avifauna acuática presente en el Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009 y comparar la situación actual con el período 1997-1998.

### **5.1. Objetivos específicos**

- ❖ Conocer las características actuales de la salinidad y la cobertura de agua en el Estero del Yugo.
- ❖ Caracterizar la comunidad de aves acuáticas que utilizan el Estero del Yugo en términos de riqueza, abundancia, densidad, composición y grupos funcionales durante un ciclo anual, así como el estatus de las especies (migratorio o residente).
- ❖ Relacionar la riqueza y la abundancia observada en cada laguna con la cobertura de agua.
- ❖ Determinar la distribución y uso de hábitat en cada laguna por grupo funcional.
- ❖ Comparar los resultados del presente estudio con los obtenidos en el período 1997-1998.

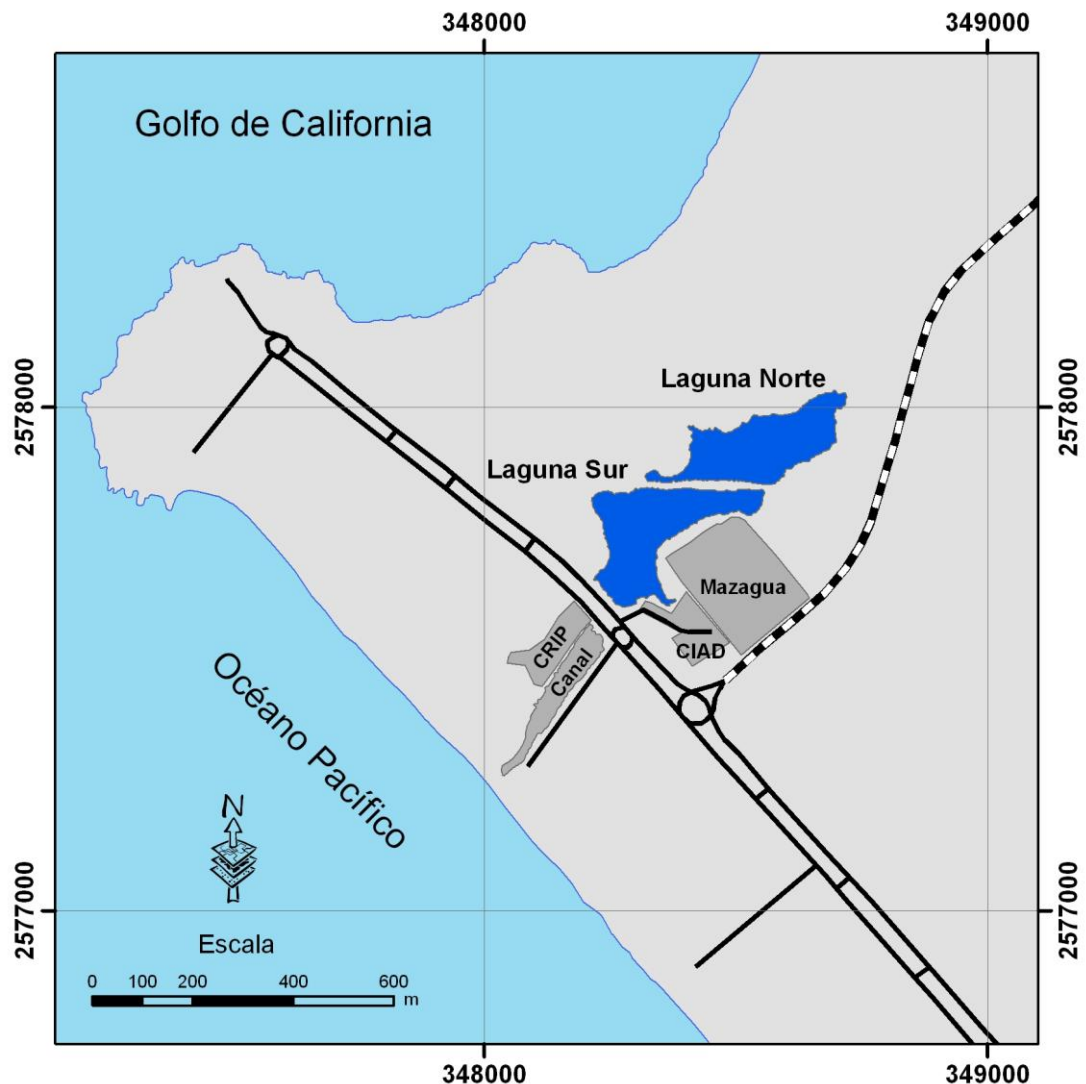


## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

### 6.1. Área de estudio

El Estero del Yugo se encuentra localizado al norte de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, a los 23° 18' 20" N y 106° 28' 50" W. Inicialmente era una sola laguna costera cuya extensión original se desconoce. Hace aproximadamente 30 años se construyó un bordo de tierra de 3 m de altura que dividió el cuerpo de agua a la mitad, que dio como resultado dos lagunas. El objetivo de esta obra hidráulica fue el represar el agua de los arroyos que desembocan en la porción norte del estero para usarla como abrevadero para ganado y sitio para cazar venados y patos (Anónimo, 2009). Hoy día, la Zona Federal Marítimo Terrestre correspondiente al Estero del Yugo, (aproximadamente 11 ha) incluye las dos lagunas que se encuentran rodeadas por un parche de selva baja caducifolia y es considerada una Área de Conservación Ecológica a nivel municipal. Le fue concedida por la SEMARNAT en Acuerdo de Destino al CIAD para en ella realizar programas de educación ambiental e investigación ecológica (Diario Oficial de la Federación 14 de mayo de 1997).

Las dos lagunas, norte y sur (Figura 1), que forman el estero tienen condiciones ambientales diferentes, especialmente de salinidad, y están conectadas entre sí por un canal de demasías que atraviesa el bordo de tierra. Las lagunas se encuentran rodeadas por un parche de selva baja caducifolia y por algunas especies asociadas a las condiciones salobres de estero y marisma, como *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Batis maritima* y *Salicornia bigelowii*.



**Figura 1.** Localización geográfica del Estero del Yugo donde se observa la ubicación de cada laguna, las vías de comunicación y las instalaciones del CIAD.

La laguna sur (LS) tiene una superficie de 3.8 hectáreas. De acuerdo con registros de salinidad que ocasionalmente se han tomado a lo largo de diez años, esta laguna inicialmente era considerada de agua salobre, es decir era un ambiente polihalino (*sensu* de La Lanza-Espino, 1994), con salinidades entre 18 y 30 ups, pero actualmente durante algunas temporadas se han registrado salinidades mayores, convirtiéndose en un ambiente euhalino (30 a 40 ups) (*sensu* de La Lanza-Espino, op. cit.). La laguna está conectada con el mar a través de un tubo que atraviesa por

debajo de la Avenida Sábalo-Cerritos y que comunica la laguna con un canal que termina en una barra de arena que ocasionalmente se abre para comunicar al estero con el mar. A esta parte se le denomina boca y se abre de manera efímera, principalmente durante la época de lluvias y/o por efecto de las mareas. Cabe mencionar que en ocasiones es abierta de manera intencional por pescadores de la zona. Esta laguna cuenta además con el aporte continuo de agua de mar proveniente de la planta de cultivo de peces del CIAD durante las 24 horas del día, el cual está relacionado con el aumento que se ha observado durante los últimos años con respecto a la cobertura de agua.

Por su parte, la laguna norte (LN) tiene una superficie de 3.4 hectáreas. Tradicionalmente, esta laguna ha sido considerada como un ambiente dulceacuícola, llegándose a considerar un ambiente oligohalino (*sensu* de La Lanza-Espino, 1994), con salinidades entre 0.5 y 5 ups. Si bien no hay registros precisos de su salinidad, se sabe que hace algunos años el ganado y la fauna silvestre bajaban a tomar agua (Anónimo, 2009), además se tiene el registro de algunas plantas que crecen a la orilla de lagunas con salinidades bajas, tales como *Sesbania exaltata* y *Lemna* sp. (com. pers. Albert van der Heiden). Sin embargo, la salinidad de esta laguna se ha incrementado en los últimos años, y las plantas indicadoras de salinidades bajas anteriormente mencionadas desaparecieron y actualmente hay abundancia de *Batis maritima* y *Salicornia bigelowii*. Durante la época de lluvias, cuatro arroyos desembocan en la porción más norteña de esta laguna (Anónimo, 2009).

## 6.2. Diseño de muestreo

Se realizaron visitas semanales desde la última semana de enero de 2008 a la segunda semana de abril de 2009 (un total de 59 semanas de observación) para identificar y contabilizar la avifauna acuática presente en

el estero. Previo a esto, se realizaron visitas prospectivas desde el mes de octubre de 2007 con la finalidad de conocer y familiarizarse con las especies de aves acuáticas del estero y poder identificarlas correctamente.

Para cada recorrido, se determinó la salinidad y la cobertura de agua para cada laguna. La salinidad fue tomada durante cada visita en cuatro puntos dentro del estero, dos en cada laguna. Esto se realizó con ayuda de un refractómetro manual con compensación de temperatura automática. Para estimar la cobertura de agua se utilizó la técnica empleada por Stokes y van der Heiden (1998), que consiste en calcular el área cubierta por agua utilizando como guía el trazo del perímetro de cada laguna dibujado sobre papel milimétrico. Se utilizó como referencia el registró fotográfico que se tomó para cada laguna durante cada semana de observación. El resultado final fue dado en hectáreas. De esta manera fue posible obtener un estimado muy cercano de la superficie que estaba cubierta por agua durante cada semana de muestreo. Se utilizó esta técnica ya que por el tamaño del Estero del Yugo, no es posible observar con claridad la imagen de cada laguna en ortofotos o imágenes satelitales.

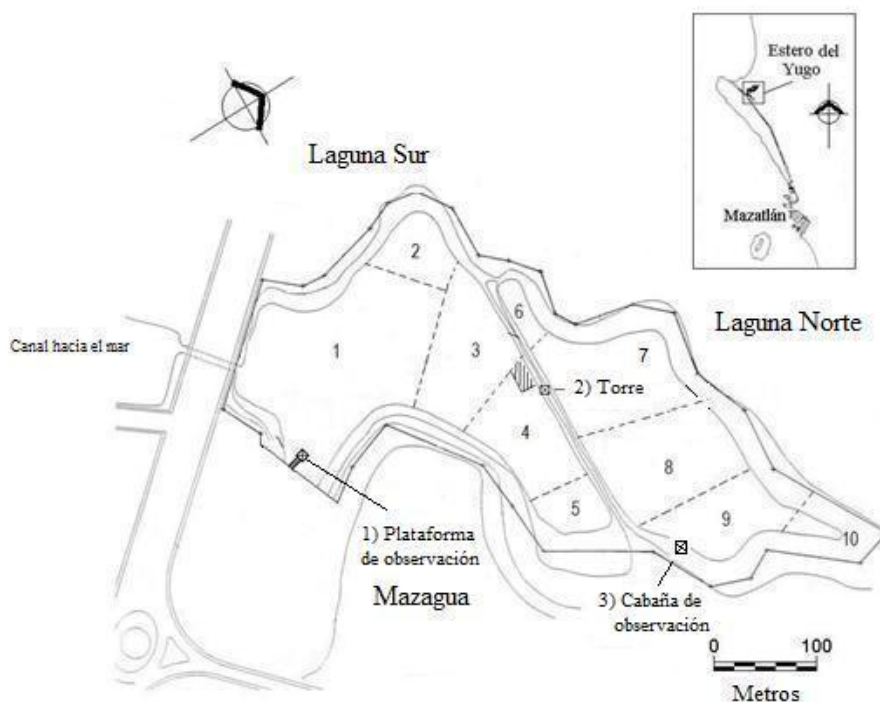
Para estimar el volumen que representa el aporte de agua externo proveniente de la descarga continua de la planta de cultivo de peces del CIAD con respecto al volumen total en la laguna sur se midió el gasto. Para estimar el gasto, se colocó un contenedor de plástico con capacidad de 66 litros debajo del tubo de descarga y se midió el tiempo que tardó en alcanzar su volumen máximo (litros/segundo). Durante cada medición se aseguró que el contenedor se encontrara a nivel del suelo (Figura 2). Se realizaron 52 mediciones a distintos horarios (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00 horas) durante un lapso de cuatro semanas y se obtuvo un promedio. Posteriormente, se realizó la conversión de este valor a metros cúbicos ( $m^3$ ) para extrapolar el volumen semanal de esta descarga. Para conocer qué porcentaje de la capacidad total de la laguna sur representa la entrada de este influjo constante, se realizó una batimetría (anexo II) con ayuda de un nivel topográfico y un estadal tomando como referencia un banco de nivel y se

obtuvo la capacidad máxima de la laguna. Una vez conocida su capacidad, se estimó el porcentaje que representó esta descarga semanalmente con respecto a la capacidad total de la laguna.



**Figura 2.** Tubo de descarga de agua de mar proveniente de la planta de cultivo de peces del CIAD. El contenedor que se observa a la izquierda del tubo fue el que se utilizó para medir el gasto.

Para tener un registro más preciso del número y ubicación de las aves en cada laguna, se dividió a cada laguna en áreas más pequeñas. En la laguna sur se encuentran las áreas 1 a la 5 y en la laguna norte se encuentran de las áreas 6 a la 10 (Figura 3). Para la delimitación de estas áreas se consideraron características particulares, tales como tipo de vegetación, diferencias en la profundidad y cambios visibles en la cobertura de agua los cuales se mencionan a continuación:



**Figura 3.** Mapa de las áreas en las que se subdividió cada laguna y la ubicación de los puntos fijos de observación: 1) plataforma de observación, 2) torre de observación y 3) cabaña de observación.

### Laguna Sur

**Área 1.** Esta área generalmente incluye el cuerpo de agua y es una de las partes más profundas de la laguna. Se observó llena durante la mayor parte del año, y solamente estuvo sin agua durante las semanas en las que se abrió la boca del estero y quedó vacía. Cuando esto ocurrió, fue posible observar un pequeño arroyo proveniente de la descarga de agua que llega a esta laguna. Los bordes de esta área están rodeados por mangle. Durante algunas semanas en las que estuvo el sedimento expuesto, fue posible observar un conglomerado de aves alimentándose.

**Área 2.** Constituye una las partes más someras de la laguna, llegando incluso a permanecer descubierta durante algunas semanas y ser de las últimas áreas en cubrirse de agua nuevamente. Durante la temporada de lluvias, el nivel del agua logró sobrepasar el borde de la vegetación y cubrir parte del camino. El bordo está rodeado por mangle y se observaron halófitas en algunas partes.

**Área 3.** Esta área presenta características muy similares al área 1 siendo de las áreas más profundas dentro de esta laguna. Estuvo casi siempre cubierta de agua. Está rodeada por mangle.

**Área 4.** Esta área es un poco más somera en comparación con el área 3, y en ocasiones cuando disminuye el nivel del agua, algunas partes llegan a estar descubiertas y se puede observar el sedimento expuesto, mientras que otras se observan todavía cubiertas por un espejo de agua somera. Está rodeada por mangle.

**Área 5.** Esta área es de las más someras y al igual que el área 2, llegó a permanecer descubierta durante algunas semanas. Sus bordes están cubiertos por mangle.

### **Laguna Norte**

**Área 6.** Esta área se localiza al inicio de la laguna norte. Es un área semicircular cerrada que termina en un canal que la conecta con el resto de la laguna. La mayor parte del tiempo estaba cubierta por agua, con excepción de sus bordes que se pudieron observar expuestos durante las semanas previas a la temporada de lluvia. Se encuentra rodeada de mangle.

**Área 7.** Es un área abierta en la que desemboca el área seis y estuvo cubierta por agua durante la mayor parte del año. Solo cuando disminuyó la cobertura de agua, el borde del extremo norte quedó descubierta. Está rodeada de mangle.

**Área 8.** Esta área es continuación del área siete, con características muy similares y estuvo cubierta por agua durante la mayor parte del año. Sus bordes están cubiertos por mangle y en la parte que queda más al norte se observan halófitas.

**Área 9.** Esta área de la laguna se puede considerar de transición, ya que es continuación del área ocho, pero tiene una parte donde el agua llega a ser muy somera. Durante la temporada de lluvias y cuando la laguna se observó llena a su máxima capacidad, el agua traspasó el borde y cubrió parte del camino. Está rodeada de mangle en una parte pero también se observan halófitas como *Batis maritima* y *Salicornia bigelowii* en sus alrededores.

**Área 10.** Esta pequeña área está formada por una especie de canal que se forma en la parte más norteña de la laguna y que termina en el área nueve. Las partes aledañas al canal están cubiertas de agua somera y son de las primeras en quedar descubiertas durante la temporada previa al período de lluvias. Está rodeada por mangle y se observan halófitas.

### 6.3. Conteos de aves

El inicio de las visitas se programó durante las primeras horas de la mañana, aproximadamente entre las 07:30 y 08:00 horas y cada recorrido tuvo una duración promedio de 3.2 horas ( $\pm 0.85$ ). En cada visita se recorrió el perímetro de cada laguna y el sendero, así como tres puntos fijos previamente establecidos: I) una plataforma de observación desde este punto es posible observar las áreas 1 y 2 y parte del área 3 (Figura 4), II) una torre de 10 metros de altura desde donde es posible tener una vista aérea completa de ambas lagunas (Figura 5), y III) una cabaña de observación, desde donde se puede observar a la laguna norte casi en su totalidad, con excepción del área 6 (Figura 6).





**Figura 4.** Plataforma de observación localizada en la laguna sur.



**Figura 5.** Torre de observación localizada en el borde que separa a las dos lagunas.



**Figura 6.** Cabaña de observación localizada en la laguna norte.

Durante cada recorrido los datos que se tomaron en consideración fueron la ubicación de las aves en el estero, la especie, el número de individuos, su distribución y el uso del hábitat. La observación de las especies se realizó con la ayuda de binoculares 8x42 y 8x50. Para su identificación se utilizaron las guías de campo de National Geographic (2002), Sibley (2001) y Howell & Webb (1995), así como la Guía para la identificación de Chorlos y Playeros en México editada por (DUMAC, 2007). El listado de especies fue ordenado de acuerdo a la Unión Americana de Ornólogos (A.O.U., 2008). El estatus de cada especie se obtuvo de acuerdo a su mapa de distribución en las guías de identificación y fueron clasificadas como residentes y migratorias.

Se definieron seis grupos funcionales considerando similitudes en sus atributos morfológicos y conductuales, siguiendo la clasificación utilizada por Stokes y van der Heiden (1998) y Funderburk y Springer (1989). Los grupos establecidos fueron: 1) Patos y Nadadores (incluyendo patos de superficie, patos buceadores, zambullidores y cormoranes), 2) Patos de Percha, 3) Gallaretas y Afines, 4) Vadeadores Pequeños (incluyendo chorlos, avocetas y playeros), 5) Vadeadores Grandes (incluyendo garzas, egretas, ibis,

cigüeñas y espátulas) y 6) Otros (incluyendo gaviotas, pelícanos, fregatas, martín pescador y el águila pescadora).

Las categorías establecidas para clasificar el uso de hábitat fueron las siguientes: Alimentándose (A), Descansando (D) y Volando (V).

#### **6.4. Análisis de datos**

Los datos de la caracterización ambiental tales como salinidad y cobertura de agua se analizaron semanalmente para cada laguna. Se obtuvo un valor promedio para la salinidad registrada y se estimó el área cubierta por el espejo de agua (en hectáreas).

Para la caracterización de la avifauna acuática se elaboró un listado del total de las especies registradas indicando para cada una de ellas su estatus (residentes y migratorias) y el grupo funcional al que pertenecen.

Para determinar cuáles fueron las especies dominantes se usó la prueba de asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1995). Se graficó la frecuencia de aparición de cada especie durante todo el ciclo de muestreos en ambas lagunas, expresada en porcentaje (eje de las abscisas) contra la abundancia total acumulada de dicha especie (eje de las ordenadas). En la gráfica se trazaron las medianas de cada eje cruzando las líneas. De esta manera se obtuvieron cuatro cuadrantes y se hicieron los conteos en cada cuadrante para determinar la significancia de la asociación (Sokal y Rohlf, 1995). Las especies del cuadrante A corresponden a especies frecuentes y abundantes (dominantes), en el cuadrante B se ubican las especies abundantes y poco frecuentes (estacionales o migratorias), en el cuadrante C las especies son poco frecuentes y poco abundantes (raras), y en el cuadrante D están las especies frecuentes y poco abundantes (frecuentes o comunes) (Sokal y Rohlf, 1995).

La abundancia estacional de especies se analizó para todo el estero (ambas lagunas) y fue calculada para cada grupo funcional, considerando la abundancia relativa de cada especie y su frecuencia de observación a lo largo del ciclo anual. Se determinó la composición estacional de especies para cada laguna.

Posteriormente, se relacionó la riqueza y la abundancia semanal con la cobertura del espejo de agua para cada laguna y se analizó a estas variables por medio de una prueba de Rangos de Correlación de Spearman para determinar si existía alguna relación entre estas variables (riqueza de especies vs. cobertura de agua y abundancia vs. cobertura de agua).

Con el fin de detectar si existía un mayor uso por parte de ciertos grupos funcionales sobre alguna de las lagunas, se calculó la densidad por semana (número de individuos/hectáreas cubiertas por el espejo de agua) para cada grupo funcional y se obtuvo un promedio mensual el cual se comparó entre lagunas. Se utilizó la Prueba de  $t$  cuando los datos se asemejaban a una distribución normal, mientras que en el caso contrario, se utilizó la Prueba U-de Mann Whitney. Solo se pudo comparar los meses durante los cuales el grupo funcional estuvo presente en ambas lagunas. La densidad de la primera semana de observación (última semana de enero de 2008) se promedió junto con el mes de febrero, mientras que las dos últimas semanas de observación (dos primeras semanas de abril de 2009) no fueron consideradas para este análisis debido a que no se completó el mes de observaciones.

Así mismo, se determinó la distribución y el uso de hábitat para cada grupo funcional en cada laguna. Para el análisis de la distribución se obtuvo el número total de individuos a lo largo de todo el ciclo anual en cada área dentro de cada laguna (laguna sur: áreas 1-5; laguna norte: áreas 6-10). En lo correspondiente al uso del hábitat, sólo se obtuvieron datos relacionados con ciertas actividades que estaban realizando las aves de cada grupo funcional al momento de las observaciones, se registró si estaban

alimentándose, descansando o volando. Se hizo un mayor énfasis en las dos primeras actividades, ya que apenas una fracción mínima del total de individuos se observó volando. Posteriormente se trató de encontrar la relación del uso de hábitat con el/las área(s) donde principalmente se distribuyó cada grupo funcional.

Finalmente, se realizó una comparación entre la comunidad de aves acuáticas actual (2008-09) y la descrita hace 10 años (1997-98) en una escala espacio-temporal para el Estero del Yugo. Las variables a considerar fueron la riqueza de especies y la abundancia, en una escala espacial (laguna norte vs. laguna sur), temporal (verano vs. invierno) y entre años (1997-98 vs. 2008-09).

Los índices ecológicos calculados para cada laguna en cada temporada y durante cada periodo fueron:

**Riqueza de especies:** a partir de las especies registradas al llevar a cabo el registro de la abundancia, se contabilizó el número de especies encontradas durante cada una de las dos épocas (verano e invierno). Los resultados se expresaron como número total de especies (S total).

**Inverso del Índice de Simpson:** variaciones en este índice indicaron cambios importantes en las especies más abundantes de la comunidad. Esta dada por la siguiente expresión (Begon *et al.*, 1996):

$$D = 1 / \sum_{i=1}^s P_i^2$$

donde:  $p_i$  = la proporción relativa al total (abundancia) que contribuye cada especie a la comunidad.

**Índice de diversidad de Shannon-Wiener:** Este índice es especialmente sensible a cambios en las especies más raras de la comunidad en términos de abundancia (especies menos abundantes). La fórmula para calcularlo es:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

donde:  $H'$  = índice de diversidad,  $S$  = número de especies, y  $p_i$  = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie  $i$ .

**Índice de equitatividad de Pielou:** Indica la uniformidad de la abundancia (u otra medida) de los individuos entre las diferentes especies. Una equitatividad alta indicaría una baja dominancia y viceversa. Está dada por la siguiente ecuación:

$$J' = H' / H' \text{ max}$$

donde:  $H'$  = es el valor de diversidad obtenido,  $H' \text{ max}$  = es el valor de la diversidad máxima que podría darse con  $S$  especies y  $N$  individuos y está definida como  $\log_2 S$ , y  $S$  = número de especies.

Se utilizó un análisis de similitud de Bray Curtis con el cual se generó un dendrograma. Además se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (MDS, por sus siglas en inglés). Para la realización de estos análisis se usó el programa PRIMER versión 5. Se emplearon los valores promedio de la abundancia de cada especie registrada en cada periodo durante los meses de verano (julio- agosto) e invierno (diciembre-enero) en cada laguna. Para la generación del dendrograma los datos fueron transformados con raíz cuadrada.

En el análisis de similitud, ésta es completa cuando el porcentaje de similitud es igual a 100%. El análisis de MDS 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 lagunas y temporadas para cada periodo. Si 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 los puntos obtenidos por el mapa MDS es medido por una función de stress. Entre más cercano a cero mejor es la representación (Hernández-Vázquez, 2005b).

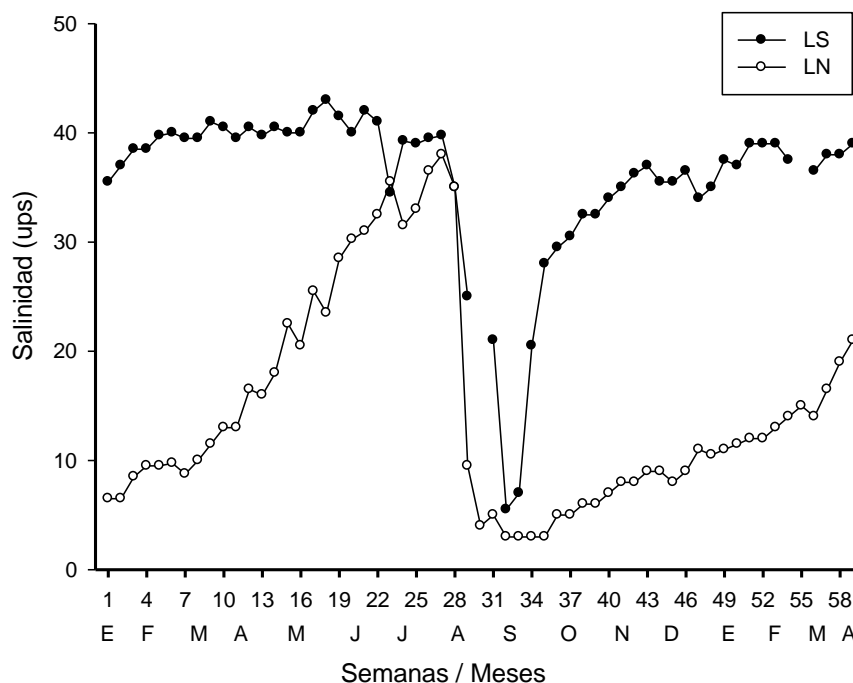
Tanto el análisis de similitud como el MDS fueron empleados para indicar el grado de similitud entre lagunas (laguna norte vs laguna sur), entre temporadas (invierno-verano) y entre años (1997-98 vs 2008-2009).

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Caracterización ambiental

#### 7.1.1. Salinidad

La salinidad promedio que se registró durante la última semana de enero de 2008 hasta la segunda semana de abril de 2009 para la laguna sur fue de 35.8 ( $\pm 7.3$ ) ups, mientras que para la laguna norte fue de 14.8 ( $\pm 9.9$ ) ups. El valor más alto de salinidad registrado para la laguna sur se observó durante la semana 18 (mayo) y fue de 43 ups, mientras que el menor se observó en la semana 32 (septiembre) y fue de 5.5 ups. Para la laguna norte, el mayor registro se observó durante la semana 27 (agosto) y fue de 38 ups, mientras que el menor fue el que se registró durante las semanas 32 a la 35 (septiembre y octubre) y fue de 3 ups. En todas las semanas, la salinidad fue mayor en la laguna sur (Figura 7).

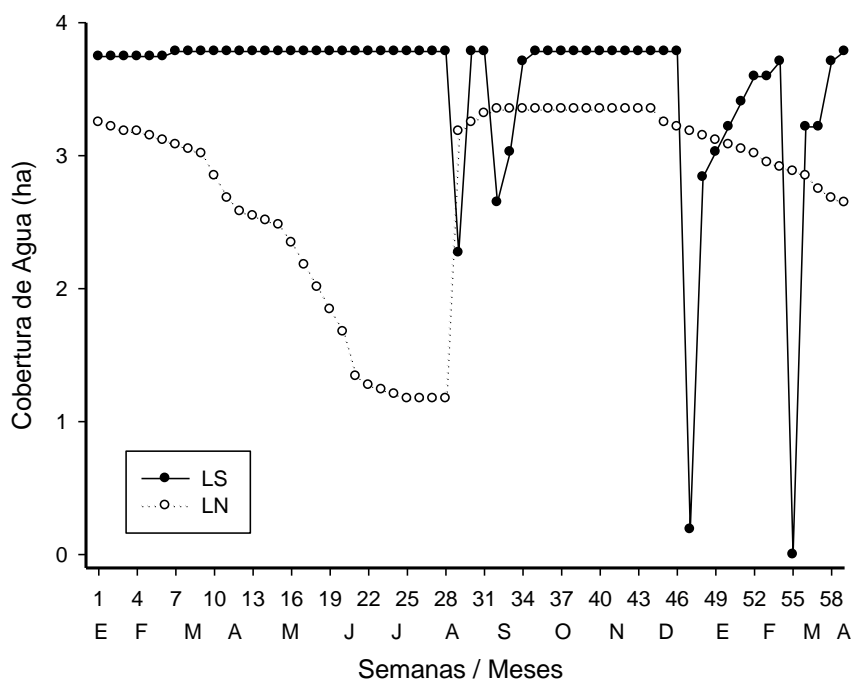


**Figura 7.** Gráfica de la salinidad promedio semanal para cada laguna. En las semanas en las que no se observan los valores correspondientes el estero estuvo vacío.



### 7.1.2. Cobertura de agua

Para la laguna sur, la cobertura del espejo de agua se mantuvo constante durante la mayor parte del año, observándose llena hasta su máxima capacidad, con dos disminuciones significativas durante las semanas 47 (diciembre) y 55 (marzo). En cambio, la laguna norte presentó variaciones en la cobertura del espejo de agua a lo largo del año. Desde el inicio de las observaciones, el espejo de agua de esta laguna disminuyó cada semana hasta alcanzar su nivel más bajo en la semana 24 (julio) y mantenerse así hasta la semana 28 (agosto). Para la semana 29 (agosto), la cobertura se incrementó considerablemente y alcanzó su máxima capacidad en la semana 31 (septiembre) y permaneció así hasta la semana 43 (diciembre). A partir de esta semana, se observó que la cobertura de agua empezó a disminuir nuevamente (Figura 8). En el anexo I se pueden observar los valores estimados para la cobertura de agua en cada laguna por semana.



**Figura 8.** Gráfica de la cobertura de agua en hectáreas (ha) estimada durante cada semana para cada laguna.

### **7.1.3. Aporte de agua externo**

Se estimó la cantidad de agua que entra a la laguna sur por aporte de la descarga de agua de mar de la planta de cultivo de peces del CIAD. Después de repetidas mediciones ( $n = 52$ ), se obtuvo que un contenedor con capacidad de 66 litros tardó 3.5 ( $\pm 0.55$ ) segundos en llenarse hasta su máxima capacidad. Haciendo la conversión a metros cúbicos ( $m^3$ ) y los cálculos correspondientes, se tiene que a la semana el valor total de este aporte es de 11,400  $m^3$ . Si el volumen total de la laguna obtenido con el cálculo de la batimetría que se llevó a cabo (anexo II) fue de 38,777  $m^3$ , este aporte a la semana representó el 29.3% de la capacidad de la laguna sur, casi una tercera parte de su capacidad total.

## **7.2. Caracterización general de la comunidad de aves**

Durante el periodo de estudio para el Estero del Yugo en conjunto, se registró un total de 58 especies de aves acuáticas pertenecientes a 8 órdenes, 15 familias y 40 géneros (Tabla 1). La familia mejor representada fue Scolopacidae con 12 especies. Del total, 27 especies fueron residentes, 30 migratorias de invierno y 1 migratoria de verano. Con respecto a la distribución, 41 se registraron en ambas lagunas, 4 fueron exclusivas para la laguna sur y 13 lo fueron para la laguna norte. Se observó una abundancia acumulada de 14,104 individuos, de los cuales 12,693 fueron observados en la laguna norte y 1,411 en la laguna sur. Las especies se distribuyeron en seis grupos funcionales: Patos y Nadadores, con 14 especies; Patos de Percha, con solo una especie; Gallaretas y Afines, con tres especies; Vadeadores Pequeños, con 15 especies; Vadeadores Grandes, con 14 especies y por último, Otros con 11 especies.

**Tabla 1.** Listado de especies observadas en el Estero del Yugo, Mazatlán Sinaloa durante el ciclo anual 2008-2009. El código se obtuvo a partir de las dos primeras letras del género y las dos primeras letras de la especie. Los nombres comunes fueron tomados del Listado de Nombres Comunes de las Aves de México (Escalante *et al.*, 1996). Grupos funcionales (GF): Patos y Nadadores (PN), Patos de Percha (PP), Gallaretas y Afines (GA), Vadeadores Pequeños (VP), Vadeadores Grandes (VG) y Otros (OT). Estatus: residentes (R), migratorias de invierno (Mi) y migratoria de verano (Mv) (National Geographic, 2002; Howell y Webb, 1995).

	<b>Especie</b>	<b>Código</b>	<b>Nombre común español / inglés</b>	<b>GF</b>	<b>Estatus</b>
<b>ANSERIFORMES</b>					
<b>Anatidae</b>					
1	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	DEAU	Pijije ala blanca / Black-bellied Whistling-Duck	PP	R
2	<i>Anas strepera</i>	ANST	Pato friso / Gadwall	PN	Mi
3	<i>Anas americana</i>	ANAM	Pato chalcuán / American Wigeon	PN	Mi
4	<i>Anas discors</i>	ANDI	Cerceta ala azul / Blue-winged Teal	PN	Mi
5	<i>Anas cyanoptera</i>	ANCY	Cerceta canela / Cinnamon Teal	PN	Mi
6	<i>Anas clypeata</i>	ANCL	Pato cucharón-norteño / Northern Shoveler	PN	Mi
7	<i>Anas acuta</i>	ANAC	Pato golondrino / Northern Pintail	PN	Mi
8	<i>Anas crecca</i>	ANCR	Cerceta ala verde / Green-winged Teal	PN	Mi
9	<i>Aythya americana</i>	AYAM	Pato cabeza roja / Redhead	PN	Mi
10	<i>Aythya affinis</i>	AYAF	Pato boludo-menor / Lesser Scaup	PN	Mi
11	<i>Oxyura jamaicensis</i>	OXJA	Pato tepalcate / Ruddy Duck	PN	R
<b>PODICIPEDIFORMES</b>					
<b>Podicipedidae</b>					
12	<i>Tachybaptus dominicus</i>	TADO	Zambullidor menor / Least Grebe	PN	R
13	<i>Podilymbus podiceps</i>	POPO	Zambullidor pico grueso / Pied-billed Grebe	PN	R
14	<i>Podiceps nigricollis</i>	PONI	Zambullidor orejudo / Eared Grebe	PN	Mi
<b>PELECANIFORMES</b>					
<b>Pelecanidae</b>					
15	<i>Pelecanus occidentalis</i>	PEOC	Pelícano pardo / Brown Pelican	O	R
<b>Phalacrocoracidae</b>					
16	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	PHBR	Cormorán Neotropical / Neotropic Cormorant	PN	R
<b>Fregatidae</b>					
17	<i>Fregata magnificens</i>	FRMA	Fragata magnífica / Magnificent Frigatebird	O	R
<b>CICONIIFORMES</b>					
<b>Ardeidae</b>					
18	<i>Ardea herodias</i>	ARHE	Garzon cenizo / Great Blue Heron	VG	R
19	<i>Ardea alba</i>	ARAL	Garza blanca / Great Egret	VG	R

20	<i>Egretta thula</i>	EGTH	Garceta pie-dorado / Snowy Egret	VG	R
21	<i>Egretta caerulea</i>	EGCA	Garceta azul / Little Blue Heron	VG	R
22	<i>Egretta tricolor</i>	EGTR	Garceta tricolor / Tricolored Heron	VG	R
23	<i>Egretta rufescens</i>	EGRU	Garceta rojiza / Reddish Egret	VG	R
24	<i>Bubulcus ibis</i>	BUIB	Garza ganadera / Cattle Egret	VG	R
25	<i>Butorides virescens</i>	BUVI	Garceta verde / Green Heron	VG	R
26	<i>Nycticorax nycticorax</i>	NYNY	Pedrete corona negra / Black-crowned Night-Heron	VG	R
27	<i>Nyctanassa violacea</i>	NYVI	Pedrete corona clara / Yellow-crowned Night-Heron	VG	R
<b>Threskiornithidae</b>					
28	<i>Eudocimus albus</i>	EUAL	Ibis blanco / White Ibis	VG	R
29	<i>Plegadis chihi</i>	PLCH	Ibis cara blanca / White-faced Ibis	VG	Mi
30	<i>Platalea ajaja</i>	PLAJ	Espátula rosada / Roseate Spoonbill	VG	R
<b>Ciconiidae</b>					
31	<i>Mycteria americana</i>	MYAM	Cigüeña americana / Wood Stork	VG	R
<b>FALCONIFORMES</b>					
<b>Accipitridae</b>					
32	<i>Pandion haliaetus</i>	PAHA	Gavilán pescador / Osprey	O	Mi
<b>GRUIFORMES</b>					
<b>Rallidae</b>					
33	<i>Porzana carolina</i>	POCA	Polluela sora / Sora	G	Mi
34	<i>Gallinula chloropus</i>	GACH	Gallineta frente roja / Common Moorhen	G	R
35	<i>Fulica americana</i>	FUAM	Gallareta americana / American Coot	G	Mi
<b>CHARADRIIFORMES</b>					
<b>Charadriidae</b>					
36	<i>Charadrius vociferus</i>	CHVO	Chorlo tildío / Killdeer	VP	R
<b>Recurvirostridae</b>					
37	<i>Himantopus mexicanus</i>	HIME	Candelerero americano / Black-necked Stilt	VP	R
38	<i>Recurvirostra americana</i>	REAM	Avoceta americana / American Avocet	VP	Mi
<b>Scolopacidae</b>					
39	<i>Actitis macularius</i>	ACMA	Playero alzacolita / Spotted Sandpiper	VP	Mi
40	<i>Tringa melanoleuca</i>	TRME	Patamarilla mayor / Greater Yellowlegs	VP	Mi
41	<i>Tringa semipalmata</i>	TRSE	Playero Pihuihui / Willet	VP	Mi
42	<i>Tringa flavipes</i>	TRFL	Patamarilla menor / Lesser Yellowlegs	VP	Mi
43	<i>Numenius phaeopus</i>	NUPH	Zarapito trinador / Whimbrel	VP	Mi
44	<i>Limosa fedoa</i>	LIFE	Picopando canelo / Marbled Godwit	VP	Mi
45	<i>Calidris sp.</i>		Playero / Sandpiper	VP	Mi
46	<i>Calidris mauri</i>	CAMA	Playero occidental / Western Sandpiper	VP	Mi
47	<i>Calidris minutilla</i>	CAMI	Playero chichicuilote / Least Sandpiper	VP	Mi

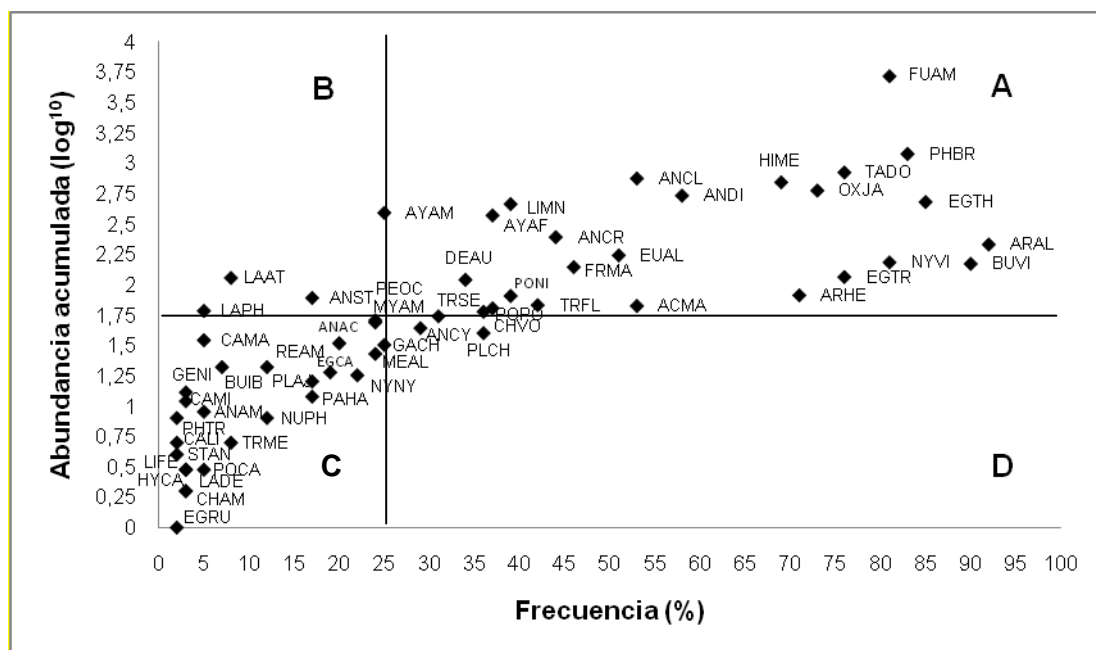
48	<i>Limnodromus sp.</i>		Costurero / Dowitchers	VP	Mi
	<i>Limnodromus</i>				
49	<i>scolopaceus</i>	LISC	Costurero pico largo / Long-billed Dowitcher	VP	Mi
<b>Phalaropodinae</b>					
50	<i>Phalaropus tricolor</i>	PHTR	Falaropo pico largo / Wilson's Phalarope	VP	Mi
<b>Laridae</b>					
51	<i>Larus atricilla</i>	LAAT	Gaviota reidora / Laughing Gull	O	R
52	<i>Larus philadelphia</i>	LAPH	Gaviota de Bonaparte / Bonaparte's Gull	O	Mi
53	<i>Larus delawarensis</i>	LADE	Gaviota pico anillado / Ring-billed Gull	O	Mi
54	<i>Sternula antillarum</i>	STAN	Charrán mínimo / Least Tern	O	Mv
55	<i>Gelochelidon nilotica</i>	GENI	Charrán pico grueso / Gull-billed Tern	O	R
56	<i>Hydroprogne caspia</i>	HYCA	Charrán caspia / Caspian Tern	O	R
<b>CORACIIFORMES</b>					
<b>Alcedinidae</b>					
57	<i>Megaceryle alcyon</i>	MEAL	Martín-pescador norteño / Belted Kingfisher	O	Mi
58	<i>Chloroceryle americana</i>	CHAM	Martín-pescador verde / Green Kingfisher	O	R

### **7.2.1. Prueba de asociación de Olmstead y Tukey**

Los resultados de la prueba de asociación Olmstead y Tukey se presentan en la Figura 9. Del total de las 58 especies registradas, 25 se distribuyen en el cuadrante A y son consideradas como las especies dominantes dentro de la comunidad, presentando abundancias elevadas y frecuencias de observación altas. En este grupo, 11 son especies migratorias (M) y 14 residentes (R). Las especies más abundantes fueron *Fulica americana* (M), *Phalacrocorax brasilianus* (M) y *Tachybaptus dominicus* (R), mientras que las más frecuentes fueron, *Ardea alba* (R), *Butorides viriscens* (R) y *Egretta thula* (R).

Las especies abundantes pero poco frecuentes (Cuadrante B, Figura 9), fueron tres, dos migratorias y una residente: *Larus atricilla* (R), *Anas strepera* (M) y *Larus philadelphia* (M). El grupo de las especies raras está formado por 27 especies (16 migratorias y 11 residentes). Las especies menos abundantes fueron: *E. rufescens* (R) con un individuo, *Chloroceryle americana* (R) y *Larus delawarensis* (M) con dos individuos respectivamente. Mientras que las especies menos frecuentes fueron: *Egretta rufescens* (R), *Calidris* sp. (M), *Phalaropus tricolor* (M) y *Sternula antillarum* (M), siendo observadas cada una solo en un registro durante todo el periodo.

Las especies con poca abundancia y alta frecuencia (cuadrante D) fueron tres: *Anas cyanoptera* (M), *Plegadis chihi* (M) y *Tringa semipalmata* (M).



**Figura 9.** Prueba de asociación de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1995) para las aves acuáticas registradas durante un ciclo anual de observaciones en el Estero del Yugo. Las letras mayúsculas indican los cuadrantes: (A) especies dominantes, (B) especies abundantes, (C) especies raras y (D) especies frecuentes. Las claves para cada especie pueden verse en la Tabla 1.

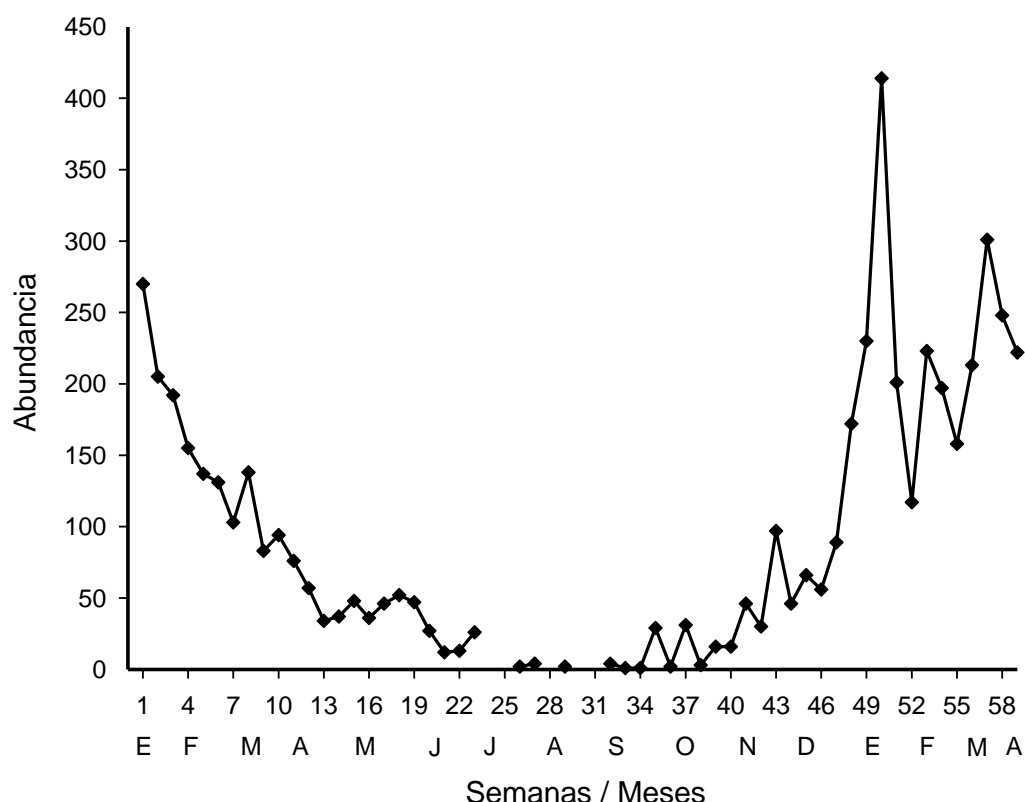
### 7.3. Abundancia Estacional por Grupo Funcional

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de la abundancia estacional para cada uno de los grupos funcionales. Este análisis primero se realizó considerando en conjunto al total de individuos observados en las dos lagunas y posteriormente en cada laguna. En el anexo III se puede observar la abundancia total para cada especie por grupo funcional.

#### 7.3.1. Patos y Nadadores

Este grupo funcional estuvo compuesto por 14 especies (10 migratorias y 4 residentes) y representó el 37% (5,256 individuos) del total de aves acuáticas. Dada la importancia de este grupo funcional, se dividió en tres subgrupos: patos de superficie, patos buceadores, zambullidores y

cormorán, los cuales resultaron ser visitantes de invierno. Se observó que en el 2008 la abundancia disminuyó de la última semana de enero hacia la primera semana de julio para volver a incrementarse desde la primera semana de octubre hasta la segunda semana de abril 2009. El máximo valor de abundancia se registró en febrero de 2009 (Figura 10; anexo III).



**Figura 10.** Variación estacional y abundancia del conjunto de especies que componen el grupo funcional Patos y Nadadores en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

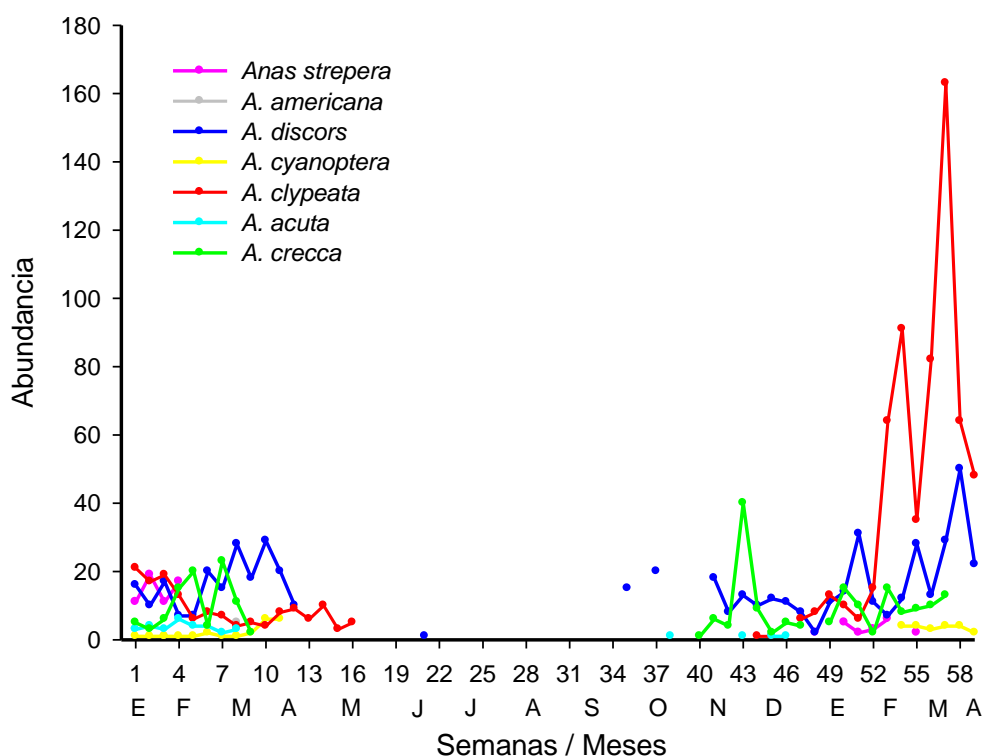
#### Patos de superficie

Este subgrupo estuvo compuesto por siete especies, todas migratorias y representó el 12% (1,706 individuos) del total de aves acuáticas. La especie más abundante del subgrupo fue *Anas clypeata* con el 44% (752) y se registró en el 53% (31) de las observaciones. *Anas discors* fue la segunda especie más abundante con el 32% (543), registrándose en



el 58% (34) de las observaciones. El resto de las especies registradas fueron *A. americana*, *A. crecca*, *A. strepera*, *A. cyanoptera* y *A. acuta*, representando todas en conjunto el 24% (411) dentro de su subgrupo.

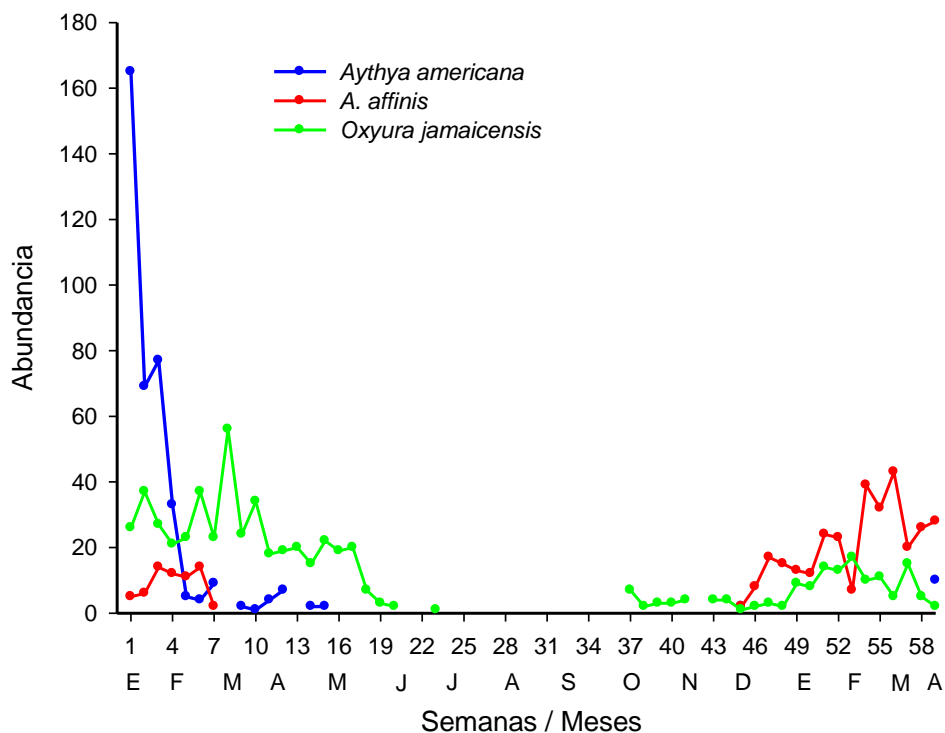
Los patos de superficie se registraron desde el inicio de las observaciones (última semana de enero de 2008) a mediados de mayo y de la última semana de septiembre hasta que se concluyeron las visitas (segunda semana de abril 2009) (Figura 11; anexo III).



**Figura 11.** Variación estacional y abundancia de las especies presentes en el subgrupo Patos de Superficie en el Estero del Yugo durante el periodo de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

### Patos buceadores

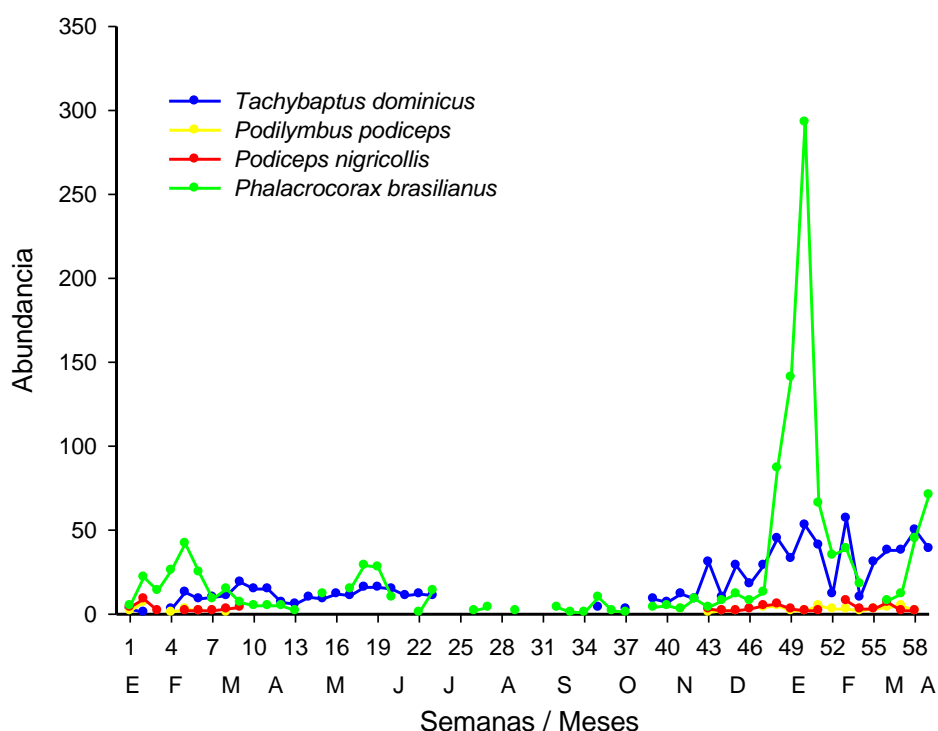
Este subgrupo estuvo integrado por tres especies, dos migratorias y una residente y comprendió el 10% (1,363 individuos) de la abundancia total de aves acuáticas. La especie *Oxyura jamaicensis* fue la más abundante con 44% (598) y la más frecuente, registrándose en el 73% (43) de las observaciones. Las especies *Aythya americana* y *A. affinis* presentaron una abundancia del 29% (392) y 27% (373) respectivamente, y fueron registradas en el 25% (15) y 37% (22) de las observaciones, respectivamente. Las especies de patos buceadores estuvieron presentes en el estero de la última semana de enero a mediados de mayo del 2008 y de la segunda semana de octubre 2008 a la segunda semana de abril 2009 (Figura 12; anexo III).



**Figura 12.** Variación estacional y abundancia de las especies presentes en el subgrupo Patos Buceadores en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

### Zambullidores y Cormorán

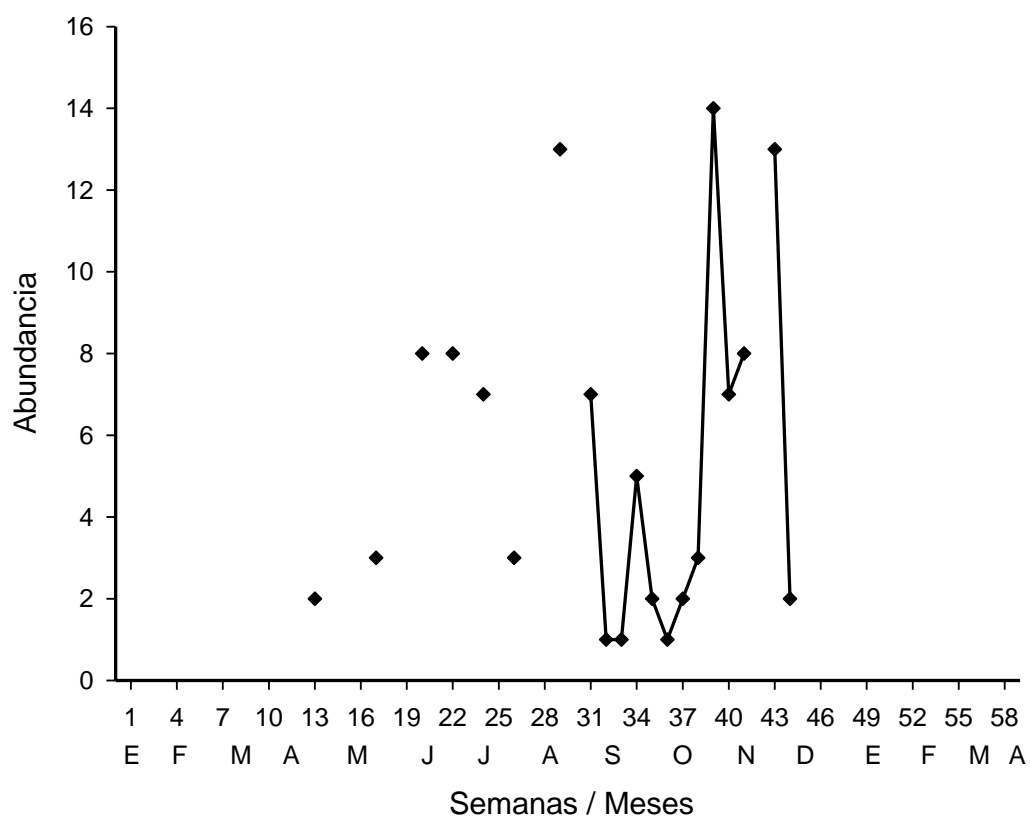
Este subgrupo estuvo compuesto por cuatro especies, una migratoria y tres residentes y comprendió el 16% (2,187 individuos) de la abundancia total de aves acuáticas. Las especies más abundantes dentro de este subgrupo fueron *Phalacrocorax brasilianus* con el 55% (1,199) y *Tachybaptus dominicus* con el 38% (843). Las especies *Podiceps nigricollis* y *Podilymbus podiceps* fueron las menos abundantes representando el 4% (81) y 3% (64), de su subgrupo, respectivamente. La especie más frecuentemente observada fue *Phalacrocorax brasilianus* con registros en el 83% (49) de las observaciones seguida de *Tachybaptus dominicus* con un 76% (45), *Podiceps nigricollis* 39% (23) y *Podilymbus podiceps* 37% (22) (Figura 13; anexo III). La especie *P. brasilianus* fue la más abundante y frecuente dentro del grupo funcional de Patos y Nadadores.



**Figura 13.** Variación estacional y abundancia de las especies presentes en el subgrupo Zambullidores y Cormorán en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

### 7.3.2. Patos de Percha

Este grupo funcional estuvo formado sólo por la especie *Dendrocygna autumnalis* (especie residente), que alcanzó apenas el 0.8% (110) de la abundancia total de aves acuáticas (Tabla 2). Estuvo presente en el estero a partir de la última semana de abril y hasta la segunda semana de diciembre de 2008 (Figura 14; anexo III).

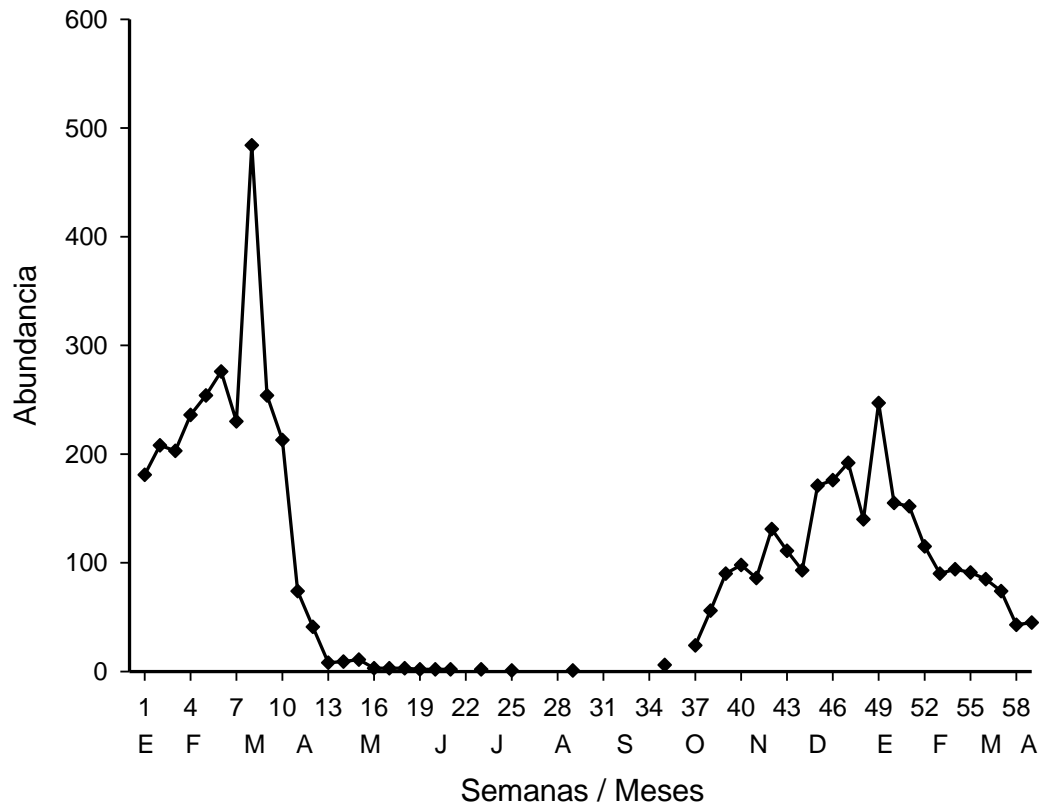


**Figura 14.** Variación estacional y abundancia de *Dendrocygna autumnalis* la única especie registrada en el grupo funcional Patos de Percha en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

### **7.3.3. Gallaretas y Afines**

Este grupo funcional estuvo compuesto solo por tres especies, dos migratorias (*Porzana carolina* y *Fulica americana*) y una residente (*Gallinula chloropus*) y representó el 37% (5,266 individuos) de la abundancia total de aves acuáticas. La especie más abundante fue *F. americana*, la cual representó el 99% (5,231) dentro de su grupo y fue la más abundante de todas las especies del Estero del Yugo, con el 37% (5,231) del todas las aves acuáticas observadas. Fue registrada en el 81% (48) de las observaciones. La especie *G. chloropus* representó solo el 1% (32), y se registró en el 25% (15) de las observaciones. La especie *Porzana carolina* representó menos del 1% de la abundancia de su grupo con solo tres individuos observados en tres diferentes semanas durante todo el año.

La especie *F. americana* fue observada de la última semana de enero a la tercera semana de junio 2008 y de la primera semana de octubre 2008 a la segunda semana de abril de 2009 (Figura 15; anexo III).



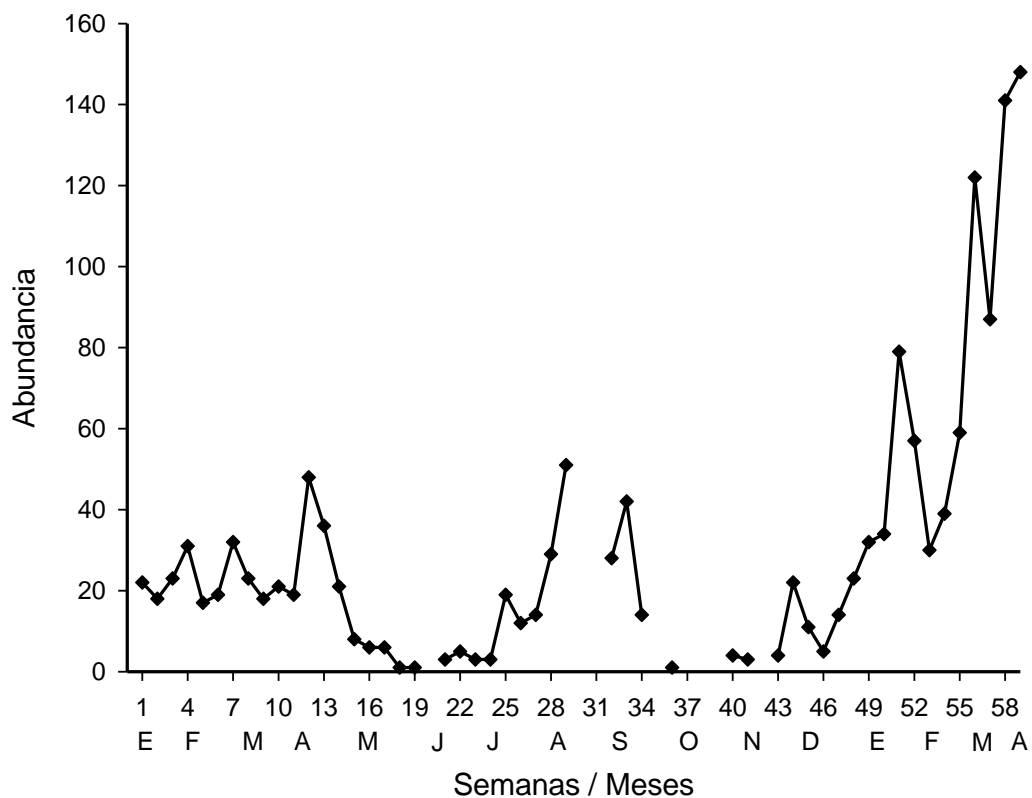
**Figura 15.** Variación estacional y abundancia del conjunto de especies presentes en el grupo funcional Gallareta y Afines (representado en un 99% por la especie *F. americana*) en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

#### **7.3.4. Vadeadores Pequeños**

Este grupo funcional estuvo conformado por 15 especies, 13 migratorias y dos residentes (Tabla 1) y representó el 11% (1,508 individuos) del total de aves acuáticas. La especie *Himantopus mexicanus* fue la más abundante 46% (699) y frecuente del grupo 70% (41), seguida de *Limnodromus* sp., que representó el 31% (463) de la abundancia y se observó en el 39% (23) de las observaciones. Las especies menos abundantes fueron *Calidris minutilla*, *Numenius phaeopus*, *Phalaropus tricolor*, *Tringa melanoleuca*, *Calidris* sp. y *Limosa fedoa*, cada una con menos del 1% (11) de abundancia. Las especies *Phalaropus tricolor*,

*Limnodromus scolopaceus* y *Calidris* sp., fueron registradas solo durante una observación.

Este grupo funcional estuvo compuesto por una mezcla de especies migratorias y residentes, dando como resultado que los individuos de este grupo funcional fueran registrados a lo largo de todo el ciclo anual de observaciones. Hubo mayores abundancias de la última semana de enero a la segunda semana de mayo 2008, con unos incrementos durante algunas semanas de los meses de agosto, septiembre y noviembre 2008 a la segunda semana de abril 2009 (Figura 16; anexo III).



**Figura 16.** Variación estacional y abundancia del conjunto de especies presentes en el grupo funcional Vadeadores Pequeños en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

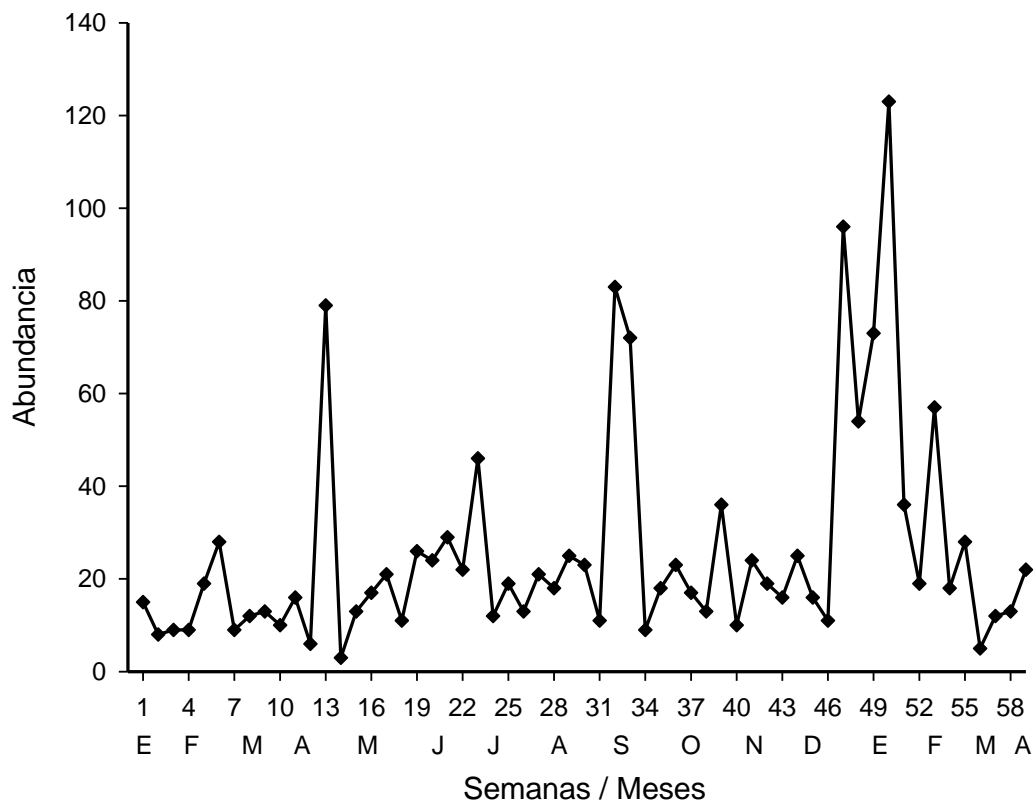
### **7.3.5. Vadeadores Grandes**

Este grupo funcional se compuso por 14 especies, una migratoria y 13 residentes (Tabla 1) y representó el 11% (1,535 individuos) del total de aves acuáticas. La especie más abundante del grupo fue *Egretta thula* 31% (481), seguida por *Ardea alba* que representó el 14% (215) de la abundancia y fue la especie más frecuente 92% (54) de su grupo y de todas las especies del Estero del Yugo en conjunto. Las especies *Bubulcus ibis*, *Egretta caerulea*, *Nycticorax nycticorax* y *Platalea ajaja* fueron especies que representaron el 1% de abundancia de manera individual.

Las especies *Butorides virescens* 90% (53) y *Egretta thula* 85% (50) fueron frecuentemente observadas. Las especies menos frecuentes fueron: *Bubulcus ibis* y *Platalea ajaja* con el 12% y 17% respectivamente. La especie *Egretta rufescens*, solo se registró en una ocasión con un solo individuo.

Las especies de este grupo funcional fueron observadas en el estero a lo largo de todo el ciclo anual, con variaciones en términos de abundancia (Figura 17; anexo III).





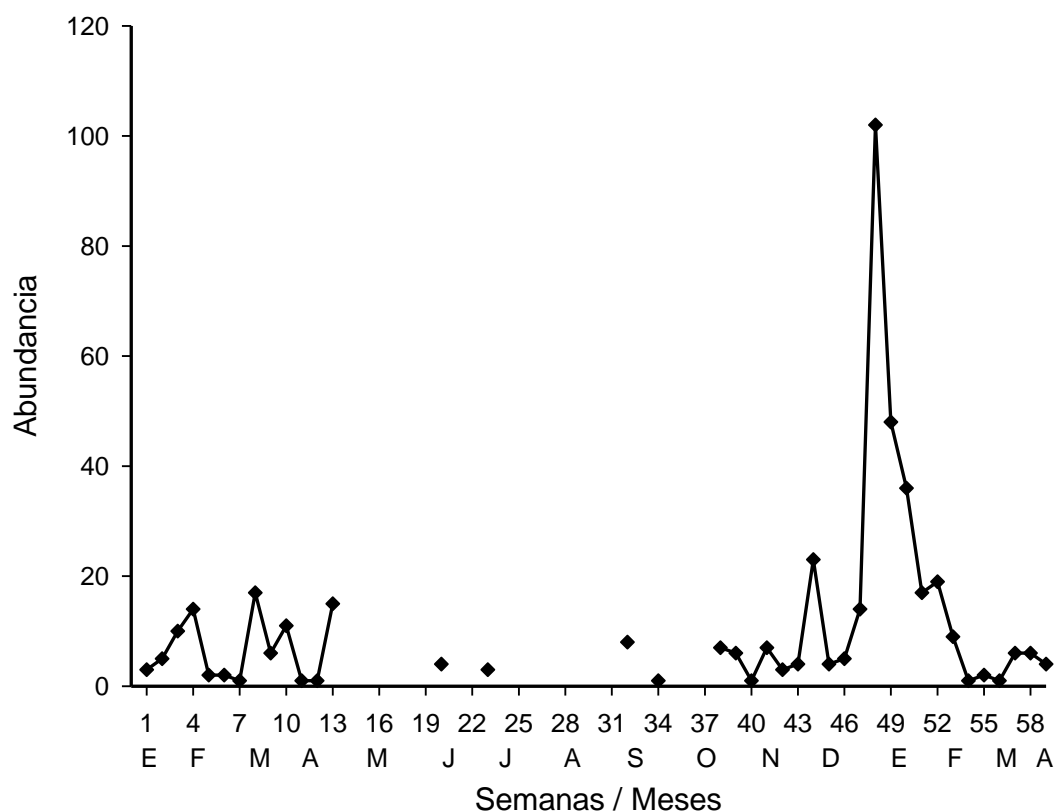
**Figura 17.** Variación estacional y abundancia del conjunto de especies presentes en el grupo funcional Vadeadores Grandes en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

### 7.3.6. Otros

Este grupo funcional estuvo compuesto por 11 especies, cinco migratorias y seis residentes (Tabla 1) y representó el 3% (429 individuos) del total de aves acuáticas. La especie más abundante 36% (140) y más frecuente 46% (27), fue *Fregata magnificens*, seguida en abundancia por *Larus atricilla* con el 29% (114), *L. philadelphia* con el 16% (61), *Pelecanus occidentalis* con el 12% (51), *Megaceryle alcyon* 6% (27) y *Pandion haliaetus* 3% (12). Las especies *Sternula antillarum*, *Hydroprogne caspia*, *L. delawarensis* y *Chloroceryle americana* representaron cada una menos del

1% (5) de su grupo, siendo registradas en dos ocasiones, con excepción de *S. antillarum*, con solo 1 registró.

En general, las especies del grupo funcional de Otros fueron observadas ocasionalmente y no presentaron estacionalidad, aunque cabe mencionar que en el caso de las gaviotas *Larus atricilla* y *Larus philadelphia* fueron abundantes durante enero 2009. (Figura 18; anexo III).



**Figura 18.** Variación estacional y abundancia del conjunto de especies presentes en el grupo funcional Otros en el Estero del Yugo durante el período de estudio comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

A continuación se presenta el patrón de abundancia y la composición estacional por grupo funcional observados en cada laguna a lo largo del ciclo anual de observaciones.

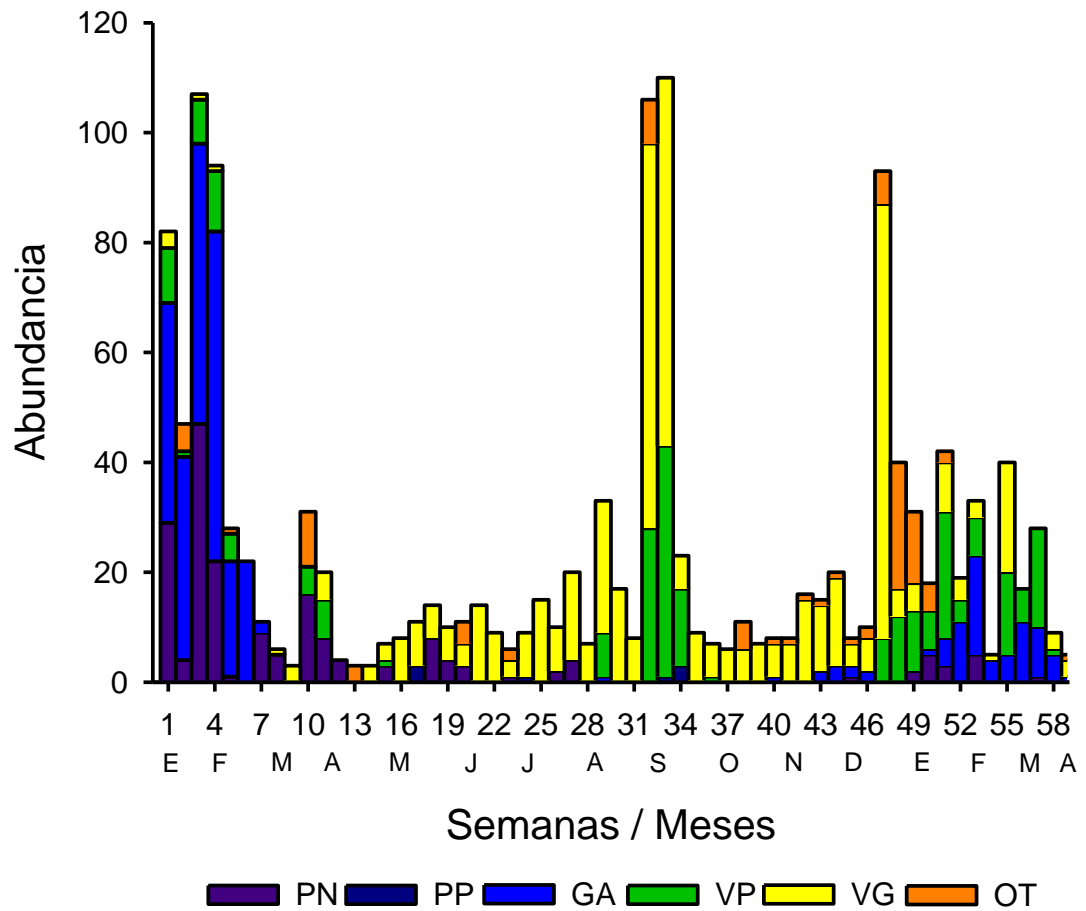
### **Laguna Sur**

La abundancia máxima en esta laguna fue de 110 individuos para la semana 33 (septiembre), y un mínimo de 3 para las semanas 9, 13 y 14 (marzo, abril y mayo 2008).

Se presentaron variaciones estacionales con respecto a la abundancia promedio registrada en cada mes (anexo IV). Durante la última semana de enero 2008 y el mes de febrero se registró una abundancia promedio de 72 aves. A partir del mes de marzo y los cinco meses siguientes, este valor disminuyó considerablemente y se mantuvo constante con una abundancia promedio de 13 aves por mes, lo que representó una disminución de poco más del 80%. En el mes de septiembre se presentó un incremento considerable llegando a registrar una abundancia promedio de 62 aves. En contraste, para el mes de octubre, se registró una de las abundancias promedio más bajas (8 aves). Un incremento mínimo se observó para noviembre en donde la abundancia promedio fue de 11 aves. Durante los meses de diciembre 2008 y enero 2009 el incremento fue más notable con una abundancia promedio de 29 y 33 aves respectivamente, con una ligera disminución para febrero (19 aves) y un nuevo incremento en marzo (28 aves). Por último, la abundancia promedio registrada durante las dos primeras semanas de abril fue de 7 aves.

La comunidad de aves en esta laguna estuvo caracterizada por la presencia del grupo funcional de Vadeadores Grandes, siendo el más abundante durante la mayor parte del año (34 semanas). Este grupo funcional estuvo seguido por el grupo funcional de Gallaretas y Afines. En esta laguna se observó que a lo largo del ciclo anual, cada uno de los grupos funcionales fue el más abundante durante alguna semana, con excepción del grupo funcional de Patos de Percha. Sin embargo, no se observó ningún

patrón estacional relacionado con la abundancia y/o la composición registrada dentro de esta laguna (Figura 19).



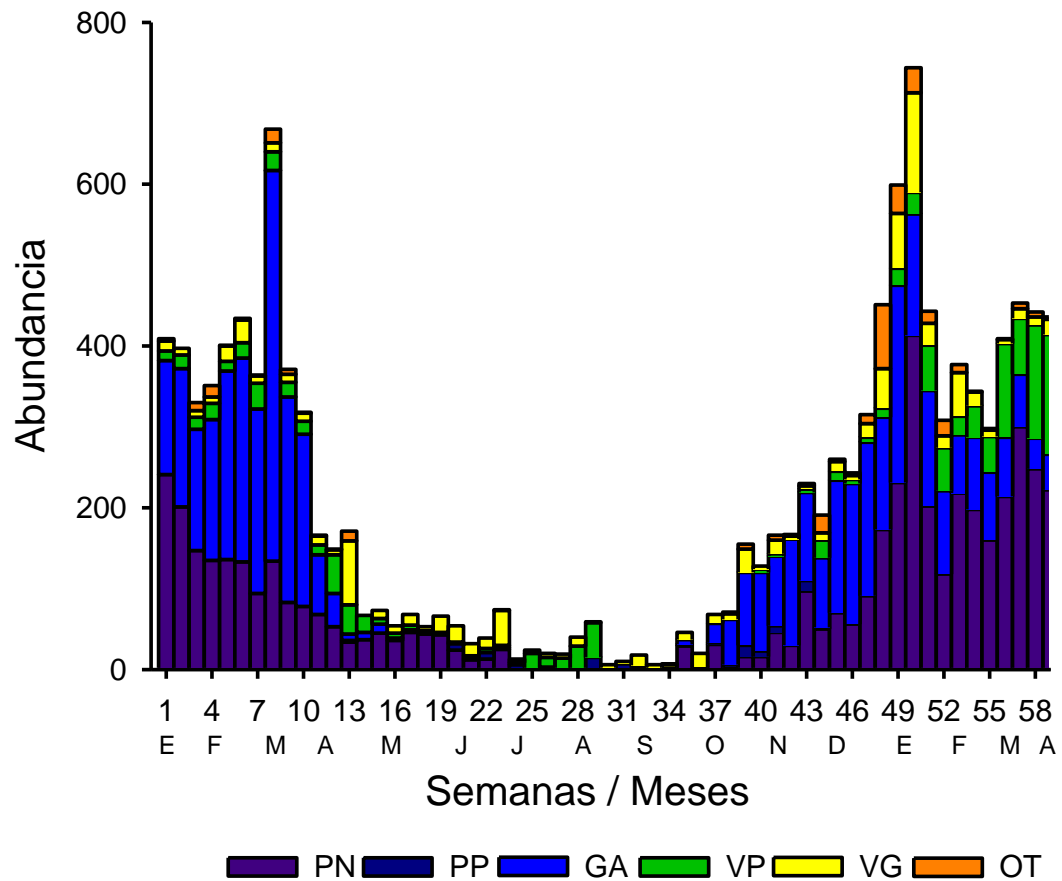
**Figura 19.** Composición estacional de los grupos funcionales durante un ciclo anual en la laguna sur. PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros.

## Laguna Norte

La abundancia de aves acuáticas registrada para esta laguna fue mayor durante todo el periodo de estudio con respecto a la observada en la laguna sur (anexo IV). El máximo de aves registrado para esta laguna fue de 744 individuos en la semana 50 (enero) y el mínimo de seis durante las semanas 30 y 33 (agosto y septiembre 2008).

Se presentaron variaciones estacionales con respecto a la abundancia. Durante la última semana de enero y el mes de febrero 2008, se registró una abundancia promedio de 378 aves. Ésta mostró un ligero incremento del 22% durante el mes de marzo, pero disminuyó en un 47% en el mes de abril. A partir de mayo y los tres siguientes meses, hubo una considerable disminución de más del 80%, con una abundancia promedio de 44 aves. En el mes de septiembre se observó el promedio más bajo registrado durante todo el ciclo anual con 10 aves. A partir de octubre, se observó un considerable incremento en la abundancia promedio de aves con 72. Durante los meses de noviembre y diciembre la abundancia promedio fue de 154 y 248, respectivamente. Para el mes de enero 2009 se registró la abundancia promedio más alta de todo el periodo con 559 aves. Después de este incremento, la abundancia promedio disminuyó y se mantuvo constante durante los meses de febrero y marzo con 343 y 387, respectivamente. Por último, la abundancia promedio registrada en las dos semanas de abril fue de 439 aves.

La comunidad en esta laguna estuvo definida por la presencia de los grupos funcionales de Patos y Nadadores y Gallaretas y Afines. Para ambos grupos se observó un patrón estacional, con máximas abundancias durante el periodo comprendido entre enero y abril, disminuyendo de mayo a septiembre e incrementándose de nuevo a partir de octubre. El resto de los grupos funcionales estuvieron pobremente representados (Figura 20).



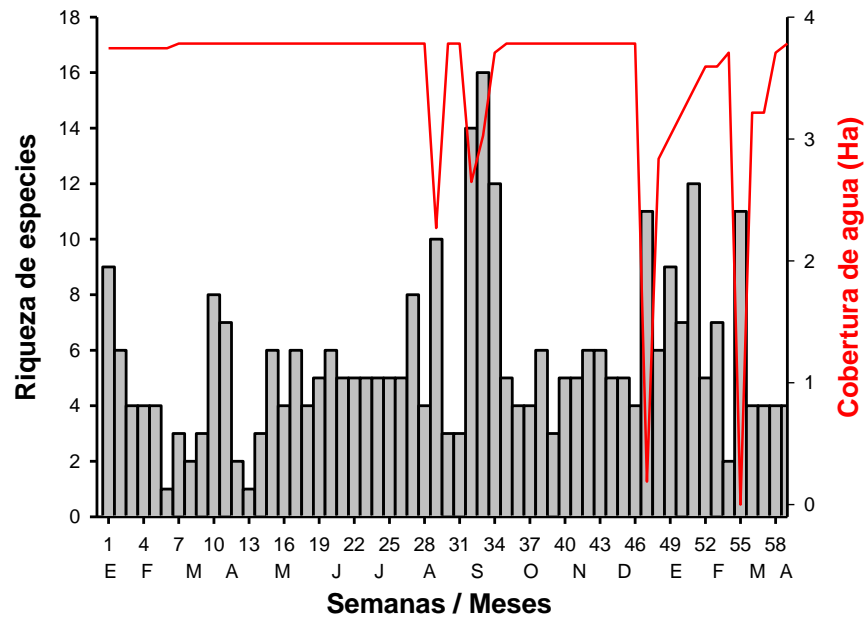
**Figura 20.** Composición estacional de los grupos funcionales de aves acuáticas durante un ciclo anual en la laguna norte. PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros.

## **7.4. Relación riqueza y abundancia con la cobertura de agua**

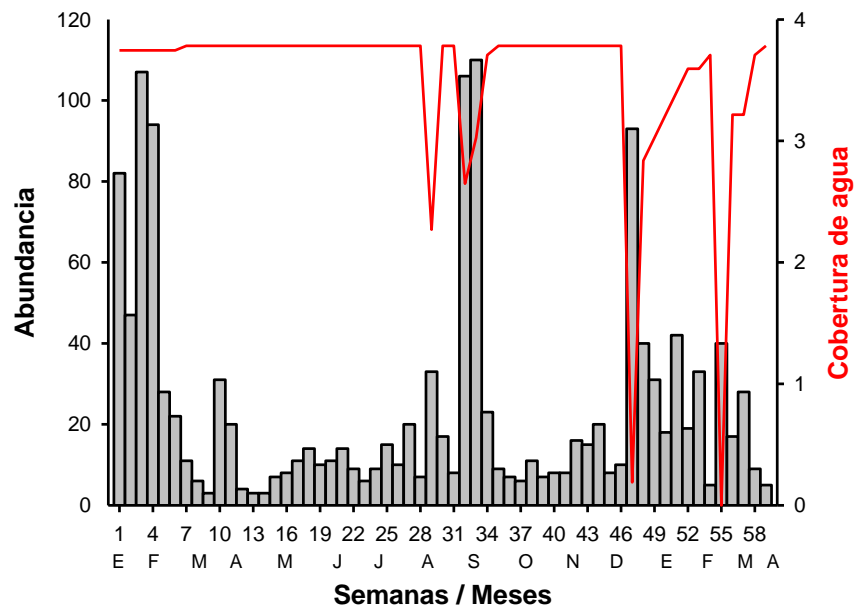
### **7.4.1. Laguna Sur**

Para determinar si la riqueza de especies y abundancia de aves se encontraba relacionada con la cobertura del espejo de agua, se aplicó una Prueba de Rangos de Correlación de Spearman. Al relacionar los datos de cobertura del espejo de agua con la riqueza de especies y con la abundancia, se obtuvo una correlación significativa negativa en ambos casos ( $r_{s,59} = -0.417$ ,  $P = 0.001$ ) y ( $r_{s,59} = -0.693$ ,  $P < 0.001$ ), siendo más fuerte la relación entre abundancia y cobertura. Esto indica que existe una relación inversa entre estas dos variables y la tendencia es que mientras una disminuye, la otra aumenta (Figura 21).

a)



b)



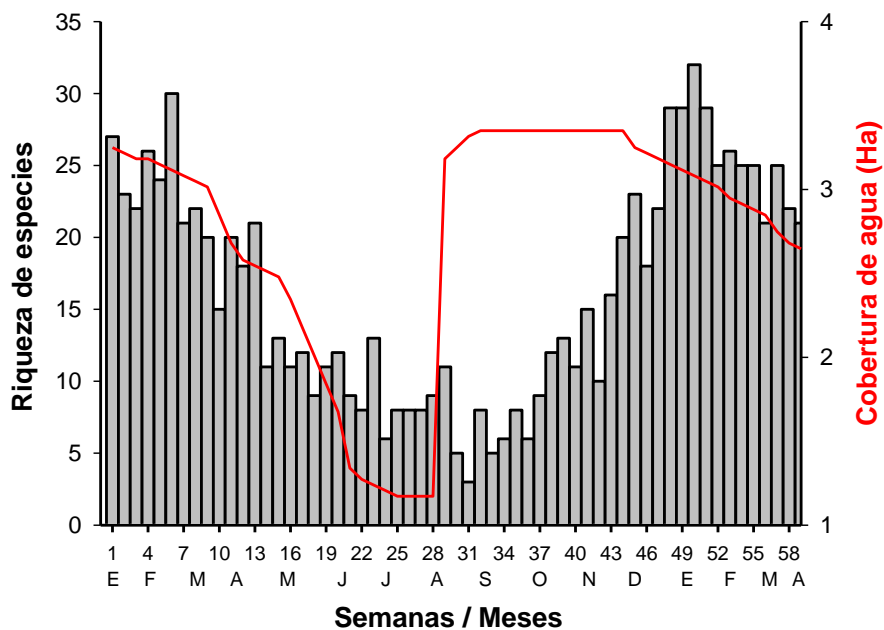
**Figura 21.** Relación semanal entre la riqueza de especies (a) y abundancia de aves acuáticas (b) con la cobertura de agua para la laguna sur en el Estero del Yugo durante el período comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.



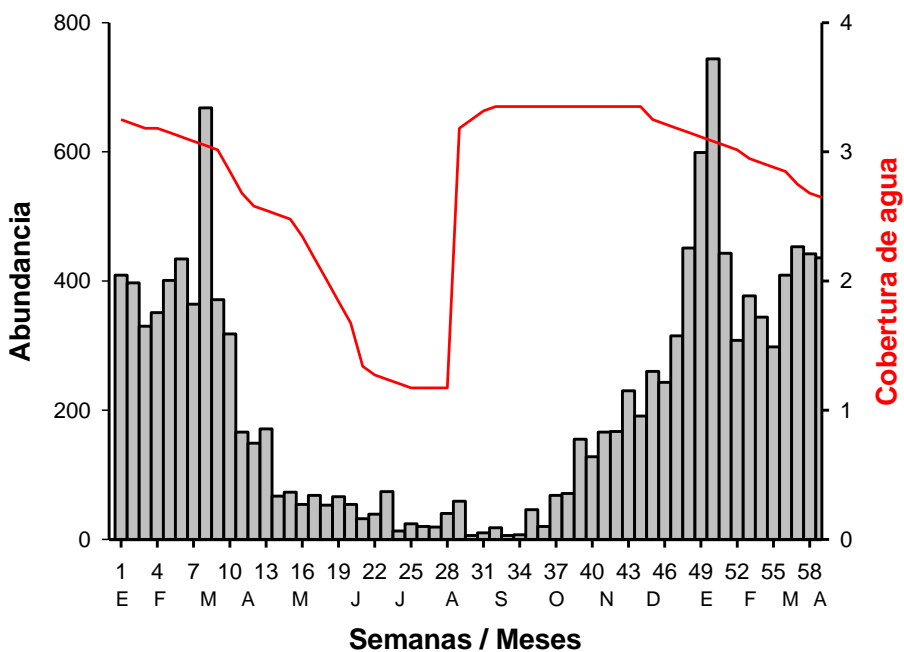
#### **7.4.2. Laguna Norte**

Al relacionar la cobertura del espejo de agua con la riqueza y la abundancia, no se encontró relación significativa entre ninguna de las dos variables dentro de esta laguna ( $r_{s,59} = 0.04$ ,  $P > 0.050$ ) y ( $r_{s,59} = 0.08$ ,  $P > 0.050$ ) (Figura 22). Se observó que el patrón de abundancia es independiente del régimen de la cobertura de agua, sin embargo se observó cierta tendencia a que durante algunos meses de menor cobertura de agua, se observó una menor abundancia, época que también coincide con la ausencia de especies migratorias.

a)



b)



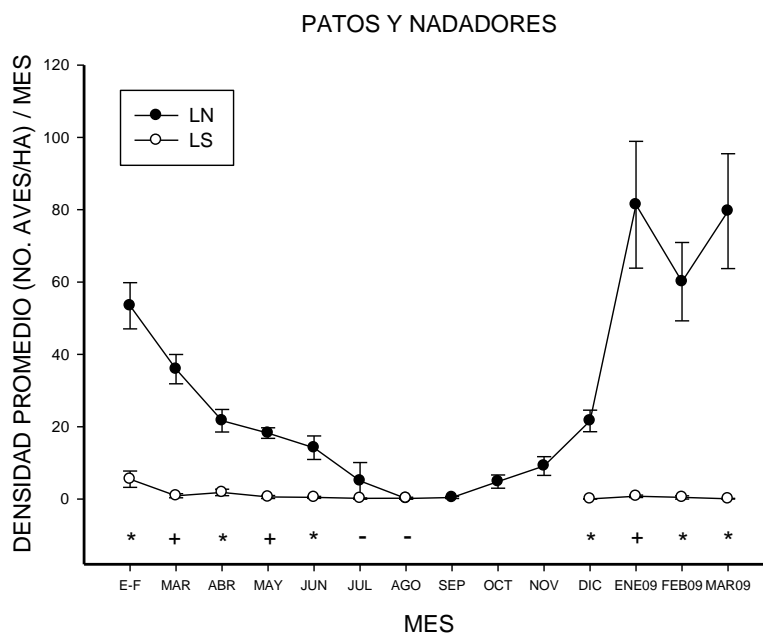
**Figura 22.** Relación semanal entre la riqueza de especies (a) y abundancia de aves acuáticas (b) con la cobertura de agua para la laguna norte en el Estero del Yugo durante el período comprendido entre la última semana de enero 2008 y la segunda semana de abril 2009.

## 7.5. Densidad por Grupo Funcional entre Lagunas

Se comparó la densidad (número de aves acuáticas/ha) para cada grupo funcional entre la laguna sur y la laguna norte. En general, la media y la mediana de la densidad mensual estimada para la laguna norte resultó ser significativamente mayor ( $P < 0.05$ ), que la registrada en la laguna sur para todos los grupos funcionales durante todos los meses en los que hubo comparación. A continuación se presentan los resultados por grupo funcional.

### 7.5.1. Patos y Nadadores

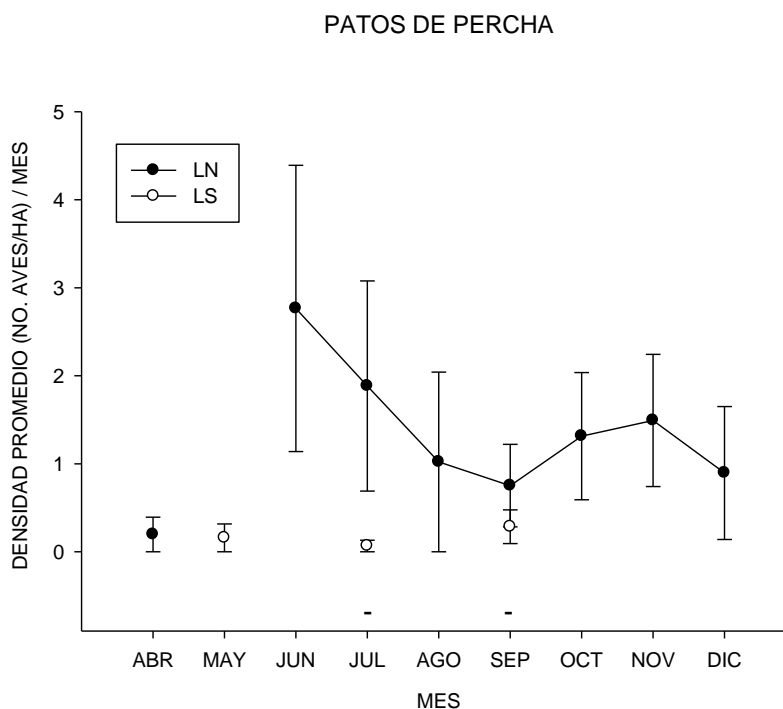
Durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2008, este grupo funcional solo estuvo presente en la laguna norte. Para el resto de los meses, este grupo funcional fue observado al menos en una ocasión en cada una de las lagunas. Los meses en los cuales hubo diferencias significativas en la densidad entre lagunas para este grupo funcional fueron: enero-febrero 2008 ( $t_8=7.08$ ,  $P < 0.001$ ), marzo ( $U_{4,4}=26$ ,  $P=0.029$ ), abril ( $t_6=6.10$ ,  $P < 0.001$ ), mayo ( $U_{5,5}=40$ ,  $P=0.008$ ), junio ( $t_6=4.21$ ,  $P=0.006$ ) y diciembre ( $t_8=7.25$ ,  $P < 0.001$ ). Para el 2009, hubo diferencias significativas con relación al uso de las lagunas durante todos los meses: enero ( $U_{4,4}=26$ ,  $P=0.029$ ), febrero ( $t_4=5.51$ ,  $P=0.005$ ) y marzo ( $t_4=5.00$ ,  $P=0.007$ ). No hubo diferencias significativas entre las densidades de los meses de julio ( $U_{4,4}=17$ ,  $P=0.886$ ) y agosto ( $U_{4,4}=17.5$ ,  $P=0.886$ ) (Figura 23).



**Figura 23.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Patos y Nadadores para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. En los meses que están marcados con (\*) existe una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el promedio de la densidad entre lagunas, mientras que los que están marcados con (+) muestran una diferencia entre las medianas. No se observaron diferencias significativas en los meses marcados con (-). Las líneas representan el error estándar para cada valor.

### **7.5.2. Patos de Percha**

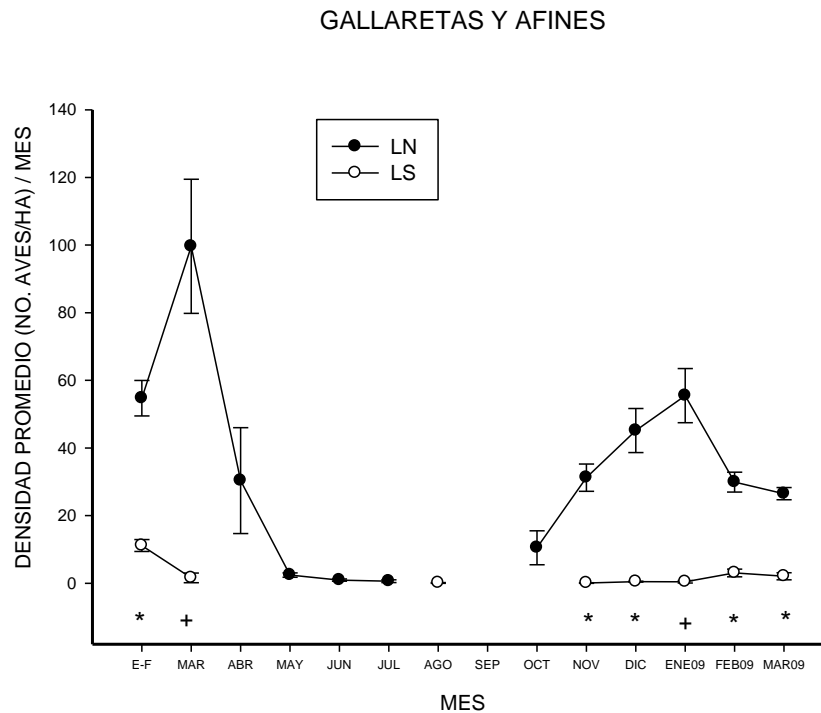
Este grupo funcional fue observado en ambas lagunas solo durante los meses de julio ( $U_{4,4}=21, P=0.48$ ) y septiembre ( $t_6=0.92, P=0.393$ ), no existiendo diferencias significativas entre lagunas. Este grupo funcional no fue registrado en ninguna de las lagunas durante los meses de enero, febrero y marzo de 2008 y 2009, mientras que para los meses de abril, mayo, junio, agosto, octubre, noviembre y diciembre de 2008 estuvo presente en solo en una de las lagunas (Figura 24).



**Figura 24.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Patos de Percha para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. Solo estuvieron presentes en ambas lagunas en los meses de julio y septiembre sin presentar diferencias significativas. Las líneas representan el error estándar para cada valor.

### **7.5.3. Gallaretas y Afines**

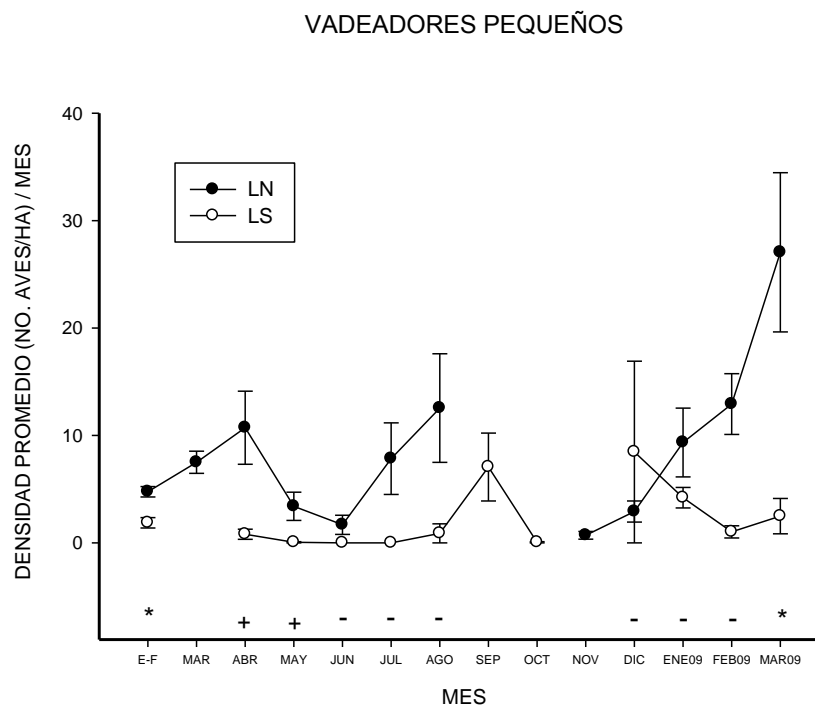
Este grupo funcional presentó diferencias significativas en la densidad entre lagunas para todos los meses en los que hubo comparaciones: enero-febrero 2008 ( $t_8=7.86, P<0.001$ ), marzo ( $U_{4,4}=26, P=0.02$ ), noviembre ( $t_4=7.70, P=0.002$ ), diciembre ( $t_8=6.85, P<0.001$ ), enero 2009 ( $U_{4,4}=26, P=0.02$ ), febrero ( $t_4=8.51, P=0.001$ ) y marzo ( $t_4=11.69, P<0.001$ ). Durante el resto del periodo (abril a octubre), este grupo funcional se observó solo en alguna de las lagunas o estuvo ausente en ambas (Figura 25).



**Figura 25.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Gallaretas y Afines para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. En los meses que están marcados con (\*) existe una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el promedio de la densidad entre lagunas, mientras que los que están marcados con (+) muestran una diferencia entre las medianas. Las líneas representan el error estándar para cada valor.

#### **7.5.4. Vadeadores Pequeños**

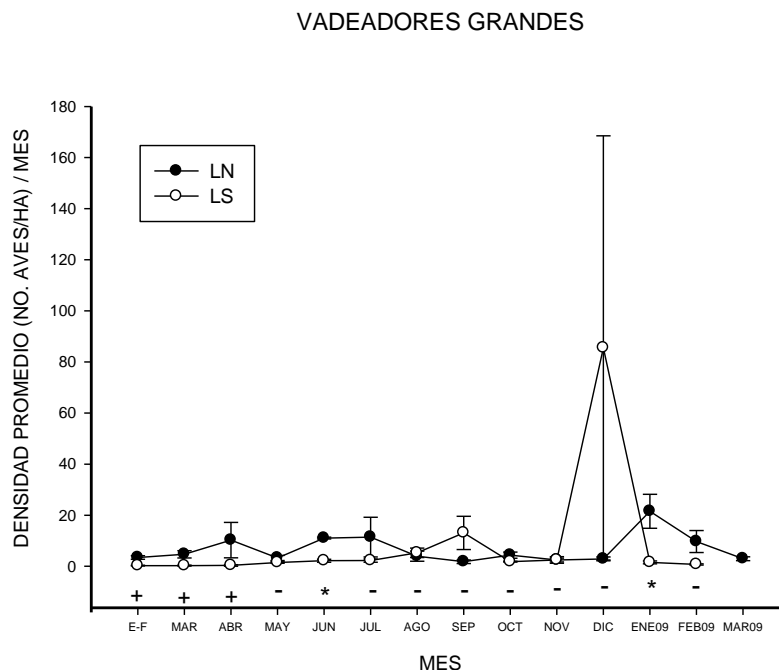
En este grupo funcional hubo diferencias significativas en su densidad para los meses de: enero-febrero ( $t_8=4.22$ ,  $P=0.003$ ), abril ( $U_{4,4}=26$ ,  $P=0.029$ ) y mayo de 2008 ( $U_{5,5}=40$ ,  $P=0.008$ ) y en marzo de 2009 ( $t_4=3.23$ ,  $P=0.032$ ). En los meses de junio, julio, agosto y diciembre de 2008 y enero y febrero de 2009, no se observaron diferencias significativas, mientras que para los meses de marzo, septiembre, octubre y noviembre de 2008, este grupo funcional solo se observó en una laguna (Figura 26).



**Figura 26.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Vadeadores Pequeños para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. En los meses que están marcados con (\*) existe una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el promedio de la densidad entre lagunas, mientras que los que están marcados con (+) muestran una diferencia entre las medianas. No se observaron diferencias significativas en los meses marcados con (-). Las líneas representan el error estándar para cada valor.

### 7.5.5. Vadeadores Grandes

Este grupo funcional estuvo presente en ambas lagunas durante todo el ciclo anual, con excepción del mes de marzo 2009, no mostrando diferencias significativas durante la mayor parte de los meses. Los meses en los que hubo diferencias significativas en la densidad de las lagunas fueron: enero-febrero 2008 ( $U_{5,5}=40, P=0.008$ ), marzo ( $U_{4,4}=26, P=0.029$ ), abril ( $U_{4,4}=26, P=0.029$ ), junio ( $t_6=13.07, P < 0.001$ ) y enero 2009 ( $t_6=2.99, P=0.02$ ) (Figura 27).

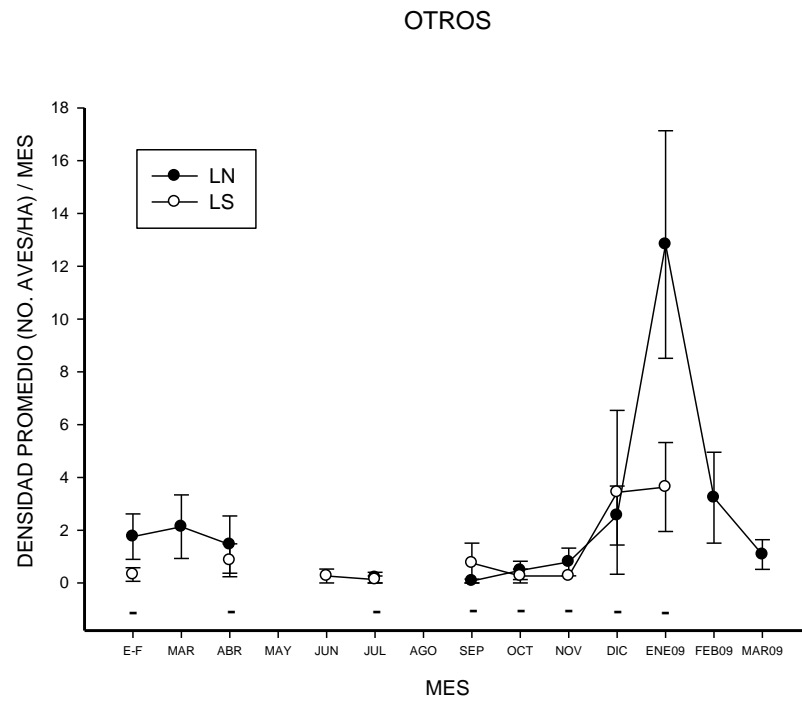


**Figura 27.** Densidad promedio mensual del grupo funcional Vadeadores Grandes para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. En los meses que están marcados con (\*) existe una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el promedio de la densidad entre lagunas, mientras que los que están marcados con (+) muestran una diferencia entre las medianas. No se observaron diferencias significativas en los meses marcados con (-). Las líneas representan el error estándar para cada valor.

### **7.5.6. Otros**

La densidad de este grupo funcional no mostró diferencias significativas entre lagunas durante ninguno de los meses. Estuvo representado en ambas lagunas durante los meses de enero-febrero 2008, abril, julio, septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero 2009 (Figura 28).





**Figura 28.** Densidad promedio mensual del grupo funcional de Otros para cada laguna del Estero del Yugo durante el ciclo anual 2008-2009. No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para ningún mes (-).

## 7.6. Distribución y Uso de Hábitat por Grupo Funcional

### 7.6.1. Distribución por Grupo Funcional

A continuación se presentan los resultados obtenidos acerca de la distribución de la avifauna acuática registrada durante el periodo de observaciones. Se calculó el número total de individuos por grupo funcional para cada semana y se graficó la distribución semanal para los grupos más abundantes en cada laguna. Cabe mencionar que el total de individuos distribuidos en ambas lagunas (13,833) no coincidió con el número total de individuos observados (14,104), la diferencia (271) corresponde a los individuos que no fueron observados específicamente en ninguna de las áreas.

#### Distribución en la Laguna Sur

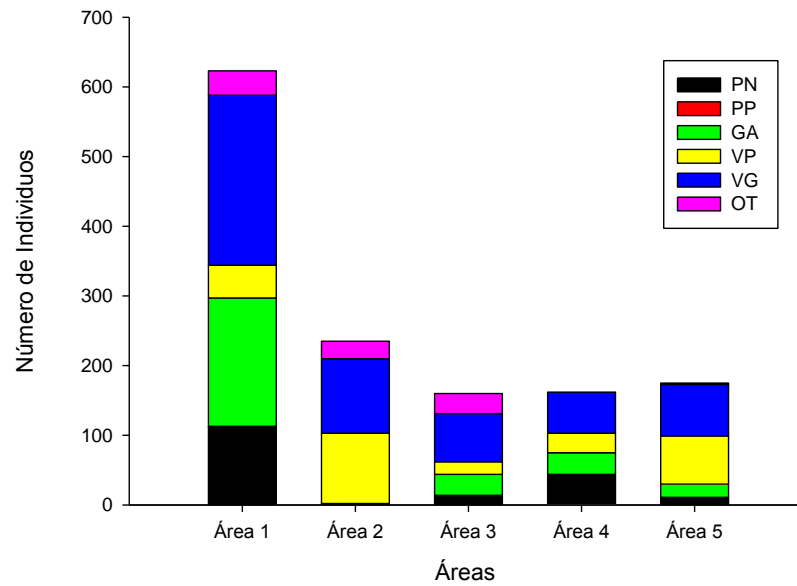
En esta laguna se encuentran las áreas 1 a la 5 y se registró un total de 1,355 individuos distribuidos en toda la laguna, siendo el grupo funcional de Vadeadores Grandes el más abundante. El área 1 fue la más visitada (Figura 29). La distribución de cada grupo funcional en cada área se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** Número total de individuos observados dentro de la laguna sur: por área y por grupo funcional: total para cada área (filas) y total para cada grupo funcional (columnas). PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros.

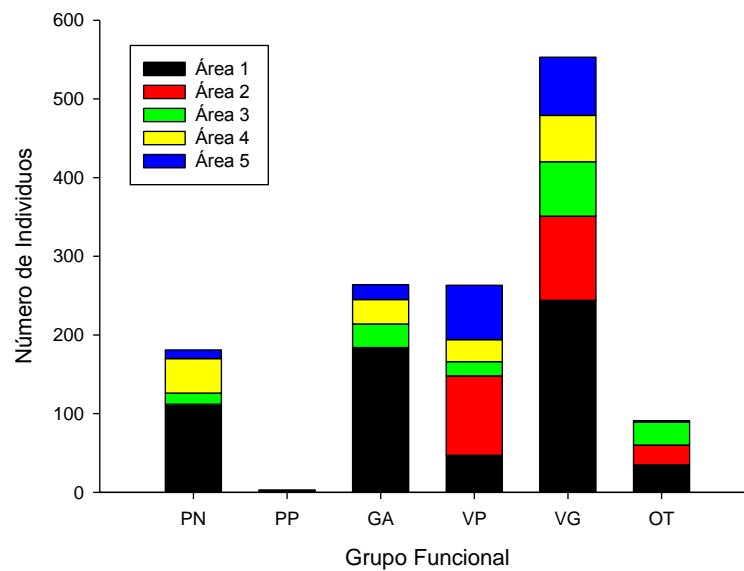
Área	PN	PP	GA	VP	VG	OT	Total
1	111	2	184	47	244	35	<b>623</b>
2	1	1	0	101	107	25	<b>235</b>
3	14	0	30	18	69	29	<b>160</b>
4	44	0	31	28	59	0	<b>162</b>
5	11	0	19	69	74	2	<b>175</b>
<b>Total</b>	<b>181</b>	<b>3</b>	<b>264</b>	<b>263</b>	<b>553</b>	<b>91</b>	<b>1 355</b>

En el área 1, los grupos funcionales más abundantes fueron Vadeadores Grandes y Gallaretas y Afines, siendo esta área el sitio donde se observó el mayor número de individuos dentro de toda esta laguna. Para el área 2, los grupos funcionales de Vadeadores Grandes y Vadeadores Pequeños fueron los más abundantes. Para las áreas 3 y 4, el grupo funcional más comúnmente registrado fue el de Vadeadores Grandes. Por último, el área 5 la compartieron los grupos funcionales de Vadeadores Grandes y Vadeadores Pequeños (Figura 29).

a)

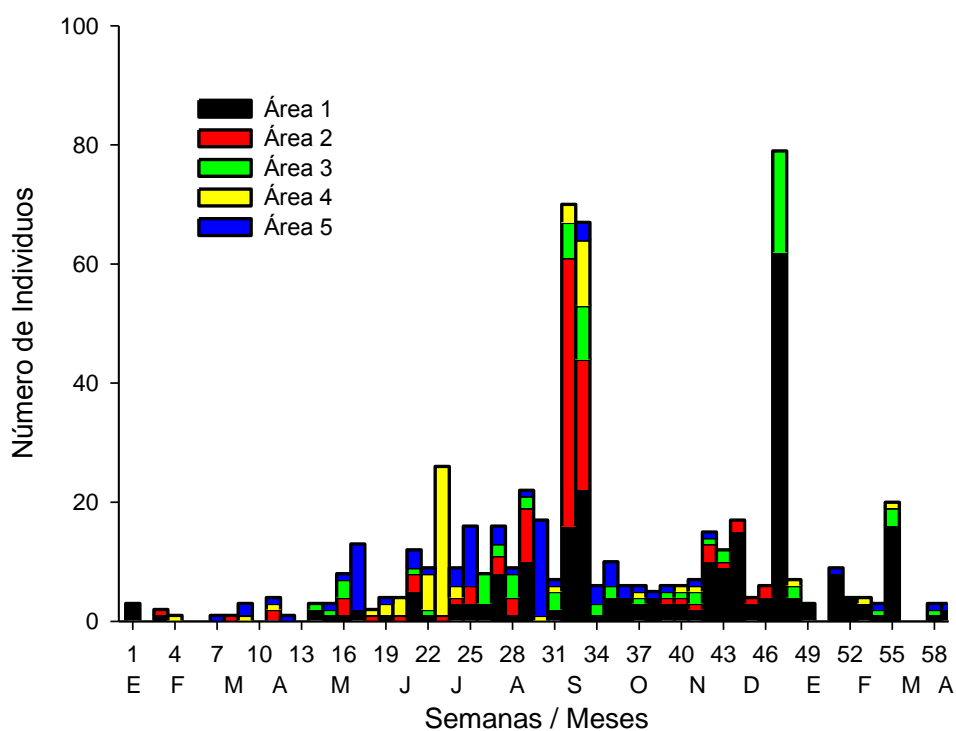


b)



**Figura 29.** Presencia de los grupos funcionales dentro de la laguna sur en cada área (a) y composición por áreas para cada grupo funcional (b). PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros.

El grupo funcional con un mayor número de individuos registrado en la laguna sur fue el de Vadeadores Grandes. Se observó principalmente en las áreas 1 y 2. Los notables incrementos que se presentaron durante las semanas 32, 33 y 47 estuvieron asociados con una disminución en la cobertura de agua y por lo tanto con la presencia de una planicie lodosa expuesta. No se presentó un patrón estacional en la distribución de este grupo funcional dentro en esta laguna, sino que más bien se observaron fluctuaciones semanales en el número de individuos y en el área que utilizaron en cada semana (Figura 30).



**Figura 30.** Distribución semanal de los individuos dentro del grupo funcional de Vadeadores Grandes registrado en la laguna sur a lo largo del ciclo anual de observaciones

### Distribución en la Laguna Norte

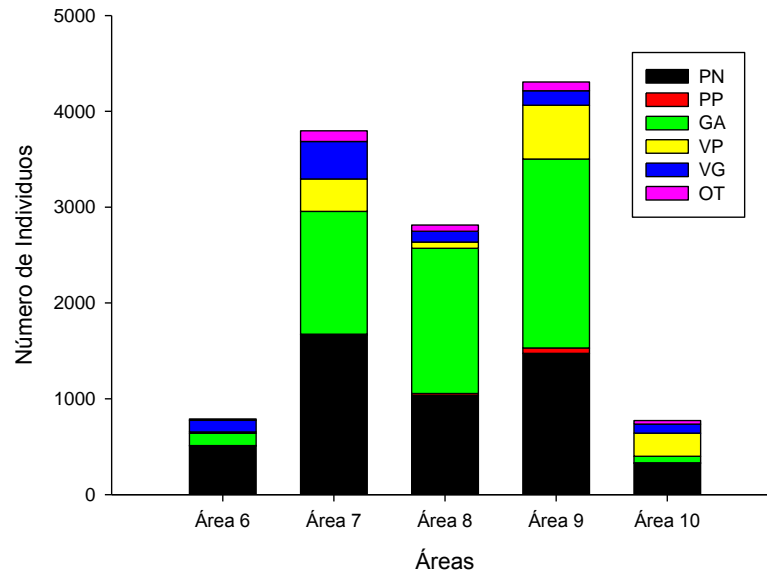
En esta laguna se ubican las área 6 a la 10 y se registró un total de 12,478 individuos distribuidos en toda la laguna, siendo los grupos funcionales de Patos y Nadadores y Gallaretas y Afines los más abundantes. El área 9 fue la más concurrida (Figura 31). La distribución de cada grupo funcional en cada área se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Número total de individuos observados dentro de la laguna norte: por área y por grupo funcional: total para cada área (filas) y total para cada grupo funcional (columnas). PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros.

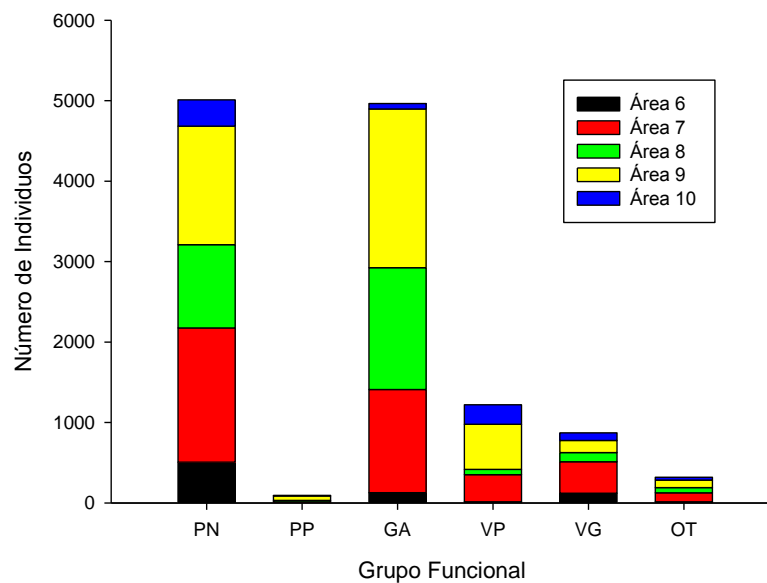
Área	PN	PP	GA	VP	VG	OT	Total
<b>6</b>	507	5	128	14	121	15	<b>790</b>
<b>7</b>	1668	7	1281	338	392	111	<b>3797</b>
<b>8</b>	1035	20	1515	65	113	65	<b>2813</b>
<b>9</b>	1474	56	1972	561	151	92	<b>4306</b>
<b>10</b>	326	6	68	242	94	36	<b>772</b>
<b>Total</b>	<b>5010</b>	<b>94</b>	<b>4964</b>	<b>1220</b>	<b>871</b>	<b>319</b>	<b>12 478</b>

Dentro del área 6, el grupo funcional más abundante fue el de Patos y Nadadores. El área 7 fue una de las más utilizadas dentro de esta laguna en donde constantemente se observó un conglomerado de aves de distintos grupos funcionales, siendo los más abundantes los Patos y Nadadores y Gallaretas y Afines. Para el área 8, los grupos funcionales más abundantes fueron Patos y Nadadores y Gallaretas y Afines. El área 9 al igual que en el área siete fue una parte de la laguna muy concurrida donde se pudo observar un conglomerado de aves pertenecientes a distintos grupos funcionales, siendo los más abundantes Gallaretas y Afines y Patos y Nadadores. Por último, en el área 10, los grupos funcionales más abundantes fueron Patos y Nadadores y Vadeadores Pequeños (Figura 31).

a)

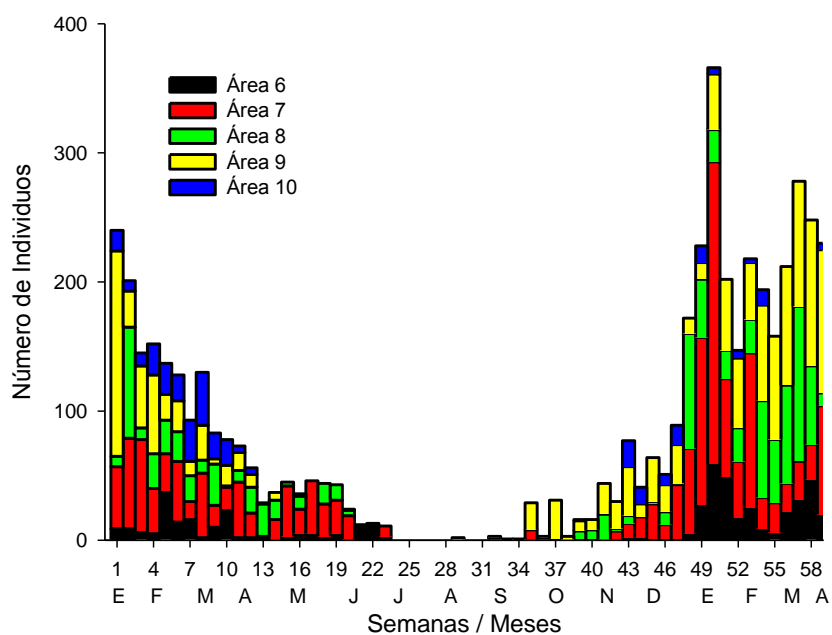


b)



**Figura 31.** Presencia de los grupos funcionales dentro de la laguna norte en cada área (a) y composición por áreas para cada grupo funcional (b). PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros.

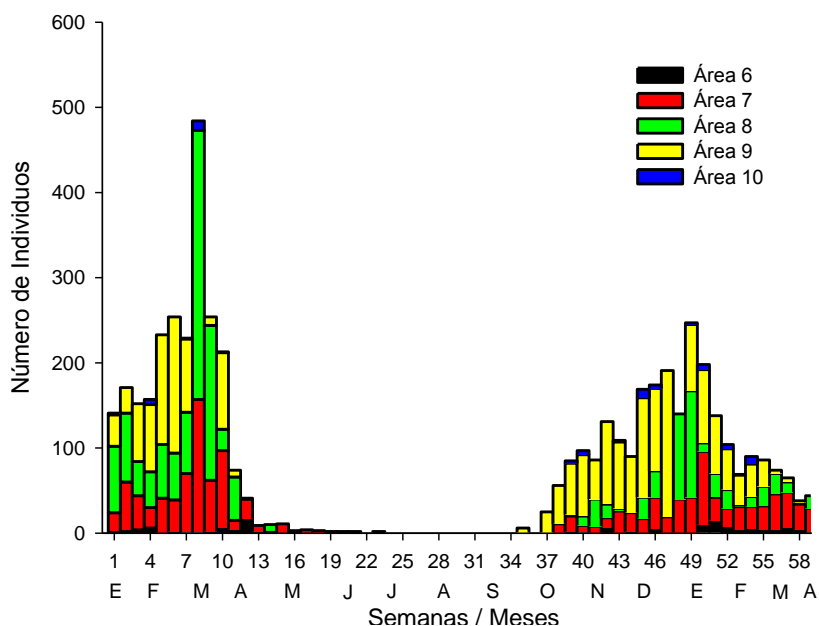
El grupo funcional más abundante dentro de esta laguna fue el de Patos y Nadadores, de los cuales una gran mayoría se distribuyó en las áreas 7, 8 y 9, siendo más abundantes en dentro de las áreas 7 y 9 (Figura 32).



**Figura 32.** Distribución semanal de los individuos dentro del grupo funcional de Patos y Nadadores registrado en la laguna norte a lo largo del ciclo anual de observaciones

El grupo funcional de Gallaretas y Afines se distribuyó en todas las áreas, pero fue observado principalmente en las áreas 7, 8 y 9, siendo más abundante dentro de las áreas 8 y 9. Se observó el mismo patrón estacional que el observado para el grupo funcional de Patos y Nadadores (Figura 33).





**Figura 33.** Distribución semanal de los individuos dentro del grupo funcional de Gallaretas y Afines registrado en la laguna norte a lo largo del ciclo anual de observaciones.

### **7.6.2. Uso de Hábitat por Grupo Funcional**

Se registró el uso de hábitat de acuerdo a la actividad realizada por grupo funcional en todo el estero en conjunto. Del total de individuos (14,104), el 75% (10,594) se encontró alimentándose, el 23% (3,239) descansando y el 2% (271) se observó volando. A continuación se presenta el total de individuos por grupo funcional. Solo se consideró a los individuos que estaban alimentándose y descansando, ya que fueron a los que se observó haciendo un uso directo del área.

#### **Patos y Nadadores**

A lo largo del periodo de observaciones, el 67% (3,483) de los individuos de este grupo funcional se encontraron alimentándose, mientras que el 33% (1,708) restante estuvo descansando (Figura 34). Al menos un representante de este grupo funcional estuvo presente en 54 de las 59 semanas de observación (Figura 10). Este grupo funcional se distribuyó

principalmente en las áreas 7, 8 y 9 (Tabla 3). Cabe mencionar que las condiciones observadas en estas áreas cumplen con las características que requieren las especies que conforman este grupo funcional para alimentarse.

### **Patos de Percha**

La actividad registrada para este grupo funcional fue muy similar ya que el 51% (49) de los individuos de este grupo funcional se observó alimentándose, mientras que el 49% (48) restante estuvo descansando (Figura 34). Al menos un individuo perteneciente a este grupo fue observado en 20 de las 59 semanas de observación (Figura 14). El grupo funcional de Patos de Percha fue el menos abundante, pero tuvo una actividad muy similar entre alimentación y descanso y se distribuyó principalmente en el área 9 (Tabla 3). En esta área se observó alimentándose en las zonas con agua somera y descansando en la parte donde se encuentra el mangle.

### **Gallaretas y Afines**

La mayor parte de los individuos de este grupo funcional utilizaron el estero como sitio de alimentación, 98% (5,113), mientras que solo el 2% (115) se observó descansando (Figura 34). Al menos un individuo perteneciente a este grupo funcional se observó durante 45 de las 59 semanas de observación (Figura 15). Este grupo funcional se distribuyó más abundantemente en las áreas 1, 7, 8 y 9 (Tablas 2 y 3). Estas áreas mantienen un espejo de agua durante el periodo en que este grupo funcional está presente en el estero. El comportamiento de alimentación de la principal especie de este grupo funcional, *Fulica americana*, es muy similar al de los patos, por lo que al igual que los Patos y Nadadores, puede obtener su alimento fácilmente en estas áreas.

### **Vadeadores Pequeños**

El 74% (1,092) de los individuos de este grupo funcional se observó alimentándose, mientras que el 26% (391) restante se observó descansando (Figura 34). Al menos un individuo de este grupo funcional fue observado durante 50 de las 59 semanas de observación (Figura 16). Se distribuyó principalmente en las áreas 2 y 9 (Tablas 2 y 3). En estas áreas, se pudo observar una disminución en la cobertura del espejo de agua, llegando incluso a permanecer descubiertas durante algunas semanas, quedando el sedimento expuesto. Estas condiciones favorecieron a los integrantes de este grupo funcional, principalmente especies de pequeño tamaño, para utilizar estas áreas como sitio de alimentación.

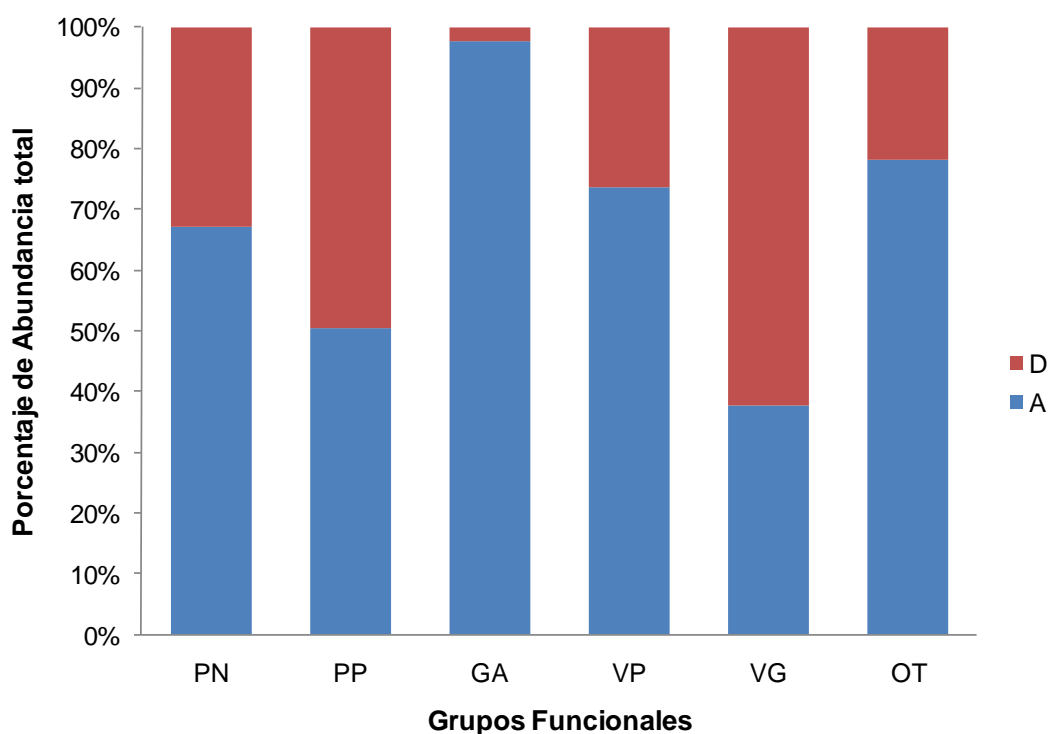
### **Vadeadores Grandes**

El 38% (537) de los individuos de este grupo funcional se observó alimentándose, mientras que el 62% (887) restante se observó descansando (Figura 34). Al menos un individuo de este grupo funcional fue registrado durante todo el período de observaciones (Figura 17). Se distribuyó principalmente en las áreas 2 y 7 (Tablas 2 y 3). Los individuos observados en el área 2 (laguna sur) se encontraban principalmente alimentándose pero solamente durante las semanas en las que disminuyó la cobertura del espejo de agua o estuvo el sedimento expuesto, mientras que los del área 7 (laguna norte) estuvieron descansando en el mangle que rodea esta parte de la laguna.

### **Otros**

El 78% (320) de los individuos de este grupo funcional se observó alimentándose, mientras que el 22% (90) restante se observó descansando (Figura 34). Al menos un individuo de este grupo funcional fue registrado durante 37 de las 59 semanas de observación (Figura 18). Se distribuyó principalmente en las áreas 1 y 7 (Tablas 2 y 3). Cabe mencionar que estas áreas presentaron distintas condiciones a lo largo del año, siendo el área 1 (laguna sur) un área que durante algunas semanas se observó totalmente

llena de agua mientras que en otras estuvo vacía. En cambio las condiciones del área 7 (laguna norte) no cambiaron tan drásticamente a lo largo del año. Al igual que la mayoría de los grupos funcionales, las especies de este grupo funcional utilizaron el estero como sitio de alimentación, a pesar de que fue un grupo misceláneo, donde la mayoría de las especies que lo conforman tienen distintos hábitos alimenticios.



**Figura 34.** Porcentaje del total de individuos por grupo funcional y su actividad registrada durante todo el ciclo anual de observaciones en el conjunto de ambas lagunas. PN= Patos y Nadadores, PP= Patos de Percha, GA= Gallaretas y Afines, VP= Vadeadores Pequeños, VG= Vadeadores Grandes y OT= Otros. Actividad: A = Alimentándose y D = Descansando.

## 7.7. Comparación de la Comunidad de Aves Acuáticas entre los periodos 1997-1998 y 2008-2009.

### 7.7.1. Riqueza, Dominancia, Diversidad y Equitatividad.

Los valores de los índices ecológicos Riqueza de Especies (S), Inverso del índice de Simpson (D), Índice de Shannon-Wiener (H') y Equitatividad de Pielou (J') estimados para cada laguna en cada temporada durante ambos periodos, se observan en la Tabla 4.

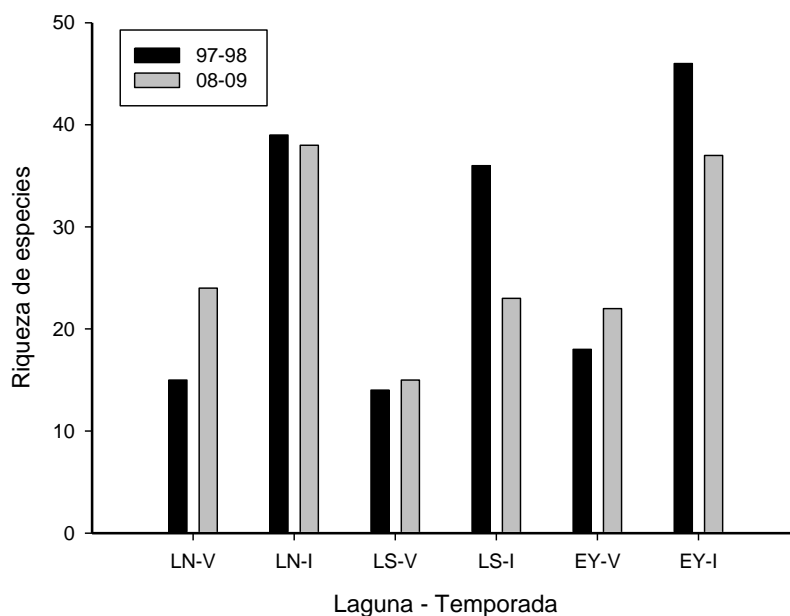
**Tabla 4.** Valores de los índices ecológicos obtenidos a partir de los datos de riqueza y abundancia observada en el Estero del Yugo durante los periodos 1997-98 y 2008-09. (S = Riqueza de Especies; D = Inverso del índice de Simpson; H' = Diversidad de Shannon-Wiener; J' = Equitatividad de Pielou; LN = laguna norte; LS = laguna sur; EY = el conjunto de ambas lagunas; V = Verano; I = Invierno).

	Riqueza (S)		Simpson (D)		Shannon-Wiener (H')		Pielou (J')	
	97-98	08-09	97-98	08-09	97-98	08-09	97-98	08-09
<b>LN-V</b>	15	24	3,56	14,10	1,64	2,83	0,61	0,89
<b>LN-I</b>	39	38	4,93	4,82	2,37	2,29	0,65	0,63
<b>LS-V</b>	14	15	2,70	7,51	1,58	2,24	0,60	0,83
<b>LS-I</b>	36	23	3,69	8,54	2,20	2,46	0,61	0,78
<b>EY-V</b>	18	22	3,77	15,37	1,74	2,85	0,60	0,92
<b>EY-I</b>	46	37	4,64	6,27	2,48	2,43	0,65	0,67

### Riqueza de especies (S)

Durante el periodo 1997-98, los valores registrados de riqueza de especies en la laguna norte, la laguna sur y el conjunto de ambas lagunas fueron mayores durante el invierno, en cambio para el periodo 2008-09, fueron mayores en verano. El máximo valor de riqueza de especies se observó durante el invierno en el conjunto de ambas lagunas y fue de 46, mientras que el valor mínimo fue el registrado durante el verano 1997-98 en la laguna sur y fue de 14, seguido del valor observado en 2008-09 para la misma laguna y la misma temporada (15 especies). El número de especies que se registró durante el invierno en la laguna norte y durante el verano en

la laguna sur fue muy similar en ambos periodos (solo una especie de diferencia). Se observó una notable disminución del número de especies observadas en la laguna sur durante el invierno 2008-09 (23) con respecto a las registradas durante 1997-98 (36). Sin embargo, las diferencias en el número de especies registradas entre ambos periodos no fueron significativamente diferentes ( $t_{10}=0.22$ ,  $P=0.83$ ). En general, se observó una mayor riqueza durante la temporada de invierno para ambos periodos (Figura 35).

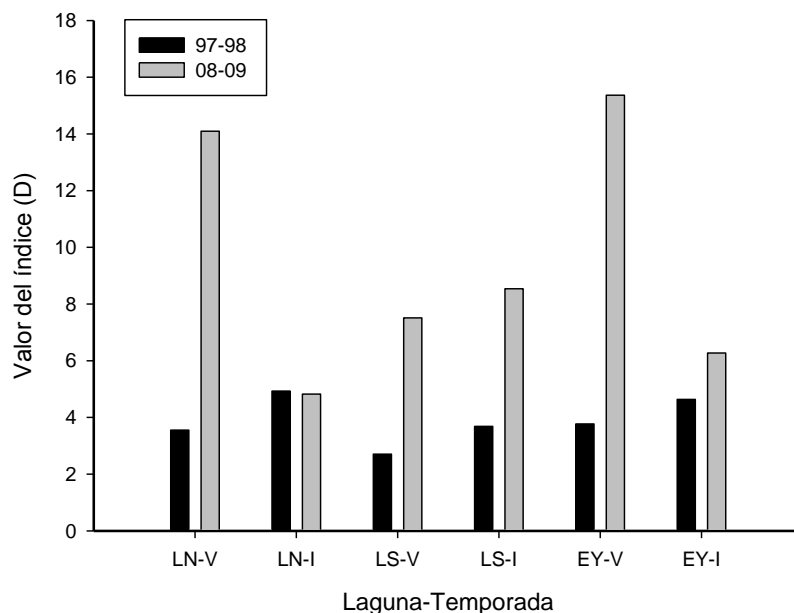


**Figura 35.** Comparación entre los valores de Riqueza de especies registrada para la laguna norte (LN), laguna sur (LS) y el conjunto de ambas lagunas (EY) durante las temporadas de verano (V) e invierno (I) durante los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo.

### Índice de Simpson (D)

Los valores de dominancia obtenidos a partir del inverso del índice de Simpson fueron mayores durante el período 2008-2009 para ambas lagunas y el conjunto, con excepción del obtenido para la laguna norte en el invierno el cual fue ligeramente menor que el obtenido para el período 1997-98. El máximo valor se observó durante el verano de 2008-09 en el conjunto de

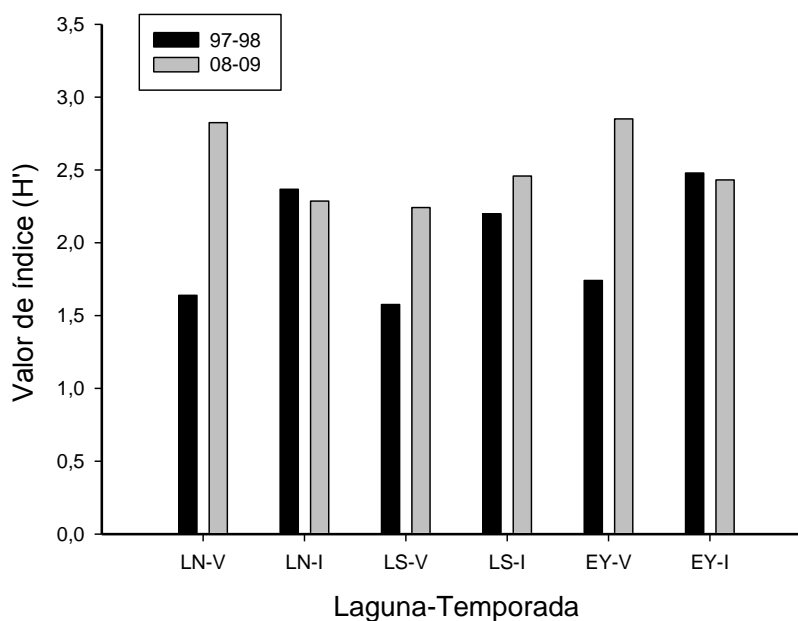
ambas lagunas, mientras que el valor mínimo se registró para el verano de 1997-98 en la laguna sur. Se observaron diferencias significativas entre los dos periodos ( $t_{10} = -3,106$ ,  $P = 0,011$ ) (Figura 36).



**Figura 36.** Comparación entre los valores del inverso del índice de dominancia de Simpson (D) para la laguna norte (LN), laguna sur (LS) y el conjunto de ambas lagunas (EY) durante las temporadas de verano (V) e invierno (I) durante los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo.

### Shannon-Wiener (H')

Los valores de diversidad obtenidos a partir del índice de Shannon-Wiener (H'), para el periodo 2008-09 fueron mayores, con excepción de los obtenidos en invierno para la laguna norte y el conjunto de ambas lagunas durante el periodo 1997-98. El valor máximo se observó en verano 2008-09 en el conjunto de las dos lagunas, mientras que el valor mínimo se observó durante el verano 1997-98 en la laguna sur. Se presentaron diferencias significativas entre la diversidad registrada en los dos periodos ( $t_{10} = -2.66$ ,  $P = 0,024$ ) (Figura 37).



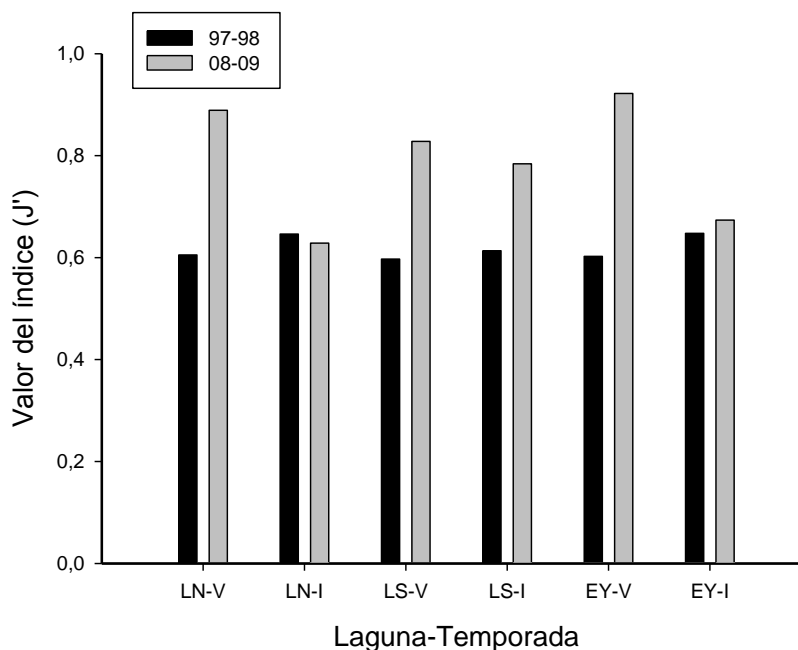
**Figura 37.** Comparación entre los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) para la laguna norte (LN), laguna sur (LS) y el conjunto de ambas lagunas (EY) durante las temporadas de verano (V) e invierno (I) durante los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo.

### Equitatividad de Pielou ( $J'$ )

En general, los valores obtenidos a partir del índice de equitatividad de Pielou durante ambos periodos fueron altos, siendo mayores los observados durante el periodo 2008-09, con excepción del invierno 1997-98 en la laguna norte. Para el periodo 1997-98, los valores más altos de equitatividad se registraron durante el invierno (LN, LS y ambas), mientras que para 2008-09, lo fueron en verano (LN, LS y ambas). El intervalo de los valores estimados para el periodo 1997-98 fue muy similar y fluctuó entre valores de 0.60 y 0.65, mientras que para 2008-09 se registró un intervalo mayor, con valores entre 0.63 y 0.92. El valor máximo se obtuvo para el conjunto de ambas lagunas durante el verano 2008-09, mientras que el valor mínimo observado se presentó en la laguna sur y el conjunto de ambas lagunas durante el verano 1997-98. Se presentaron variaciones significativas



en los valores calculados para este índice en ambos periodos ( $U_{6,6}=23, P=0.009$ ) (Figura 38).

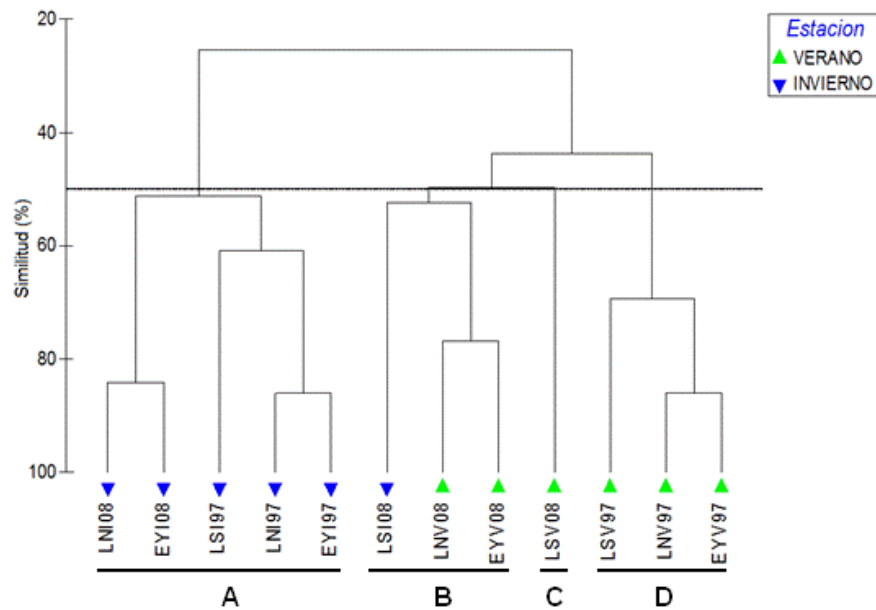


**Figura 38.** Comparación entre los valores del índice de equitatividad de Pielou ( $J'$ ) para la laguna norte (LN), laguna sur (LS) y el conjunto de ambas lagunas (EY) durante las temporadas de verano (V) e invierno (I) durante los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo.

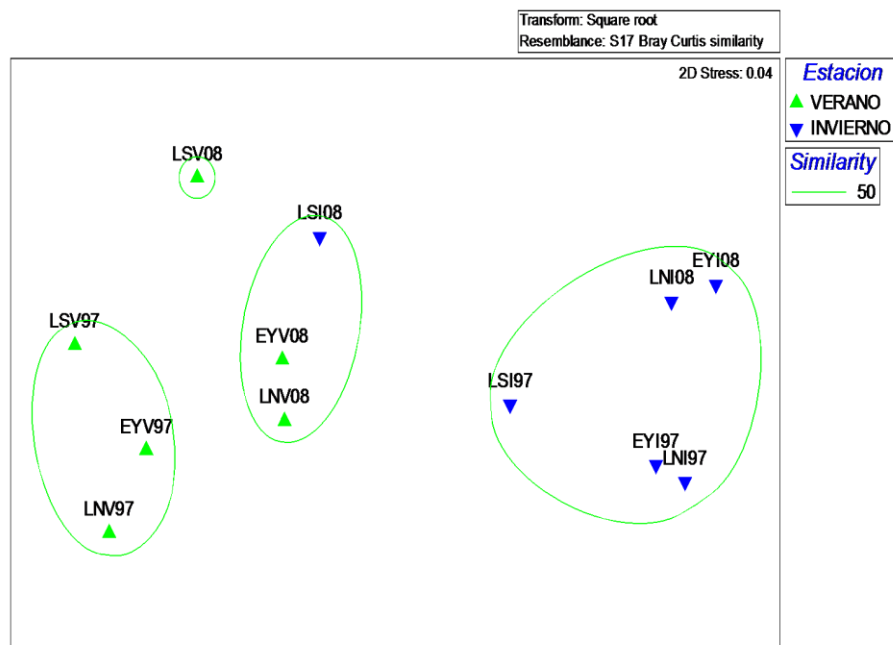
### **7.7.2. Análisis de similitud y MDS**

En el dendrograma de similitud de Bray-Curtis (Figura 39) generado a partir de los datos de abundancia, se observó que con una similitud del 50%, fueron evidentes cuatro grupos: el grupo A, integrado por los inviernos de ambos periodos (LNI08, EYI08, LSI97, LNI97 y EYI97) con excepción del invierno 2008 en la laguna sur. El grupo B estuvo integrado por el invierno 2008 en la laguna sur, el verano 2008 en laguna norte y el conjunto de ambas lagunas 2008 (LSI08, LNV08 y EYV08). El grupo C estuvo formado solo por el verano 2008 en laguna sur (LSV08); y por último, el grupo D estuvo integrado por los veranos de 1997 (LSV97, LNV97 y EYV97).

En la ordenación que se obtuvo con una similitud del 50%, se observó una separación entre temporadas (verano e invierno) para ambos periodos (1997-98). También fue posible observar que lo que ocurre en la laguna norte, es muy similar a lo que ocurre dentro del estero cuando se analizan en conjunto las dos lagunas durante ambos periodos (1997-98 y 2008-09), aunque esto resulta más evidente durante el invierno. El comportamiento de la laguna sur durante el invierno 2008-09, fue más similar a lo que ocurrió durante el verano en la laguna norte y en el estero en conjunto que a lo que ocurrió durante el invierno. Por último, se observó que lo ocurrido en la laguna sur durante el verano 2008-09, no tiene parecido con lo que ocurrió en ninguno de los veranos. El estrés obtenido (0.04) correspondió a una ordenación sin problemas de interpretación. (Figura 40).



**Figura 39.** Dendrograma de similitud de especies (Bray Curtis) en una escala espacial (laguna sur vs laguna norte y el conjunto de ambas lagunas) y temporal (verano vs invierno) entre los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo.



**Figura 40.** Análisis bidimensional de ordenación MDS en una escala espacial (laguna sur vs laguna norte y el conjunto de ambas lagunas) y temporal (verano vs invierno) entre los periodos 1997-98 y 2008-09 en el Estero del Yugo. En la esquina superior derecha se muestra el estrés.

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1. Caracterización ambiental

Como se esperaba, la salinidad registrada en la laguna sur fue siempre mayor que la registrada para la laguna norte. En ambas lagunas, los valores más bajos fueron los que se registraron durante las semanas 32, 33 y 34 (septiembre). El valor promedio de salinidad registrado para la laguna sur a lo largo del ciclo anual (35.8 ups) coincide con el reportado por Elenes-Muñoz (2009) para la misma laguna (34 ups). Para la laguna norte, si bien no se cuentan con datos cuantitativos de la salinidad registrada durante años anteriores, se torna evidente que ha ocurrido una salinización y esto se puede corroborar con los cambios que se han observado principalmente en el tipo de vegetación. Años atrás, específicamente durante el periodo 1997-1998 la vegetación asociada a esta laguna estaba compuesta principalmente de *Sesbania exaltata* y *Lemna* sp., especies de plantas que se asocian a cuerpos de agua con salinidades bajas, las cuales hoy en día ya no se observan. También era común observar ranas dentro de esta laguna (com. pers. Albert van der Heiden). Sin embargo, durante los últimos años se ha observado la proliferación de las halófitas *Batis maritima* y *Salicornia bigelowii*, siendo actualmente el principal tipo de vegetación asociada a esta laguna. El incremento en la salinidad ha dado lugar a la desaparición de especies de plantas y animales que anteriormente resultaba común observar en esta laguna.

La laguna sur se observó llena hasta su máxima capacidad durante casi todo el ciclo anual, incluso llegando el agua durante algunas semanas a cubrir algunas partes del camino que bordea a esta laguna. Mientras tanto, para la laguna norte la cobertura de agua siguió un patrón estacional asociado con máximas coberturas durante la temporada de lluvias (meses de agosto, septiembre y octubre) y mínimas durante los meses previos a la llegada de lluvias (junio y julio).

Se observó un cambio y un incremento en la cobertura de agua dentro de la laguna sur con respecto a lo reportado durante el periodo 1997-1998 (Stokes y van der Heiden, 1998). Dicho incremento se encuentra asociado al aporte continuo de agua de mar que entra a esta laguna durante las 24 horas del día y el cual ha ocasionado que actualmente esta laguna este llena durante la mayor parte del año, observándose una disminución asociada a la temporada de lluvias, tales como las ocurridas durante las semanas 28 y 31 (agosto). Las disminuciones en la cobertura de agua de las semanas 47 (diciembre) y 55 (febrero) se deben a la apertura intencional de la boca del estero por parte de pescadores locales lo que ocasionó que la laguna se vaciara casi en su totalidad. En cambio, para la laguna norte, se observó que la cobertura de agua sigue el mismo patrón estacional que se registro hace 10 años.

## **8.2. Caracterización general de la comunidad de aves**

La comunidad de aves acuáticas presente en el Estero del Yugo durante el periodo 2008-09, se caracterizó por ser una comunidad diversa formada por especies residentes y migratorias que pertenecen a distintos grupos funcionales. Se observó una marcada variación estacional asociada con la llegada de las especies migratorias, las cuales fueron un componente importante dentro de la comunidad durante los meses de invierno. Se presentaron diferencias entre las dos lagunas en términos de su riqueza y abundancia a lo largo del ciclo anual estudiado.

## **8.3. Riqueza específica**

El número total de especies de aves acuáticas registrado en el Estero del Yugo fue de 58. La riqueza observada en el estero fue muy similar a la reportada para otros esteros y lagunas ubicados dentro del corredor migratorio del Pacífico. En algunos humedales localizados en la península de Baja California se han registrado los siguientes valores de riqueza de

especies: Guzmán *et al.* (1994) 50 especies, Zarate-Ovando *et al.* (2006) 80 especies y Amador *et al.* (2006) 56 especies. Para los humedales de la región de Nayarit y Jalisco, se han reportado valores de 54 especies (Martínez-Martínez y Cupul-Magaña, 2002), 63 especies (Guitron *et al.*, 2005) y 45 especies (Hernández-Vázquez, 2000b). Hernández-Vázquez (2000a) observó un total de 94 especies en el conjunto de siete esteros y lagunas en el municipio de Tomatlán en Jalisco. Por último, Mellink y de la Riva (2005) en un estudio llevado a cabo en la laguna de Cuyutlán en Colima, inventariaron un total de 57 especies. Si se comparan los valores anteriormente mencionados con lo observado en el Estero del Yugo, la riqueza aquí registrada se encuentra dentro del intervalo de lo observado en otros humedales en la región del Pacífico. Esto indica que a pesar de ser un área muy pequeña (11 hectáreas), el número de especies registrado para el Estero del Yugo, concuerda con el número observado en otros esteros y lagunas dentro del corredor migratorio del Pacífico, llegando a ser en ocasiones ligeramente mayor que el registrado en algunos sistemas lagunares de mayor tamaño (por ejemplo, en Baja California Sur, Nayarit, Jalisco y Colima).

La importancia de los humedales de tamaño pequeño queda de manifiesto con lo reportado por Ruiz-Campos *et al.* (2005). En este estudio, se reportó una riqueza de 187 especies registrada en una serie de 13 pequeños humedales costeros ubicados en la península de Baja California, lo que pone en evidencia que en conjunto, sistemas de humedales pequeños pueden albergar una alta riqueza de especies. Se ha comprobado que series de pequeños humedales pueden llegar a tener una riqueza equivalente e incluso superior a la registrada en humedales grandes (Craig y Beal, 1992).

Se observó una mayor riqueza de especies durante el invierno lo cual se asocia con la presencia de un alto número de especies migratorias, principalmente de patos. Los primeros pulsos de aves que llegan al estero se comienzan a observar desde octubre y aumentan gradualmente durante los siguientes meses, registrando máximos durante los meses de diciembre y

enero. Estas especies abandonan el área durante los meses de marzo y abril. Esto ocasiona que la comunidad de aves sea más diversa a principios de invierno y disminuya hacia finales de primavera, lo cual ha sido reportado por diversos autores. (Hernández-Vázquez, 2000a, y 2005a; Amador *et al.*, 2006, Zarate-Ovando *et al.*, 2006).

Se observaron diferencias en la riqueza registrada entre las dos lagunas que conforman el estero del Yugo (variación espacial) a lo largo del año (variación temporal). A pesar de su cercanía, estas dos lagunas poseen características diferentes que ocasionan que el ambiente en ellas sea distinto. Dos factores ambientales importantes en los que difieren, son la cobertura de agua y la salinidad registradas semanalmente a lo largo del año, siendo la laguna sur la que se observó llena la mayor parte del año y la que registró salinidades más altas. Se presentó una correlación significativa negativa entre la riqueza de especies y la cobertura de agua para la laguna sur, resultado que concuerda con lo reportado por Craig y Beal (1992), quienes también observaron una correlación negativa entre estas dos variables.

Las especies que explican los cambios espaciales y temporales en la riqueza dentro del Estero del Yugo son las especies migratorias, principalmente de la Familia Anatidae. Canepuccia *et al.* (2007) reportaron que el incremento en la superficie del agua afectó la riqueza de especies de aves acuáticas principalmente del grupo de patos (Familia Anatidae). Las especies de estos grupos utilizan cuerpos de agua someros y poco profundos para alimentarse, descansar y anidar. Estudios a largo plazo relacionados con las tendencias poblacionales de especies de Patos y Nadadores (Familia Anatidae), han demostrado la importancia que representan los ambientes de aguas someras y poco profundas para este grupo de aves (Erwin, 1996; Perry y Deller, 1996). También se ha reportado que este grupo prefiere áreas con bajas salinidades (Hernández-Vázquez, 2005a). Esto podría explicar el por qué se observó una mayor riqueza de especies dentro de la laguna norte.

#### 8.4. Abundancia relativa

Las semanas con mayores abundancias fueron registradas para el Estero del Yugo durante el mes de enero de 2009 (semanas 15 y 22), esto coincide con la temporada en la que el pico de migración de las especies que vienen a pasar la temporada invernal al estero se incrementa, mientras que las menores se presentaron durante el mes de julio debido a la total ausencia de especies migratorias.

Los registros de una mayor abundancia durante otoño e invierno concuerda con lo observado en otros humedales de la región del Pacífico (Guzmán *et al.*, 1994; Cupul-Magaña, 1999; Hernández-Vázquez, 2000a, 2000b; Hernández-Vázquez 2005a; Sánchez-Bon, 2008). Las altas abundancias de ciertas especies migratorias en alguna época del año, es una situación normal en los humedales de México durante cada invierno (Scott y Carbonell, 1986; Palacios *et al.*, 1991, Hernández-Vázquez, 1996).

La especie más abundante registrada durante todo el ciclo anual fue la gallareta gris *Fulica americana*, la cual es migratoria. Esto concuerda con lo reportado en otros estudios (Funderburk y Springer, 1989; Guzmán *et al.*, 1994; Pérez-Arteaga y Gastón, 2004; Ruiz-Campos *et al.*, 2005). Las tres especies más abundantes (*F. americana*, *Phalacrocorax brasilianus* y *Tachybaptus dominicus*) representaron más de la mitad de la abundancia acumulada registrada para el Estero del Yugo. Situación que es muy común que se observe dentro de la comunidad de aves acuáticas, donde se presentan pocas especies abundantes pero un alto número de especies raras (Cintra *et al.*, 2007). La gallareta gris, es una especie de amplia distribución en México que se distribuye a través del corredor migratorio del Pacífico. En Sinaloa, se localizan dos humedales (Ensenada Pabellón y Topolobampo) los cuales son catalogados como sitios de importancia internacional ante la Convención Ramsar al registrar un promedio de más de 20,000 gallaretas (Pérez-Arteaga y Gaston, 2004). Por lo tanto, se le considera como una especie conspicua durante una parte del año en los humedales de la región.



Se registró una mayor abundancia en la laguna norte en comparación con la laguna sur. No se presentó una correlación significativa entre la abundancia y la cobertura de agua en la laguna norte, sin embargo, hubo una tendencia similar entre la cobertura de agua y el número de individuos observados durante una parte del año. Se pudo observar que la abundancia disminuyó al mismo tiempo en el que también se observó una disminución en la cobertura del agua, lo que inicialmente se podría considerar como una relación positiva entre estas dos variables (las dos aumentan simultáneamente y disminuyen de la misma forma). Sin embargo, a partir de que comenzó la temporada de lluvias durante los meses de verano (agosto), la cobertura de agua se incrementó considerablemente pero no fue hasta el otoño (octubre) cuando se comenzó a observar un incremento en la abundancia, incremento que se debió a la llegada de un gran número de individuos migratorios. Esto deja de manifiesto que la abundancia en esta laguna no estuvo determinada por la cobertura de agua, sino que más bien se encuentra asociada a los patrones migratorios. Mientras tanto, en la laguna sur se observó una correlación significativa pero negativa entre la abundancia y la cobertura de agua. Este resultado concuerda con lo reportado por Canepuccia *et al.* 2007. Ellos observaron que un incremento en la superficie del agua afectó de manera negativa la riqueza y la abundancia de la comunidad de aves acuáticas presentes en una laguna costera. Esto podría explicar las bajas abundancias observadas en la laguna sur, dado que estuvo llena durante la mayor parte del año. Sin embargo, estos resultados no concuerdan con el comportamiento que se observó durante el periodo 1997-98 en el Estero del Yugo.

Estas variaciones de la abundancia entre lagunas también pueden estar relacionadas con la alta salinidad de la laguna sur. Razafimanjato *et al.* (2007) encontraron variaciones significativas en la abundancia de aves acuáticas entre lagunas de agua dulce y ambientes salobres. Hernández-Vázquez (2005a), reportó preferencias de algunas especies de patos y afines por áreas con bajas salinidades, siendo las especies de este grupo las

más abundantes en el Estero del Yugo observándose un alto número dentro de la laguna norte.

La mayor abundancia observada en la laguna norte dio como resultado que la densidad fuera significativamente más alta en esta laguna para la mayoría de los grupos funcionales y durante la mayoría de los meses, con excepción de los grupos funcionales de Patos de Percha y Otros, siendo poco abundantes en ambas lagunas.

### **8.5. Grupos funcionales**

Se observó una variación espacio temporal en la abundancia en todos los grupos funcionales registrados para el Estero del Yugo. El grupo funcional de Vadeadores Grandes fue el más importante en la laguna sur, mientras que para la laguna norte lo fueron los grupos funcionales de Patos y Nadadores y Gallaretas y Afines. Esto se puede relacionar con que las especies presentes dentro de cada grupo funcional tienen requerimientos particulares principalmente en la forma de obtener el alimento, los cuales son cubiertos en condiciones distintas y se benefician de las características presentes en cada ambiente, en este caso dentro de cada laguna.

El grupo funcional de Vadeadores Grandes estuvo compuesto por especies residentes, siendo las especies de la familia Ardeidae las más representativas. Este grupo funcional no mostró un patrón estacional con respecto a su abundancia, sino que más bien estuvo influenciada por las condiciones observadas durante cada semana para esta laguna, relacionadas principalmente con la cobertura de agua. Las semanas con máximas abundancias estuvieron asociadas con las semanas en las cuales la cobertura disminuyó. Esto se debe a que las garzas son especies que por lo general se encuentran confinadas a aguas someras y ambientes con salinidades altas (Hernández-Vázquez, 2000a; Hernández-Vázquez, 2005a). La laguna sur al tener contacto con el mar se encuentra influenciada por las mareas, lo que permite la entrada de alimento al estero y a su vez favorece

la presencia de este grupo funcional (Hernández-Vázquez, 2000a). Asimismo, la apertura ocasional de la boca del estero permite que se vacíe la laguna y quede el sedimento expuesto, lo que da lugar a que el alimento se encuentre disponible y pueda ser aprovechado por estas especies fácilmente.

Las especies observadas en el grupo funcional de Vadeadores Grandes no fueron especies muy abundantes pero si fueron especies frecuentemente observadas y se registraron a lo largo de todo el periodo de estudio. Las especies más abundantes fueron *Egretta thula*, *Ardea alba* y *Eudocimus albus*. Las dos primeras fueron reportadas como las especies más abundantes dentro de un conjunto de humedales en las costas de Jalisco (Alvarado y Hernández, 2004) y Nayarit (Cupul-Magaña, 1999).

La situación observada para la laguna norte fue distinta. Dentro de esta laguna los grupos funcionales más abundantes fueron Patos y Nadadores y Gallaretas y Afines, estos grupos funcionales también fueron los más representativos dentro de un sistema de lagunas y esteros en Jalisco (Hernández-Vázquez, 2000a). Estos grupos funcionales están compuestos principalmente por especies migratorias, por lo que en esta laguna se observó un patrón estacional influenciado por la llegada de las especies que integran estos grupos funcionales.

La abundancia de estos grupos funcionales fue muy similar, solo que dentro del grupo funcional de Gallaretas y Afines la especie dominante fue *F. americana*, mientras que el grupo funcional de Patos y Nadadores estuvo compuesto por un mosaico de especies. Estos grupos funcionales fueron más abundantes durante las temporadas de otoño e invierno, periodo en que esta laguna reportó sus máximas abundancias. Esto correspondió con el periodo durante el cual se observó una disminución gradual en la cobertura de agua. Estas especies utilizan cuerpos de agua someros y poco profundos para alimentarse, descansar y anidar y prefieren ambientes con salinidades

bajas (Hernández-Vázquez, 2005a), características que fueron observadas en esta laguna.

Las altas abundancias relacionadas con la presencia de especies migratorias principalmente, más las condiciones propicias de cobertura de agua y salinidades bajas, así como la disponibilidad de alimento son los factores que probablemente influyeron en la composición de aves que se presentó en esta laguna.

### **8.6. Distribución y Uso de Hábitat**

La distribución dentro de ambas lagunas no fue homogénea y estuvo fuertemente relacionada con el uso de hábitat por parte de cada grupo funcional. Su distribución estuvo determinada por los atributos y requerimientos propios de las especies dentro de cada grupo funcional y las características particulares de cada área. En general para todos los grupos funcionales, la mayor proporción de los individuos utilizó el estero como un sitio de alimentación, a excepción del grupo funcional de Vadeadores Grandes, cuyos individuos utilizan el área como sitio de descanso.

La mayoría de los individuos del grupo funcional de Patos y Nadadores que fueron observados estuvieron alimentándose. Este grupo funcional se distribuyó en toda la laguna norte (áreas 6 a la 10) pero fue más abundante en las áreas 7,8 y 9. Esto se debe a que las aves se están moviendo constantemente, aunado al hecho de que las características en estas áreas son muy similares. Estas últimas áreas se caracterizaron por mantener una cobertura de agua que les permite obtener el alimento fácilmente. Se ha reportado que el espejo de agua es el hábitat preferido de patos y especies afines para alimentarse (Hernández-Vázquez, 2005b), lo cual concuerda con lo observado en el Estero del Yugo. Cabe mencionar que las características de estas áreas dentro de la laguna norte son muy similares. Cuando el agua empieza a disminuir, el extremo del área 9 que colinda con el área 10, queda cubierto por un espejo de agua muy somero y

es muy común observar a un grupo de patos descansando en esta área. También resulta muy común observar a la especie *Phalacrocorax brasilianus*, descansando en el mangle que circunda a la laguna.

Una alta proporción de los individuos del grupo funcional de Vadeadores Pequeños utilizó el estero como sitio de alimentación (74%). Se distribuyó principalmente en las áreas 2 y 5 en la laguna sur, y en el área 10 en la laguna norte. Fue observado en estas áreas solamente cuando no hubo agua y el sedimento estaba expuesto o cuando el área estaba cubierta por un espejo de agua muy somero que les permitía vadear. Este grupo funcional estuvo compuesto por especies de aves playeras, las cuales utilizan áreas someras y con influencia de mareas para alimentarse (Hernández-Vázquez, 2005b). En un estudio llevado a cabo en distintos esteros de Jalisco, se reportó que para todos los esteros, los playeros se concentraron por lo general en substratos blandos expuestos o someros para alimentarse (Hernández-Vázquez, 2000a). Amat (1984) en un estudio en el que comparó entre distintos grupos funcionales, encontró que las especies limícolas (las cuales se encuentran incluidas dentro del grupo funcional de Vadeadores Pequeños) requieren de zonas con agua poco profunda, e incluso algunas especies utilizan lugares que únicamente presentan el suelo húmedo. Las especies de este grupo funcional son de las que resultan más afectadas por el incremento en la cobertura y profundidad del agua lo cual se encuentra fuertemente relacionado con sus características morfológicas. Son especies que presentan patas cortas (entre 4 y 20 cm) y se alimentan de invertebrados en zonas de marismas y aguas someras además de que utilizan las playas y áreas abiertas desprovistas de agua para descansar. Es por esto que los cambios relacionados con el aumento en la cobertura de agua tienen un efecto directo sobre este grupo de aves relacionados con la disponibilidad de ambientes para alimentarse y descansar (Canepuccia *et al.*, 2007).

El único grupo funcional cuya principal actividad fue el descanso (62%), fue el de Vadeadores Grandes. Se distribuyó principalmente en la

laguna sur, siendo más abundante en el área 1. Estuvo compuesto por especies del Orden de Ciconiiformes, las cuales son aves zancudas confinadas principalmente a las áreas someras de los humedales (Alvarado y Hernández, 2004). El área 1 se caracterizó por estar cubierta por el espejo de agua la mayoría de las semanas, salvo en ocasiones en las que la boca del estero se abrió (natural o intencionalmente) transformándose en un amplia planicie lodosa, que resultó ser un área muy atractiva para las aves de este grupo funcional, el cual registró sus máximas abundancias durante estas semanas. Se ha reportado que estas especies prefieren áreas con influencia de mareas y con altas salinidades (Hernández-Vázquez, 2005a), ambas características fueron observadas en el área 1. Los ambientes más utilizados por las especies de este grupo funcional para descansar fueron principalmente los manglares y la vegetación de selva baja caducifolia; aunque en las áreas someras del espejo de agua también se concentró un elevado número de aves para la actividad de descanso. Utilizaron la laguna sur principalmente para alimentarse durante las semanas en las que las condiciones fueron propicias (agua somera, o sedimento) y hubo más alimento disponible, mientras que en la laguna norte se observó principalmente descansando en la vegetación que circunda la laguna.

La principal actividad del grupo funcional de Otros fue la alimentación (78%). Este grupo funcional en general no fue muy abundante dentro de la laguna, pero se observó en gran parte del estero, con excepción de las áreas 4, 5, y 6. No mostró un patrón estacional bien definido pero fue más abundante durante el invierno. La especie más abundante de este grupo funcional fue *Fregata magnificens*, la cual fue observada en repetidas ocasiones sobrevolando la laguna, pero fue considerada debido a que bajaba al espejo de agua para alimentarse y tomar agua. Este comportamiento también fue observado para la especie *Pandion haliaetus* que fue observada cazando en la laguna durante algunas semanas.

Las variaciones del número y abundancia de las especies observadas a lo largo del año, ponen en evidencia el carácter del sitio como un área importante de descanso y alimentación tanto de aves migrantes y residentes.

### **8.7. Comparación de la Comunidad de aves entre el períodos 1997-98 y 2008-09**

Durante el ciclo anual 2008-2009, se registraron para el Estero del Yugo un total de 58 especies (31 migratorias y 27 residentes), mientras que Stokes y van der Heiden (1998) reportaron para este mismo sitio 61 especies, (33 migratorias y 28 residentes) para el periodo 1997-1998. Tanto el número de especies como la proporción entre migratorias y residentes fueron similares en ambos periodos, registrándose un mayor número de especies migratorias.

Hubo en total 12 especies en el ciclo 1997-98 que habían sido observadas en el Estero del Yugo, pero que actualmente no lo fueron, estas son: *Dendrocygna bicolor*, *Anas platyrhynchos*, *Aythya collaris*, *Melanitta perspicillata*, *Charadrius alexandrinus*, *C. wilsonia*, *C. semipalmatus*, *Jacana spinosa*, *Calidris pusilla*, *C. fuscicollis*, *C. bairdii* y *Larus argentatus*. La abundancia de estas especies fue baja, con menos de 100 individuos durante todo el periodo de estudio, con excepción de *C. alexandrinus*, que registró 119 individuos.

Hubo también algunas especies que fueron registradas durante el periodo 2008-2009 y que no lo habían sido anteriormente, estas especies son 10 y fueron: *Porzana carolina*, *Limnodromus scolopaceus*, *Tringa melanoleuca*, *Phalaropus tricolor*, *Limosa fedoa*, *Larus atricilla*, *Gelochelidon nilotica*, *Sternula antillarum*, *Hydroprogne caspia* y *Larus delawarensis*. Todas estas especies fueron especies con muy baja abundancia y registraron menos de 15 individuos durante todo el periodo de estudio, con excepción de *L. atricilla* (114) que fue la más abundante. Estas especies también tuvieron una baja frecuencia de observación, y algunas solo fueron

registradas en una ocasión (*P. tricolor* y *S. antillarum*), por lo que pueden ser clasificadas como especies de rara ocurrencia en el sitio y que su presencia fue un evento ocasional.

El número de especies registrado por grupo funcional para el periodo 1997-98 fue: Patos y Nadadores 17, Patos de Percha 2, Gallaretas y Afines, 2, Vadeadores Pequeños 18, Vadeadores Grandes 14 y Otros 2. Algunos cambios fueron observados durante el actual periodo. Primeramente, dentro de los grupos funcionales de Vadeadores Pequeños y Patos y Nadadores se registraron tres especies menos en cada grupo (*Calidris bairdii*, *C. fuscicollis*, *C. pusilla* y *Anas diazi*, *Aythya collaris* y *Melanitta perspicillata*, respectivamente), aunque a pesar de esto continúan siendo los grupos funcionales con el mayor número de especies. Una nueva especie fue incluida dentro del grupo funcional de Gallaretas y Afines (*Porzana carolina*) la cual no fue una especie con una alta frecuencia de ocurrencia (solo 3 observaciones). Para el grupo funcional de Patos de Percha, se registró una especie menos (*Dendrocygna bicolor*) con respecto al periodo anterior mientras que para el grupo funcional de Otros, nuevas especies fueron registradas (*Larus atricilla*, *Gelochelidon nilotica*, *Sternula antillarum*, *Hydroprogne caspia*, y *L. delawarensis*), aunque cabe mencionar que todas estas especies tuvieron una baja frecuencia de ocurrencia. Por último, el grupo funcional de Vadeadores Grandes estuvo conformado por las mismas especies durante ambos periodos siendo casi en su totalidad especies residentes (con excepción de *Plegadis chihi*). A pesar de estos cambios observados en la riqueza dentro de cada grupo funcional, el Estero del Yugo se sigue caracterizando por la presencia de los mismos grupos funcionales y por ende de las mismas especies, siguiendo el mismo orden de importancia en cuanto al número de especies por grupo funcional. Cabe mencionar que esto no se encuentra directamente relacionado con la importancia en términos de abundancia dentro de cada grupo funcional lo cual se aborda más adelante.



Durante el periodo 1997-1998, se registró una abundancia acumulada de 28,807 individuos; mientras que la registrada para el periodo actual fue de 14,104 individuos. La mayor abundancia acumulada que se registró se debe a que durante el periodo anterior, se llevaron a cabo tres conteos por semana, mientras que durante el periodo actual, solo se realizó un conteo por semana. Durante ambos periodos la máxima abundancia se observó en la laguna norte.

A pesar de esto, se siguen observando las mismas tendencias con respecto a la abundancia de cada grupo funcional. El porcentaje de abundancia relativa por grupo funcional tuvo un comportamiento muy similar durante los años 1997-98 y 2008-09. El grupo funcional más abundante en ambos periodos fue Gallaretas y Afines con el 41% y 37% respectivamente. Fue seguido por el grupo funcional de Patos y Nadadores, con el 26.5% y 37%, observándose un incremento del 10% para 2008-09 (asociado al incremento de las especies *Phalacrocorax brasilianus*, *Tachybaptus dominicus*, *Oxyura jamaicensis* y *Aythya americana*). El tercer grupo funcional fue el de Vadeadores Pequeños con el 14% y 11%. Dentro de este grupo se observó una disminución del 3% en el periodo 2008-09. El cuarto grupo funcional fue el de Vadeadores Grandes con el 13% y 11%, respectivamente, con una ligera disminución del 2% para 2008-09 (asociada a la menor cantidad de *Egretta thula*). Se presentó una diferencia en el grupo funcional de Patos de Percha, que durante 1997-98 fue el quinto grupo funcional con el 4%, mientras que para el 2008-09, apenas representó el 0.8%. Para el periodo 1997-98, el grupo funcional de Otros ocupó el último lugar con el 1.5%, mientras que para el 2008-09, este grupo funcional mostró un incremento del doble, representando el 3% del total. Si bien, aunque la abundancia por grupos funcionales fue muy similar, se observaron algunos cambios con respecto a la proporción de algunas especies dentro de cada grupo funcional.

Uno de los grupos funcionales donde se presentó un cambio más notorio fue el grupo funcional de Patos de Percha, donde la especie

*Dendrocygna autumnalis* tuvo una notable disminución, pasando de 1,063 individuos a solamente 110. Es una especie que se considera residente en la zona y es comúnmente registrada en otras lagunas. Por ejemplo, en la laguna el Quelele, en Nayarit, Cupul-Magaña (1999) registró abundancias de hasta 35,000 individuos durante la temporada clímax de esta especie. Pero en este mismo sitio se ha observado que durante su periodo de reproducción, entre los meses de mayo a octubre, la abundancia máxima alcanza apenas los 110 individuos. Estos cambios en la abundancia, se pueden atribuir a que la especie se mueve hacia sus sitios de reproducción o alimentación.

En la Bahía de Mazatlán, a esta especie se le encuentra anidando en las islas Pájaros, Venados, Lobos, Cardones y Piedras blancas y de ahí se trasladan a distintos sistemas de humedales y lagunas. Anteriormente este comportamiento era habitual, pero en los últimos años debido a la construcción de hoteles y unidades habitacionales construidos en la playa y sobre la línea de costa, torna más difícil la llegada de estos individuos hacia estos sitios (com. pers. Alwin van der Heiden). La presencia de esta especie en el estero del Yugo puede estar asociada a que lo utilizan el área como un sitio de descanso o tal vez durante sus trayectos hacia los sitios de alimentación y reproducción. También se ha reportado que la presencia de esta especie se encuentra comúnmente asociada a zonas con campos de cultivo, lugar que utilizan comúnmente para efectos de alimentación (Cupul-Magaña, 1999).

Dentro del grupo funcional de Vadeadores Pequeños, se observó una disminución con respecto a la presencia de algunas especies del genero *Calidris*. Durante el periodo 1997-98, 5 especies fueron registradas: *Calidris bairdi*, *C. fuscicollis*, *C. mauri*, *C. minutilla* y *C. pusilla*. No fueron especies muy abundantes alcanzando en conjunto una abundancia acumulada de 1,000 individuos durante todo el ciclo de observaciones, siendo en su mayoría *C. mauri*. Sin embargo, durante el actual periodo de estudio solamente fueron registrados 51 individuos pertenecientes a las especies *C.*

*mauri* y *C. minutilla*. Cabe mencionar que este grupo funcional fue el que mostró cambios más drásticos con respecto a su abundancia dentro del Estero del Yugo

La presencia de este grupo de aves viene dada como resultado de múltiples factores asociados principalmente con la disponibilidad de alimento. Si bien este grupo está compuesto por especies migratorias, las cuales utilizan el sitio solamente como área de paso durante su trayecto a otros sitios donde se reproducen, anteriormente estas especies eran frecuentemente observadas en el estero, a diferencia de lo que ocurrió en el periodo actual donde solo se tuvieron registros ocasionales en algunas semanas los cuales estuvieron asociados a una disminución en la cobertura de agua. Sin embargo, relacionando los resultados obtenidos actualmente con los observados anteriormente para esta misma área de estudio, está disminución en sí podría estar asociada a la disminución de áreas disponibles para alimentarse y/o descansar dentro del estero, situación que se torna más evidente dentro de la laguna sur, la cual ha sufrido cambios relacionados con su periodo de estiaje. La pérdida de otros sistemas de humedales cercanos a esta área también puede ser un factor que influyó en la disminución de este grupo de especies, por ejemplo, la desaparición del Estero el Sábalo.

Con relación a los resultados obtenidos a partir de los índices ecológicos, se observó una tendencia entre los índices de Simpson, Shannon-Wiener y Pielou. Los mayores valores de equidad, coinciden con los máximos valores de diversidad y con los mínimos valores de dominancia, durante ambos periodos.

En los resultados obtenidos a partir del análisis del dendrograma y del MDS se obtuvieron cuatro grupos. Se observó un gradiente estacional agrupándose todos los inviernos juntos, con excepción del invierno 2008 para la laguna sur (LSI08). Esta separación se debe a que existen diferencias en la riqueza, abundancia y composición registradas en ambos

períodos. Durante el invierno de 1997, la riqueza y la abundancia registrada fue mayor ( $S= 36$  y  $N= 84.55$ ) y la comunidad estuvo dominada por una sola especie, siendo *Fulica americana* la más abundante. El resto de la especies presentaron una baja abundancia y pertenecían a los grupos de Patos y Nadadores y Vadeadores Pequeños, siendo principalmente especies migratorias. La presencia de una especie dominante dio como resultado que la diversidad y la equitatividad en este período fueran menores que las registradas durante el periodo actual. Para el invierno de 2008, se registró una menor riqueza y una menor abundancia ( $S= 23$ ;  $N= 30.44$ ), y la comunidad estuvo compuesta por especies de Vadeadores Grandes, Vadeadores Pequeños y Otros, siendo todas residentes. La comunidad fue más diversa ya las especies estuvieron representadas equitativamente, no observándose ninguna especie dominante dentro de la comunidad.

Lo que ocurrió durante el invierno del 2008 en la laguna sur fue muy similar a lo que ocurrió en el verano del mismo año en la laguna norte hablando en términos de riqueza y abundancia, sin embargo, la composición fue distinta. Durante el verano, la laguna norte fue más diversa registrando un mosaico de individuos de todos los grupos funcionales, con excepción del grupo de Otros, mientras que en el invierno, solo se registró la presencia de Vadeadores Grandes, Vadeadores Pequeños y Otros.

La riqueza y la abundancia registradas durante el verano de 1997 y el verano de 2008 para la laguna sur fueron muy similares, siendo los valores más bajos que se registraron en ambos períodos de estudio. Sin embargo, la composición fue distinta. Durante el período actual, la comunidad estuvo conformada solamente por especies del grupo de Vadeadores Grandes y la abundancia fue muy similar entre todas las especies, dando como resultado una comunidad más diversa, a diferencia de lo registrado durante el periodo 1997-98, donde se observó que sólo una especie de Vadeadores Grandes, *Nyctanassa violacea* era la que se encontraba dominando la comunidad.

Durante el invierno de ambos periodos, se registró en la laguna norte una riqueza y composición similar, sin embargo la abundancia observada durante el periodo 2008-09 fue mucho mayor. En el invierno 1997-98, la especie dominante fue *Fulica americana*, y la comunidad estuvo conformada por varias especies pertenecientes a los grupos de Patos y Nadadores y Vadeadores Pequeños. La comunidad estuvo integrada principalmente por especies migratorias. Para el invierno 2008-09, la especie dominante fue también *F. americana*, solo que la abundancia fue del doble que la registrada anteriormente. Dos especies sobresalientes que caracterizaron a la comunidad de aves durante este período fueron *Phalacrocorax brasilianus* y *Tachybaptus dominicus* y algunas otras del grupo de Patos y Nadadores y Vadeadores Pequeños, conformados principalmente por especies migratorias. Se registró la presencia de nuevas especies pertenecientes a los grupos de Vadeadores Grandes y Otros, las cuales no habían sido registradas durante el periodo anterior.

Para el período 1997-98 se puede observar que existen diferencias entre temporadas (verano e invierno) pero no entre lagunas (laguna sur y laguna norte), a diferencia de lo que se presentó durante el período actual.

En términos generales, los resultados de este trabajo, no muestran indicios de cambios significativos dentro de la composición de la comunidad de aves de hace 10 años a la fecha, sin embargo se observan algunos cambios relacionados con la abundancia de ciertas especies y ciertos grupos funcionales.

## 9. CONCLUSIONES

- ❖ En términos de riqueza y abundancia el Estero del Yugo es un sitio importante para la comunidad de aves acuáticas, existiendo marcadas diferencias entre la dominancia de las especies entre las dos lagunas. Mientras que la laguna sur se caracteriza por la presencia de especies residentes principalmente del grupo funcional de Vadeadores Grandes, dentro de la laguna norte son las especies migratorias las que predominan, siendo los principales grupos Patos y Nadadores y Gallaretas y Afines (*Fulica americana* en particular).
- ❖ Las actividades registradas dentro del Estero del Yugo son la de alimentación y descanso, siendo la primera la más importante para las especies que conforman los grupos funcionales de Patos y Nadadores y Gallaretas y Afines, mientras que para las especies de Vadeadores Grandes lo es la actividad de descanso.
- ❖ La comparación realizada entre los periodos 1997-98 y 2008-09 no muestra resultados de que la comunidad de aves haya cambiado significativamente a lo largo del tiempo. Sin embargo, el cambio en cobertura de agua dentro de la laguna sur, en donde se presentó una correlación significativa negativa entre riqueza y abundancia con respecto a la cobertura de agua, probablemente afectó la presencia de ciertas especies de Vadeadores Pequeños. Al parecer, no se encontró alguna relación entre la salinización de la laguna norte y cambios en la riqueza, abundancia y composición de las aves acuáticas.
- ❖ Se observó que el aporte de agua que entra a la laguna sur proveniente de los tanques del área de cultivo de peces del CIAD resultó ser muy significativo, alterando la hidrodinámica de esta laguna y afectando la presencia de algunas especies de aves acuáticas, principalmente de los grupos de Vadeadores Pequeños y Vadeadores Grandes. Por lo que se

recomienda que se tomen las medidas necesarias para que toda esta agua sea regresada directamente al mar.

- ❖ Como complemento del análisis de distribución y uso de hábitat de las aves acuáticas dentro del Estero del Yugo realizado en el presente estudio, se recomienda se efectúen estudios relacionados con los hábitos alimenticios de estas especies.

## 10. LITERATURA CITADA

- Alvarado, R. L. F., y S. Hernández-Vázquez. 2004. Distribución estacional y uso de hábitat de Ciconiiformes en la reserva Playón de Mismaloya, Jalisco, México. *Bol. Centro Invest. Biol.* 38(1): 1-19.
- Amador, E., R. Mendoza-Salgado, y J. A. de Anda-Montañez. 2006. Estructura de la avifauna durante el periodo invierno-primavera en el Estero Rancho Bueno, Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 251-259.
- Amat, A. J. 1984. Las poblaciones de aves acuáticas en las lagunas andaluzas: composición y diversidad durante un ciclo anual. *Ardeola* 31: 61-79.
- Anónimo. 2009. Hábitat del Estero del Yugo. [en línea] <http://www.esterodelyugo.org.mx>. (Fecha de consulta 8 de diciembre 2009).
- Begon, M., J. L. Harper, and C. R. Townsend. 1996. *Ecology: Individuals, populations and communities*. Third edition. Blackwell Science Ltd., U.K.
- Blanco, D. E. 1999. Los humedales como hábitat de aves acuáticas. Páginas 219-228 en A. I. Malvárez (ed.), *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. ORCYT-UNESCO, Montevideo.
- Canepuccia, D. A., J. P. Isacch, D. A. Gagliardini, A. H. Escalante, and O. O. Iribarne. 2007. Waterbird Response to Changes in Habitat Area and Diversity Generated by Rainfall in a SW Atlantic Coastal Lagoon. *Waterbirds* 30(4): 541-553.
- Carrera, E., y G. de la Fuente. 2003. *Inventario y Clasificación de Humedales en México*. Parte I. Ducks Unlimited de México, A.C. México.
- Craig, J. R., and K. G. Beal. 1992. The influence of habitat variables on marsh bird communities of the Connecticut River Estuary. *Wilson Bull.*, 104(2): 295-311.



Cupul-Magaña, F. G. 1999. La laguna El Quelele, Nayarit, México, como hábitat de aves acuáticas. *Ciencia y Mar, Revista de la Universidad del Mar* 3(8): 21-28.

Cupul-Magaña, F. G. 2000. Aves acuáticas del estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco. *Huitzil* 1: 3-8.

Cupul-Magaña, F. G. 2002. Un vistazo a la avifauna sinaloense. Páginas 375-385 en J. L. Cifuentes-Lemus y J. Gaxiola-López (eds.), *Atlas de la Biodiversidad de Sinaloa*, El Colegio de Sinaloa, Culiacán.

De la Lanza Espino. G. 1994. Química de las Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano. Páginas 127-198 en G. De la Lanza Espino y C. Cáceres Martínez (eds.), *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*, Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Diario Oficial de la Federación. 14 de Mayo de 1997.

Elenes-Muñoz, S. 2009. Evaluación estacional de la calidad del agua en el Estero del Yugo, Mazatlán Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Mazatlán.

Engilis, A., L. W. Oring, E. Carrera, J. W. Nelson, and A. Martínez López. 1998. Shorebird surveys in Ensenada Pabellones and Bahía Santa María, Sinaloa, Mexico: Critical Winter Habitats for Pacific Flyway Shorebirds. *Wilson Bull.*, 110(3): 332-341.

Escalante, P., A. M. Sada, y J. Robles Gil. 1996. Listado de nombres comunes de las aves de México. Agrupación Sierra Madre CONABIO.

Erwin, R. M. 1996. Dependence of Waterbirds and Shorebirds on Shallow-Water Habitats in the Mid-Atlantic Coastal Region: An Ecological Profile and Management Recommendations. *Estuaries*. Vol. 19 No. 2A.

- Funderburk, L. S., and P. F. Springer. 1989. Wetland bird seasonal abundance and habitat use at Lake Earl and Lake Talawa, California. *Calif. Fish and Game* 75(2): 85-101.
- Gatto, A., F. Quintana, P. Yorio, y N. Lisnizer. 2005. Abundancia y Diversidad de Aves Acuáticas en un Humedal Marino del Golfo San Jorge, Argentina. *Hornero* 20(2): 141-152.
- Güitron, L. M., Y.F. Estrada, O. Montes, y G. Barba. 2005. Resultados del monitoreo de aves acuáticas durante el periodo 2004-2005 en el sitio Ramsar Laguna de Sayula. XVI Semana de la Investigación Científica. CUCBA.
- Guzmán, J., R. Carmona, E. Palacios, y M. Bojórquez. 1994. Distribución Temporal de Aves Acuáticas en el Estero de San José del Cabo, B.C.S. México. *Ciencias Marinas* 20 (1): 93-103.
- Hernández Vázquez, S. 2000a. Monitoreo y uso del hábitat de aves neárticas y neotropicales asociados a ambientes acuáticos litorales en el municipio de Tomatlán, Jalisco, México. Universidad de Guadalajara Centro Universitario de la Costa Sur. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L292. México D.F.
- Hernández-Vázquez, S. 2000b. Aves acuáticas del estero La Manzanilla, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 80: 143-153.
- Hernández-Vázquez, S. 2005a. Aves acuáticas de la Laguna de Agua Dulce y el Estero El Ermitaño, Jalisco, México. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 53 (1-2): 229-238.
- Hernández-Vázquez, S. 2005b. 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. Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional.

- Howell, N. G. S., and S. Webb. 1995. A guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. OXFORD University Press.
- Martínez-López, A. 2003. Fauna Silvestre. Páginas 357-367 en J. L. Cifuentes-Lemus, y J. Gaxiola-López (eds.), Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa, El Colegio de Sinaloa, Culiacán.
- Martínez-Martínez, Z. B., y F.G. Cupul-Magaña. 2002. Listado actualizado de aves acuáticas de la desembocadura del Río Ameca, Bahía de Banderas, México. Revista Ciencia y Mar Volumen VI Número 16.
- Mejía-Sarmiento, B. 2001. La Acuacultura y las Aves. Páginas 77-97 en F. Páez-Osuna (ed.) Camaronicultura y Medio Ambiente, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Mazatlán.
- Mellink, E., and G. Riva. 2005. Non-breeding waterbirds at Laguna de Cuyutlán and its associated wetlands, Colima, Mexico. J. Field Ornithol. 76(2): 158–167.
- Myers, J. P., R. I. G. Morrison, P. Z. Antas, B. A. Harrington, T. E. Lovejoy, M. Sallaberry, S. E. Senner, and A. Tarak. 1987. Conservation strategy for migratory species. American Scientist 75: 18-26.
- National Geographic. 2002. Field Guide to the Birds of North America. 4 th edition. Washington, D.C.
- Navarro, G. A., y H. Benítez. 1993. Patrones de riqueza y endemismo de las aves. Ciencias, número especial 7.
- Neyra, G. L., y L. Durand. 1998. Biodiversidad, en Conabio, 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Páez, O. F. 2007. Catalogo de Macroalgas de las lagunas costeras de Sinaloa. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Lagunas Costeras de Sinaloa.

- Palacios, E., A. Escofet, y D. H. Loya-Salinas. 1991. El Estero de Punta Banda, B.C., México como eslabón del "Corredor del Pacífico": Abundancia de Aves Playeras. *Ciencias Marinas* 17(3): 109-131.
- Paracuellos, M., and J. L. Tellería. 2004. Factors Affecting the Distribution of a Waterbird Community: The Role of Habitat Configuration and Bird Abundance. *Waterbirds* 27(4): 446-453.
- Perez-Arteaga, A., and K. J. Gaston. 2004. Status of American Coot *Fulica americana* (Gruiformes: Rallidae) wintering in Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20(1): 253-263.
- Pescador, M., and S. Peris. 2009. Seasonal and Water Mass Size Effects on the Abundance and Diversity of Waterbirds in a Patagonian National Park. *Waterbirds* 32(1): 25-35.
- Perry, C. M., and A. S. Deller. 1996. Review of Factors Affecting the Distribution and Abundance of Waterfowl in Shallow-Water Habitats of Chesapeake Bay. *Estuaries*. Vol. 19 No. 2A.
- Razafimanjato, G., T. S. Sam, and R. Thorstrom. 2007. Waterbird Monitoring in the Anstalova Region, Western Madagascar. *Waterbirds* 30(3): 441-447.
- Ruiz-Campos, G., E. Palacios, J. A. Castillo-Guerrero, S. González-Guzmán, y E. H. Batche-González. 2005. Composición espacial y temporal de la avifauna de humedales pequeños costeros y hábitat adyacentes en el noroeste de Baja California, México. *Ciencias Marinas* 31(3): 553-576.
- Sánchez-Bon, G. 2008. Diversidad y Abundancia de la avifauna presente en las islas San Ignacio, Vinorama, Macapule y Pájaros, Guasave, Sinaloa. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional.

- Scott, D. A., y M. Carbonell (compiladores). 1986. Inventario de los Humedales de la Región Neotropical. IWRB Slimbridge y UICN Cambridge.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1995. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3rd edition. W. H. Freeman and Co. New York.
- Stokes, D. C., and A. M. van der Heiden. 1998. Wetland bird seasonal abundance and habitat preference at Estero del Yugo, Mazatlán, Sinaloa, México. Reporte de una estancia de investigación. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Mazatlán.
- Torres, M., Z. Quinteros, y F. Takano. 2006. Variación temporal de la abundancia y diversidad de aves limícolas en el refugio de vida silvestre Pantanos de Villa, Lima-Perú. *Ecología Aplicada* 5: 1,2.
- Vega, P. X., M. A. Guevara, A. Muñoz del Viejo, y M. A. González. 2006. La importancia de las zonas costeras para las aves acuáticas coloniales. Páginas 161-167 en J. L. Cifuentes-Lemus y J. Gaxiola-López (eds.), *Atlas del Manejo y Conservación de la Biodiversidad y Ecosistemas de Sinaloa*, El Colegio de Sinaloa, Culiacán.
- Zamora-Orozco, E. M., R. Carmona, y G. Brabata. 2007. Distribución de aves acuáticas en las lagunas de oxidación de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México *Revista de Biología Tropical*. 55(2): 617-626.
- Zárate-Ovando B., E. Palacios, H. Reyes-Bonilla, E. Amador, and G. Saad. 2006. Waterbirds of the Lagoon Complex Magdalena Bay-Almejas, Baja California Sur, Mexico. *Waterbirds* 29(3): 350-364.

#### **Referencias electrónicas**

<http://www.aou.org/checklist/north/full.php>

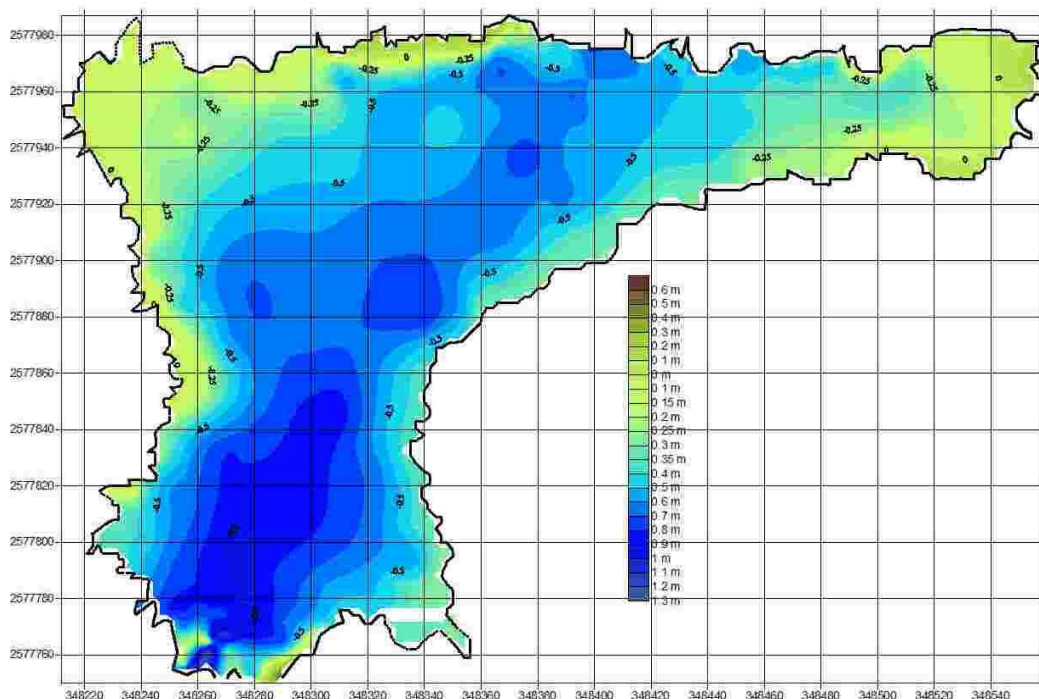
## ANEXOS

**ANEXO I.** Valores de cobertura de agua (ha), riqueza de especies y abundancia, estimados por semana para cada laguna.

Semana	LAGUNA SUR			LAGUNA NORTE		
	Cobertura	Riqueza	Abundancia	Cobertura	Riqueza	Abundancia
1	3,7452	9	82	3,2495	27	409
2	3,7452	6	47	3,216	23	397
3	3,7452	4	107	3,1825	22	330
4	3,7452	4	94	3,1825	26	351
5	3,7452	4	28	3,149	24	401
6	3,7452	1	22	3,1155	30	434
7	3,783	3	11	3,082	21	364
8	3,783	2	6	3,0485	22	668
9	3,783	3	3	3,015	20	371
10	3,783	8	31	2,8475	15	318
11	3,783	7	20	2,68	20	166
12	3,783	2	4	2,5795	18	149
13	3,783	1	3	2,546	21	171
14	3,783	3	3	2,5125	11	67
15	3,783	6	7	2,479	13	73
16	3,783	4	8	2,345	11	54
17	3,783	6	11	2,1775	12	68
18	3,783	4	14	2,01	9	53
19	3,783	5	10	1,8425	11	66
20	3,783	6	11	1,675	12	54
21	3,783	5	14	1,34	9	32
22	3,783	5	9	1,273	8	39
23	3,783	5	6	1,2395	13	74
24	3,783	5	9	1,206	6	13
25	3,783	5	15	1,1725	8	24
26	3,783	5	10	1,1725	8	20
27	3,783	8	20	1,1725	8	19
28	3,783	4	7	1,1725	9	40
29	2,2698	10	33	3,1825	11	59
30	3,783	3	17	3,2495	5	6
31	3,783	3	8	3,3165	3	10
32	2,6481	14	106	3,35	8	18
33	3,0264	16	110	3,35	5	6
34	3,7073	12	23	3,35	6	7
35	3,783	5	9	3,35	8	46

36	3,783	4	7	3,35	6	20
37	3,783	4	6	3,35	9	68
38	3,783	6	11	3,35	12	71
39	3,783	3	7	3,35	13	155
40	3,783	5	8	3,35	11	128
41	3,783	5	8	3,35	15	166
42	3,783	6	16	3,35	10	167
43	3,783	6	15	3,35	16	230
44	3,783	5	20	3,35	20	191
45	3,783	5	8	3,2495	23	260
46	3,783	4	10	3,216	18	243
47	0,1892	11	90	3,1825	22	315
48	2,8373	6	40	3,149	29	451
49	3,0264	9	31	3,1155	29	599
50	3,2156	7	18	3,082	32	744
51	3,4047	12	42	3,0485	29	443
52	3,5939	5	19	3,015	25	308
53	3,5939	7	33	2,948	26	376
54	3,7073	2	5	2,9145	25	344
55	0	11	40	2,881	25	298
56	3,2156	4	17	2,8475	21	409
57	3,2156	4	28	2,747	25	452
58	3,7073	4	9	2,68	22	442
59	3,783	4	5	2,6465	21	436

**ANEXO II.** Plano de Batimetría realizado dentro de la laguna sur del Estero del Yugo.



**ANEXO III.** Abundancia de las aves acuáticas por especie y por grupo funcional registradas en el Estero del Yugo durante el periodo de observaciones. TOTAL = número de individuos de cada especie, % GRUPO = abundancia relativa de cada especie dentro de su grupo funcional o subgrupo (en el caso de Patos y Nadadores y Otros), % (PN) = abundancia relativa de cada especie de Patos y Nadadores con respecto al total de su grupo, % (OT) = abundancia relativa de cada especie de Otros con respecto al total de su grupo, % TOTAL = Abundancia relativa de cada especie con respecto al número total de individuos, (FREC) = Número de observaciones (n=59) y % (FREC) = Frecuencia relativa (n=59).

Especie	TOTAL	% GRUPO	% (PN)	% (OT)	TOTAL	(FREC)	% (FREC)
<i>Anas clypeata</i>	752	44	14		5	31	53
<i>Anas discors</i>	543	32	10		4	34	58
<i>Anas crecca</i>	247	14	5		2	26	44
<i>Anas strepera</i>	78	5	1		1	10	17
<i>Anas cyanoptera</i>	44	3	1		0	17	29
<i>Anas acuta</i>	33	2	1		0	12	20
<i>Anas americana</i>	9	1	0		0	3	5
<b>Patos de superficie (PS)</b>	<b>1706</b>	<b>100</b>	<b>32,0</b>		<b>12</b>		



<i>Oxyura jamaicensis</i>	598	44	11	4	43	73
<i>Aythya americana</i>	392	29	7	3	15	25
<i>Aythya affinis</i>	373	27	7	3	22	37
<b>Patos buceadores (PB)</b>	<b>1363</b>	<b>100</b>	<b>26</b>	<b>10</b>		
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1199	55	23	9	49	83
<i>Tachybaptus dominicus</i>	843	38	16	6	45	76
<i>Podiceps nigricollis</i>	81	4	2	1	23	39
<i>Podilymbus podiceps</i>	64	3	1	0	22	37
<b>Zambullidores y cormoranes (ZC)</b>	<b>2187</b>	<b>100</b>	<b>41,61</b>	<b>16</b>		
<b>Patos y nadadores (PN) = (PS+PB+ZC)</b>	<b>5256</b>	<b>100</b>	<b>100</b>			
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	110	100		0,78	20	34
<b>Patos de percha (PP)</b>	<b>110</b>	<b>100</b>		<b>0,78</b>		
<i>Fulica americana</i>	5231	99		37,09	48	81
<i>Gallinula chloropus</i>	32	0,608		0,23	15	25
<i>Porzana carolina</i>	3	0,057		0,02	3	5
<b>Gallaretas y Afines (GA)</b>	<b>5266</b>	<b>100</b>		<b>37,34</b>		
<i>Himantopus mexicanus</i>	699	46		5,0	41	69
<i>Limnodromus sp.</i>	463	31		3,3	23	39
<i>Tringa flavipes</i>	68	5		0,5	25	42
<i>Actitis macularius</i>	67	4		0,5	31	53
<i>Charadrius vociferus</i>	60	4		0,4	21	36
<i>Tringa semipalmata</i>	55	4		0,4	18	31
<i>Calidris mauri</i>	35	2		0,2	3	5
<i>Recurvirostra americana</i>	21	1		0,1	4	7
<i>Calidris minutilla</i>	11	1		0,1	2	3
<i>Numenius phaeopus</i>	8	1		0,1	7	12
<i>Phalaropus tricolor</i>	8	1		0,1	1	2
<i>Tringa melanoleuca</i>	5	0		0,0	5	8
<i>Calidris sp.</i>	5	0		0,0	1	2
<i>Limosa fedoa</i>	3	0		0,0	2	3
<b>Vadeadores Pequeños (VP)</b>	<b>1508</b>	<b>100</b>		<b>10,7</b>		
<i>Egretta thula</i>	481	31		3,41	50	85
<i>Ardea alba</i>	215	14		1,52	54	92
<i>Eudocimus albus</i>	175	12		1,24	30	51

<i>Nyctanassa violacea</i>	153	10		1,08	48	81
<i>Butorides virescens</i>	149	10		1,06	53	90
<i>Egretta tricolor</i>	116	8		0,82	45	76
<i>Ardea herodias</i>	82	5		0,58	42	71
<i>Mycteria americana</i>	49	3		0,35	14	24
<i>Plegadis chihi</i>	40	3		0,28	21	36
<i>Bubulcus ibis</i>	21	1		0,15	7	12
<i>Egretta caerulea</i>	19	1		0,13	11	19
<i>Nycticorax nycticorax</i>	18	1		0,13	13	22
<i>Platalea ajaja</i>	16	1		0,11	10	17
<i>Egretta rufescens</i>	1	0		0,01	1	2
<b>Vadeadores grandes (VG)</b>	<b>1535</b>	<b>100</b>		<b>10,9</b>		
<i>Fregata magnificens</i>	140	33	33	0,99	27	46
<i>Larus atricilla</i>	114	27	27	0,81	5	8
<i>Larus philadelphia</i>	61	14	14	0,43	3	5
<i>Pelecanus occidentalis</i>	51	12	12	0,36	14	24
<i>Gelochelidon nilotica</i>	13	3	3	0,09	2	3
<i>Sternula antillarum</i>	4	1	1	0,03	1	2
<i>Hydroprogne caspia</i>	3	1	1	0,02	2	3
<i>Larus delawarensis</i>	2	0.5	0	0,01	2	3
<i>Megaceryle alcyon</i>	27	6	6	0,19	14	24
<i>Pandion haliaetus</i>	12	2	3	0,09	10	17
<i>Chloroceryle americana</i>	2	0.5	0	0,01	2	3
<b>Otros (OT)</b>	<b>429</b>	<b>100</b>	<b>100</b>			
<b>Total Aves Acuáticas</b>	<b>14104</b>	<b>100</b>		<b>100,0</b>		

**ANEXO IV.** Número promedio mensual de individuos observados en cada laguna durante el periodo de muestreo. LN = laguna norte y LS = laguna sur. La última semana de enero de 2008 fue incluida en el promedio del mes de febrero.

<b>Mes</b>	<b>LN</b>	<b>LS</b>
Enero-Febrero 2008	378	72
Marzo	459	11
Abril	201	15
Mayo	63	9
Junio	48	11
Julio	33	10
Agosto	31	19
Septiembre	10	62
Octubre	72	8
Noviembre	154	11
Diciembre	248	29
Enero 2009	559	33
Febrero	343	19
Marzo	387	28
Abril	439	7
<b>PROMEDIO</b>	<b>228,33</b>	<b>22,93</b>
<b>DESV EST</b>	<b>185,81</b>	<b>19,74</b>

