

Tesis defendida por
Cinthia Coral Mireles Mireles
y aprobada por el siguiente Comité

Dr. Eric Mellink Bijtel
Director del Comité

Dr. Jaime Luévano Esparza
Miembro del Comité

Dr. Eduardo Palacios Castro
Miembro del Comité

M.C. Vicente Ferreira Bartrina
Miembro del Comité

Dra. Rufina Hernández
Coordinador
Programa de Posgrado en Ciencias de
la Vida

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales
Director
Dirección de Estudios de Posgrado

5 de febrero de 2013

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA, B.C.**



Programa de Posgrado en Ciencias
en Ciencias de la Vida

Uso histórico y actual de la Laguna de Bustillos, Chihuahua, por aves
acuáticas

Tesis
que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado
de
Maestra en Ciencias

Presenta
Cinthia Coral Mireles Mireles

Ensenada, Baja California, México
2013

Resumen de la tesis de Cinthia Coral Mireles Mireles, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestra en Ciencias en Ciencias de la Vida con orientación en Biología Ambiental.

Uso histórico y actual de la Laguna de Bustillos, Chihuahua, por aves acuáticas

Resumen aprobado por:

Eric Mellink Bijtel

Se analizaron los cambios en la abundancia y composición específica de las aves acuáticas invernantes en la Laguna de Bustillos, utilizando los datos de los conteos aéreos del United States Fish and Wildlife Service (USFWS), durante los inviernos de 1951 a 2006 y estos se compararon con los conteos aéreos de las Lagunas de Los Mexicanos y Babícora, para determinar si existían patrones a nivel regional. Además, se evaluó el uso diferencial y las preferencias de hábitat de las distintas zonas de la Laguna por las aves acuáticas a lo largo de la temporada invernal 2011- 2012.

El USFWS registró 20 especies de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos de 1951 a 2006, 18 especies en la Laguna de Babícora de 1961 a 2006 y 16 especies en la Laguna de los Mexicanos de 1959 a 2006. Hubo fluctuaciones en la abundancia de las diferentes especies a lo largo del tiempo, pero estos no se pudieron explicar satisfactoriamente.

En contraste con los valores históricos, durante la temporada invernal 2011-2012 se registraron 39 especies en Bustillos, aunque el 40% del total de aves correspondió a una sola especie (*Chen* sp.) y el otro 41% a otras 3 especies (*Anas clypeata*, *Grus canadensis* y *Anser albifrons*). La información de la temporada 2011-2012 para algunas especies contrasta con el uso histórico de la Laguna por aves acuáticas, revelado por los censos aéreos del USFWS, y sugiere la posibilidad de cambios recientes en la estructura o función de la misma.

Muchas de las especies exhibieron preferencia por alguna zona de la laguna, en función de sus requerimientos ecológicos, aunque otras usaron toda la laguna. Las poblaciones de las 4 especies principales en la Laguna de Bustillos representan una parte importante de sus poblaciones en México lo que evidencia a la laguna como de alta importancia para la invernación o migración de las aves acuáticas, cuando menos en alguna de las temporadas invernales.

Palabras clave: **Laguna de Bustillos, aves acuáticas, USFWS**

Abstract of the thesis presented by Cinthia Coral Mireles Mireles as a partial requirement to obtain the Master in Science degree in Life Sciences with an orientation in Environmental Biology

Historic and current use of Laguna de Bustillos, Chihuahua, by waterbirds

Abstract approved by:

Eric Mellink Bijtel

Changes in abundance and species composition of wintering waterfowl in the Laguna de Bustillos, Chihuahua, Mexico, using data from the USFWS aerial surveys during the winters of 1951-2006, were analyzed and compared with aerial counts of the lagoons of Los Mexicanos and Babícora, to determine if regional patterns existed. I assessed the differential use and habitat preferences of the different areas of the lagoon by waterfowl throughout the winter season 2011-2012.

The USFWS reported 20 species of waterfowl in the Laguna de Bustillos from 1951 to 2006, 18 species in Laguna de Babícora from 1961 to 2006 and 16 species in the Laguna Los Mexicanos from 1959 to 2006. The data exhibited fluctuations in the abundance of different species, but these could not be explained satisfactorily.

In contrast with the historical data, 39 species used Laguna Bustillos during the winter season 2011-2012, although about 40% of all birds corresponded to a single species (*Chen* sp.), and 41% to other three species (*Anas clypeata*, *Grus canadensis* and *Anser albifrons*). Information from the season 2011-2012 for some species contrasts with the historical use of the lagoon revealed by the USFWS aerial surveys and suggests the possibility of recent changes in the structure or function of the same. Many species exhibited a preference for certain sections of the lagoon, reflecting their ecological requirements; other species used the entire lagoon. The populations of the four main species in Laguna de Bustillos represent a significant portion of their populations in Mexico, and this exhibits the lagoon as of high importance for wintering waterfowl migration, at least in some of the winter seasons.

Keywords: **Laguna de Bustillos, waterfowl, USFWS**

Dedicatoria

A todos para los que “Laguna de Bustillos”, tiene un significado especial, con mucho cariño, admiración y respeto:

A mis abuelos:

Blas Villezcas†

Julio Mireles†

Elvira Rivera

Montserrat Cuevas

A mis padres:

Elias Villezcas†

Lucia Mireles

A mis hermanos:

Araceli

Elias

Lizeth

A mi familia:

Mireles Chanez

Villezcas Rivera

Flores Cuevas

Agradecimientos

A mí mamá y hermanos, por amarme, cuidarme, aceptarme y esperar siempre pacientemente a que su pequeña saltamontes regrese. Todo esto es por ustedes, ¡los amo!

A Lupita Bravo y Juan Carlos Guzmán, por jalarme las orejas y animarme a estudiar una maestría. Tenían razón, esta ha sido una gran experiencia. Gracias por su apoyo y amistad.

A Eric Mellink, por aceptarme como tu alumna, por brindarme tu apoyo incondicional, por tus consejos, por tu paciencia y sobre todo por tu amistad. Has sido un gran ejemplo para mí, he aprendido mucho de ti. Gracias por todo.

A Perla Gallegos, Socorro Tafoya (Coco), Mark Gutiérrez, Luis Villezcas, Ricardo Anaya, Gabriela Trevizo, Francisco Zamudio, José Zuñiga, Diana Venegas, Baltazar Flores, Patricia Flores y Jesús Flores, por acompañarme en cada una de las aventuras que significaba ir a hacer los monitoreos. Gracias por congelarse junto conmigo.

A Luis Javier Rivas Castilla, por confiar en mí y apoyarme aún sin conocerme. Gracias por tu amistad.

A Vicente Ferreira, Eduardo Palacios y Jaime Luévano, por sus atinados consejos y recomendaciones, además de su empeño en la revisión de este trabajo.

Al CICESE por brindarme la oportunidad de crecer personal y profesionalmente.

Al CONACyT por otorgarme la beca que me dio la oportunidad de estudiar una maestría.

A Joaquín Contreras y Rogelio Zizumbo, por su apoyo y amistad.

A Arvind Panjabi, Greg Levandousky y su equipo de trabajo por recibirme como parte de ellos y brindarme todas las facilidades para aprender un poco más sobre las aves y su monitoreo.

A Jacinto Hernández, Onasis Valenzuela, Marcelino Martínez, Javier Espinoza Cruickshank, Wendy Brown, Waite R. Osterkamp y James Anderson, por facilitarme amablemente información importante para el desarrollo de este trabajo.

A la familia Villezcas Rivera y Flores Cuevas, por aceptarme en su casa, por cuidar de mí y por el amor que siempre me dieron. Valoro mucho el tiempo que compartí con ustedes y siempre estaré agradecida por ser parte de su familia.

A mis amigos de Ensenada, Yunuen, Elievf, Jannette, Nancy, Ricardo y Alberto, por ser como una familia para mí, por brindarme su amistad durante estos dos años y ser cómplices en esta aventura llamada maestría.

A mis amigos de Chihuahua, Dulce, Perla, Edith, Humberto, Samuel, Manuel, Pepe Zuñiga y Roberto Rodríguez, por estar siempre al pendiente de mí y por brindarme su amistad y cariño.

Contenido

1	Introducción	1
2	Antecedentes	3
3	Objetivos	8
4	Materiales y métodos	9
	Área de estudio.....	9
	Laguna de Bustillos	9
	Laguna de Babícora	9
	Laguna de Los Mexicanos.....	10
	Métodos.....	11
	Fluctuación de las aves acuáticas entre 1951 y 2006	11
	Las aves acuáticas de la Laguna de Bustillos en la temporada 2011-2012	13
5	Resultados	16
	Uso histórico de las lagunas de Bustillos, Los Mexicanos y Babícora, Chihuahua, por aves acuáticas	16
	Uso de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas en el invierno 2011-2012	26
6	Discusión	39
	Uso histórico de las lagunas del noroeste de Chihuahua por aves acuáticas	39
	Comparación de las tres lagunas: buscando el patrón regional	39
	Uso histórico de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas	41
	Fluctuaciones de especies selectas	43
	Uso de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas en el invierno 2011-2012	44
7	Conclusiones	50
	Uso histórico de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas	50
	Uso de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas en el invierno 2011-2012	50
8	Literatura citada	52

Lista de figuras

Figura		Página
1	Ubicación de las Lagunas de Bustillos, Babícora y Los Mexicanos en el Estado de Chihuahua	11
2	Ubicación de los sitios de monitoreo de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012	14
3	Abundancia de aves en tres lagunas del estado de Chihuahua, durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006	21
4	Riqueza de aves en tres lagunas del estado de Chihuahua, durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006	22
5	Diversidad de aves acuáticas (exponencial del índice de Shannon; Jost 2007) en tres lagunas del estado de Chihuahua, durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006.	23
6	Cambios en la composición de aves en la Laguna de Bustillos durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006	24
7	Cambios en la composición de aves en la Laguna de Babícora durante conteos aéreos de 1961 a 2006	24
8	Cambios en la composición de aves en la Laguna de Los Mexicanos durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006	25
9	Organización de años de muestreo a través de un análisis de componentes principales, basado en la abundancia de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos, Chihuahua, de 1951 a 2006	26
10	Abundancia (1) y riqueza de especies en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012	29
11	Diversidad de aves acuáticas (exponencial del índice de Shannon; Jost 2006) en la Laguna de Bustillos, durante la temporada invernal 2011-2012	30
12	Composición de especies de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012	31
13	Preferencia de hábitat de las principales especies de aves acuáticas presentes en la Laguna de Bustillos en la temporada invernal 2011-2012	32
14	Organización de los sitios de estudio mediante un Análisis de Componentes Principales con base en la abundancia de cada especie de ave acuática en cada sitio durante el invierno 2011-2012	38
15	Organización de 12 sitios de muestreo de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos, Chihuahua, en función del resultado de un Análisis de Componentes Principales.	39

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Fechas de monitoreo de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012	15
2	Especies de aves acuáticas registradas por el USFWS durante los conteos aéreos de 1951 a 2006.	17
3	Especies registradas en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012	26

1 Introducción

El Estado de Chihuahua, en la parte norte de la República Mexicana, contiene varios humedales de gran importancia para las aves acuáticas, entre ellas la de Bustillos, en la base oriental de la Sierra Madre Occidental, en el centro del Estado. Esta laguna recibe agua de los arroyos de Napavechi, San Antonio y La Vieja, pero ésta es extraída para riego agrícola e industrial en la región. Al mismo tiempo, el agua que llega a la laguna podría aportar contaminantes derivados de aguas negras de las ciudades de Cuauhtémoc y Anáhuac y otras poblaciones que se encuentran rodeando a la laguna, así como contaminantes de origen agrícola (fertilizantes, pesticidas, herbicidas, entre otros) e industrial, provenientes del Complejo Industrial Celulosa de Chihuahua (Amado y Ortiz, 1999), una fábrica de papel que vierte sus desechos a la laguna.

Existe poca información publicada sobre la importancia biológica formal de la Laguna de Bustillos. Sin embargo, con base en información anecdótica sobre las concentraciones de aves acuáticas migratorias y nativas y los conteos de medio invierno del U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS) se le incluyó entre los humedales prioritarios para la conservación de las aves acuáticas migratorias en México (DUMAC, 2008), así como entre las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS). La Laguna es un área de importancia internacional ya que forma parte de los Humedales Prioritarios para el USFWS (Wilson y Ryan, 1997), ha sido designada como sitio Ramsar (Pérez-Arteaga *et. al.*, 2002b) y está clasificada por CONABIO como una región hidrológica prioritaria de alta biodiversidad, al mismo tiempo que amenazada (Arriaga *et. al.*, 2002). Las aves acuáticas que tienen mayor abundancia en la laguna son la grulla gris (*Grus canadensis*), el ganso nevado (*Chen caerulescens*), el ganso de Ross (*Chen rossii*) y el pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*) (CCA, 1999, Pérez-Arteaga *et. al.*, 2002a).

A pesar de su aparente importancia para las aves acuáticas, ha habido una notoria falta de generación de conocimientos sistemáticos y su publicación formal sobre ellos. La escasa información publicada sobre la Laguna de Bustillos está enfocada a estudios sobre la calidad de su agua (Benavides *et. al.*, 2008) y para uso agrícola (Amado *et al.*, 1993; Amado y Ortiz, 1999; Ortiz y Amado, 2001). Las clasificaciones de importancia biológica que se le han dado a la Laguna (por CONABIO, DUMAC, USFWS), se han basado en talleres y consultas a expertos.

Aunque se reconoce a la Laguna de Bustillos como biológica y ornitológicamente importante, la falta de información, incluso la más elemental, impide que se evalúe objetivamente dicha importancia y que se analicen los problemas potenciales que enfrenta la integridad biológica de la misma y se propongan estrategias de manejo que aseguren el valor continuado de este humedal para las aves acuáticas.

2 Antecedentes

Las aves son uno de los grandes componentes de la biodiversidad. Al mismo tiempo revisten de una gran importancia económica (cacería deportiva, de autoconsumo, como plagas, etc.), ecológica (por los servicios ambientales que proporcionan) y cultural, al lugar en el que se encuentren. Como consecuencia, están presentes en la percepción pública y forman parte importante de los programas de conservación ambiental.

Aunque hay muchas maneras de clasificar a las aves (taxonómica, por servicio ambiental, por tipo de uso antrópico, etc.), desde el punto de vista de las iniciativas actuales de conservación a nivel continental se les ha clasificado en terrestres, “patos y gansos”, “playeros” y “acuáticas” (esta última excluyendo a los dos grupos previos). Los tres últimos de estos grupos dependen fuertemente de los humedales para su sobrevivencia y ponen de realce el papel, frecuentemente menospreciado, de estos hábitats.

Los humedales son terrenos de transición entre sistemas acuáticos y terrestres, en los que generalmente el nivel freático está en o cerca de la superficie, o el terreno está cubierto por aguas someras (Cowardin *et. al.*, 1979). Los humedales deben tener uno o más de los siguientes atributos: a) al menos periódicamente el terreno alberga predominantemente hidrófilas; b) el sustrato dominante corresponde a suelos hídricos y c) el sustrato está saturado con agua o cubierto por aguas someras en algún momento de la estación de crecimiento de cada año. Los humedales se agrupan de manera jerárquica progresiva, en la cual los sistemas y subsistemas son las categorías superiores y las clases, subclases y tipos dominantes, categorías inferiores. El término “sistema” se refiere a un complejo de humedales y hábitats de aguas profundas que comparten la influencia de factores hidrológicos, geomorfológicos, químicos o biológicos, que pueden dividirse en categorías más específicas llamadas “subsistemas.” La “clase” es la categoría inmediata inferior a subsistema y describe la apariencia general

del hábitat en términos de las formas dominantes de vida, de la vegetación o de la fisiografía y composición de los suelos, además la clasificación considera “subclases” “tipos dominantes” y “modificadores,” que permiten una descripción más detallada de los humedales.

La Convención sobre los Humedales de Ramsar (Berlanga-Robles *et. al.*, 2008) define a los humedales como extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Una última clasificación (Semeniuk y Semeniuk, 1995, 1997) se basa en la geomorfología e hidrología de los humedales reconociendo 13 formas primarias que son descritas sistemática y jerárquicamente, con criterios basados en el tamaño, la forma, los suelos, la vegetación y la salinidad. Los humedales pueden ser marinos-costeros, interiores y artificiales (Cowardin *et al.*, 1979).

México tiene gran importancia para las aves norteamericanas que dependen de los humedales por la abundancia que de ellos hay en el país. Sin embargo, no hay una cuantificación clara de los humedales en México. Mientras que Olmsted (1993) estimó más de 3.3 millones de hectáreas de humedales, De la Fuente y Carrera (2003) reportaron 904,573 ha. De estos, 558,011ha corresponden a humedales de agua dulce, 45.7% de ellos en el Estado de Chihuahua.

Los humedales proporcionan hábitat de anidación y alimentación y proporcionan sitios de escala migratoria e invernada críticos para un gran número de aves acuáticas migratorias y residentes (Wilson y Ryan, 1997; Turnbull y Baldassarre, 1987; Rhodes y García, 1981; Colón 2009; Ruíz-Campos *et. al.*, 2005; Myers 1983; Borges y Shanbhag, 2008; Liordos 2010, Takekawa *et. al.*, 2006; Hattori y Mae, 2001). Esta importancia no es constante en tiempo, sino que fluctúa entre años en función de los niveles de agua que, a su vez, dependen de las características de la temporada de

lluvias y de la extracción de agua para uso agrícola e industrial. En este sentido son tres los temas que sobresalen como relevantes para entender el valor de un humedal para las aves acuáticas: 1) el uso diferencial de distintas zonas y hábitats dentro del humedal, 2) las fluctuaciones temporales en las abundancias de las diferentes especies que lo utilizan, 3) el papel de la contaminación, principalmente de los niveles de acidez o alcalinidad, que se ven reflejados en la abundancia y disponibilidad de alimento para las aves (Parker *et. al.*, 1992, Longcore *et. al.*, 2006).

Muchos factores influyen en la importancia y preferencia de un humedal por las aves, incluyendo la profundidad y fluctuaciones en el nivel del agua, vegetación, salinidad, topografía, tipo de alimento disponible, accesibilidad al alimento, tamaño del humedal, entre otros (Ma *et. al.*, 2010). Por ejemplo, el estatus trófico en lagos de Florida fue el factor con mayor influencia en la abundancia y riqueza de especies de aves, pero los cambios en la composición de la comunidad de aves parecían aminorar cambios en esas dos variables y oscurecer su relación con la abundancia de macrofitas (Hoyer y Canfield, 1994). Una relación similar se documentó en Inglaterra (Impey *et. al.*, 2006). Una característica especialmente importante en condicionar el valor de un humedal para unas u otras especies de aves acuáticas es su vegetación emergente. Esta, y la turbidez del agua, explican el uso de las playas en los humedales para anidación por aves acuáticas (Rhodes y Garcia, 1981).

La profundidad y la penetración del oxígeno en el agua afectan fuertemente el uso de los humedales por aves acuáticas (Bolduc y Afton, 2004, 2008). Humedales superficiales o de poca profundidad proporcionan hábitat para un mayor número de aves (Colwell y Taft, 2000). En el uso del hábitat tanto por playeros como por aves acuáticas (patos y gansos), la profundidad del agua es la variable más importante entre las especies, ya que influye significativamente en el uso del área para forrajeo de los distintos gremios (Isola *et. al.*, 2000).

La disponibilidad de alimento también es pieza clave para la sobrevivencia, crecimiento y reproducción de las aves acuáticas, además de ser particularmente importante para algunas aves acuáticas que deben de acumular reservas suficientes para llevar a cabo la migración (Fredrickson y Reid, 1988). En este sentido, las comunidades de aves están fuertemente influenciadas por el tipo, tamaño y cantidad de alimento disponible en los humedales, siendo los invertebrados acuáticos su presa principal (Bolduc y Afton, 2004).

La abundancia relativa y la riqueza de especies de aves acuáticas en humedales pequeños costeros de la región mediterránea de Baja California estuvieron fuertemente relacionadas con el número de hábitats por humedal (Ruíz-Campos *et al.*, 2005). Sin embargo, en estos humedales, la alteración antropógena fue un factor decisivo para la presencia de aves acuáticas y en humedales de menor tamaño y con menor presencia humana había más aves que en humedales de mayor tamaño, pero con mayor presencia humana (Ruíz-Campos *et al.*, 2005). Otro factor que es relevante para las aves es la heterogeneidad de ambientes en un hábitat (Marone, 1991, González-Gajardo *et al.*, 2009).

A pesar de que los humedales son ecosistemas extremadamente importantes para la conservación de la biodiversidad en general y para el bienestar de las comunidades humanas (Ramsar Boreau, 2000, citado por Pérez- Arteaga, 2002b), son los ecosistemas más amenazados del planeta (Dahl, 1990). Junto con ello, las aves acuáticas han sido blanco de disturbios antropogénos que las desplazan de los lugares de alimentación, provocan el incremento en el gasto energético asociado con el vuelo, e influyen negativamente en su éxito reproductivo, resultando en la disminución de sus poblaciones (Korschgen y Dahlgreen, 1992, Ma *et al.*, 2010).

En general, los tamaños poblacionales de las aves migratorias no dependen de las mejores sino de las peores condiciones de los lugares de descanso que estas aves encuentran a lo largo de la ruta migratoria (Myers,

1983, Petrie *et. al.*, 2006, Pekarik *et. al.*, 2002). Por ejemplo, las aves playeras viajan a lo largo de las rutas migratorias tradicionales que contienen áreas clave para el éxito de la migración, en las que las aves se alimentan y descansan (Myers, 1983), por lo que al desaparecer alguno de estos sitios, las aves enfrentan problemas más serios para concluir con éxito su migración.

La Laguna de Bustillos es uno de los humedales importantes del centro del estado de Chihuahua y se le considera de “ámbito continental, permanentemente inundado” (Berlangua-Robles *et. al.*, 2008), aunque ocasionalmente, como a principios de la década de los 1950s, 1990s y 2012, llega a secarse completamente (Martínez, 2011, com. pers.). Esta laguna no es ajena a los disturbios antrópicos que experimentan otros humedales, ya que en ella se practica la pesca, la caza deportiva, y ha recibido contaminación agrícola, industrial y urbana desde 1921, cuando se instalaron los primeros poblados a su alrededor, además de recibir los desechos de una fábrica de papel instalada a orillas de la Laguna en 1955 (Arellano y Rojas, 1956).

Aunque no existe información publicada sobre las aves acuáticas que utilizan la Laguna de Bustillos, si existe información derivada de los censos aéreos realizados por el United States Fish and Wildlife Service (USFWS), entre 1951 y 2006. Esta información, aunque comprende una prospección aérea cada tres años, puede ser de utilidad para entender el uso de la laguna por las aves y su variación a través del tiempo.

3 Objetivos

Con el fin de entender la importancia de la Laguna de Bustillos para las aves acuáticas y comenzar a esbozar los procesos involucrados en ello, el presente estudio se enfocó en dos objetivos:

1. Analizar los cambios en la abundancia y composición específica de aves acuáticas invernantes en la Laguna de Bustillos entre 1951 y 2006.
2. Evaluar el uso diferencial y preferencias de hábitat de las distintas zonas de la laguna por las aves acuáticas a lo largo de la temporada invernal 2011-2012.

4 Materiales y métodos

Área de estudio

Este estudio se centró en la Laguna de Bustillos, pero como medida de cotejo regional, para el primer objetivo, se usaron de referencia las lagunas de Babícora y Los Mexicanos (Fig. 1). Las tres lagunas se encuentran dentro de la Región Hidrológica N° 34, “Cuencas Cerradas del Norte” de Chihuahua. A continuación se describen las tres lagunas:

Laguna de Bustillos

Esta laguna (28° 33' 31" N y 106° 45' 50" W) se localiza en el centro del Estado de Chihuahua (Fig. 1). Mide 11 km por 7 de ancho y su área mínima es de 77 km² (Arellano y Rojas, 1956). La Laguna es alimentada por varios arroyos que descienden de las serranías que le rodean, entre ellos los arroyos de San Antonio, Napavechi y La Vieja y otros de menor tamaño (Arellano y Rojas, 1956). Es una laguna somera, con variaciones fuertes en el nivel del agua a lo largo del año y entre años; al grado de que en ciertos años se seca del todo. La Laguna de Bustillos está rodeada al oriente por la sierra de San Bernabé y el cerro San Andrés, los cerros del Águila y San Antonio y hacia el sur y occidente el cerro San Ignacio. La laguna y sus riberas carecen de manchones importantes de vegetación emergente, probablemente debido a la abundante presencia de ganado vacuno y equino, los cuales utilizan la laguna y sus riberas para pastar y abrevar.

La Laguna está rodeada por zonas agrícolas y poblados, incluyendo los de La Selva, Vista Hermosa, La Cruz, Centro Calles y Favela, que se sostienen de la agricultura, la ganadería y la pesca.

Laguna de Babícora

Esta laguna (29°05' 24" a 29°37' 48" N y 107°3 1' 12" a 108°13' 48" W), se localiza en el noroeste del Estado de Chihuahua (Fig. 1), en los municipios de Gómez Farías, Namiquipa, Madera y Temosachi (CONABIO,

2007). Es una laguna intermitente que se seca año con año y tiene una profundidad promedio de un metro en época de lluvias (CONAGUA, 2002). Se caracteriza por lomeríos y valles inundables que son alimentados por las lluvias, el escurrimiento de las nevadas en las serranías aledañas, algunos manantiales, así como por las aguas del Río Santa María (Cruz *et. al.*, 2010). El área que cubre el espejo de agua de la laguna alcanza 119 km² y la cuenca cubre un área total de 1,854 km², siendo su límite máximo de inundación de 228 (Carrera y De la Fuente, 1999). Babícora está rodeada en un 65% de vegetación forestal y en un 6% de pastizales; el resto corresponde a zonas urbanas y agrícolas. El vaso de la laguna, en temporadas secas tiene gramíneas de los géneros *Chloris*, *Sporobolus*, *Panicum*, *Eragrostis* y *Echinochloa*. Las zonas agrícolas se dedican principalmente a la siembra de maíz y avena (Cruz *et. al.*, 2010).

Laguna de Los Mexicanos

Esta laguna (28°9' N y 106°57' W) se encuentra en el centro del Estado de Chihuahua (Fig. 1). Su cuenca hidrográfica es de 680 km² y recibe aguas del arroyo los Álamos y de otros arroyos de causes menores, (Holguín, 2004). Los Mexicanos está rodeada por campos agrícolas y algunos poblados, siendo los principales Capilla de los Remedios y Colonia Cusi (INEGI, 2005). Es una laguna de poca profundidad, que se seca cada año, lo cual es aprovechado por los lugareños para establecer zonas de cultivo dentro y alrededor del área inundable de la laguna.



Figura 1. Ubicación de las Lagunas de Bustillos, Babicora y Los Mexicanos en el Estado de Chihuahua.

Métodos

Fluctuación de las aves acuáticas entre 1951 y 2006

Para cumplir con el primer objetivo se analizaron los datos de abundancia y composición de aves acuáticas obtenidos por el United States Fish and Wildlife Service (USFWS) a través de censos aéreos “de mitad de invierno” (enero) de la Laguna de Bustillos, así como de las Lagunas de Los Mexicanos y de Babicora. Después de una primera revisión de los datos, se eliminaron aquellas especies que sólo recientemente se incluyeron en los censos (pelícanos y aves playeras).

Con la finalidad de establecer si los cambios en avifauna a través del tiempo correspondían a patrones regionales se realizaron análisis de correlación entre las tres lagunas, con base en el total de sus aves acuáticas y de las principales especies de aves presentes en las tres lagunas (*Grus canadensis*, *Anser albifrons*, *Chen* sp. y *Anas acuta*) (Brower, *et. al.*, 1990). La abundancia, riqueza, diversidad de las aves acuáticas durante los inviernos de 1951 a 2006 en las tres lagunas se compararon por medio de análisis de varianza (ANOVAs). La diversidad se representó a través del logaritmo del índice de Shannon (Jost, 2007).

Para cada laguna se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con base en la abundancia de las aves, con la finalidad de encontrar patrones en la composición de sus avifaunas (Marriot, 1974). Esos se complementaron con diagramas de papalote de las principales especies de aves acuáticas en cada laguna y el análisis de la variación de la diversidad a lo largo del tiempo.

Se exploró la relación entre la abundancia de aves (total y especies principales) y la precipitación pluvial de los meses de mayo a diciembre del año previo al censo y la precipitación acumulada de 1, 2, 3 y 4 años anteriores al año previo (años -2 a -5) mediante análisis de regresión múltiple (Brower, *et. al.*, 1990). Los datos de precipitación utilizada en los análisis de regresión de las lagunas de Bustillos y Los Mexicanos se generaron de la precipitación diaria de 1942 a 2005 de la estación meteorológica "Cuauhtémoc" (20°24'18"N y -106°52'0.1194" W), aproximadamente a 15 km de Bustillos, por ser una de las más cercanas a ambas lagunas y contar con una serie de datos más amplia. Para la Laguna de Babícora se obtuvo la información de la precipitación diaria de 1957 a 1985 de la estación meteorológica "Babícora" (29°22'00" N y -107°47'00" W), muy cerca de la Laguna de Babícora.

Las aves acuáticas de la Laguna de Bustillos en la temporada 2011-2012

Para cumplir con el segundo objetivo, la evaluación del uso de hábitat, abundancia y diversidad de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos, se establecieron 12 estaciones de monitoreo de aves acuáticas alrededor de la laguna, con una distancia promedio de 3.28 km entre sitios (Fig. 2). Cada una de estas estaciones se visitó en 16 ocasiones entre octubre de 2011 y abril de 2012, aproximadamente cada 13 días, dos días en cada ocasión (Tabla 1). En cada visita se identificaron las especies de aves acuáticas presentes y sus abundancias, con la ayuda de un telescopio de campo, un par de binoculares y un contador mecánico.

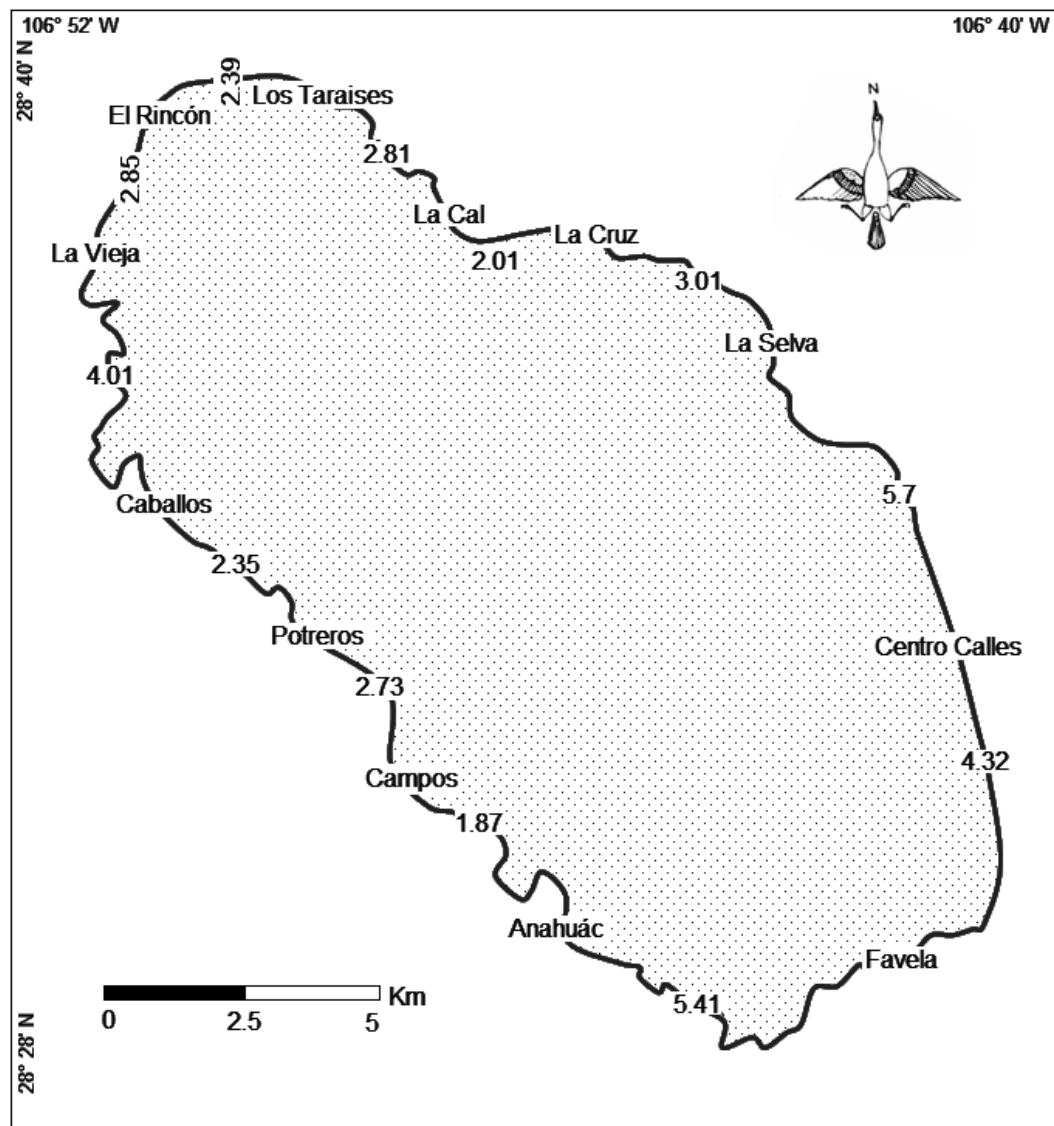


Figura 2. Ubicación de los sitios de monitoreo de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012. Los números entre dos sitios indican la distancia lineal entre ellos.

Tabla 1. Fechas de monitoreo de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012. El número indicado en cada fecha indica el número de días desde la fecha anterior.

Mes	Día						
	1	5	10	15	20	25	30
Oct						14	
Nov		13			14		
Dic		14		10			13
Ene				15			14
Feb			12			13	
Mar			13			12	
Abr				21			

De los datos obtenidos se revisaron los patrones de variación a lo largo de la temporada, tanto en abundancia total y de las diferentes especies, como de la riqueza y diversidad (logarítmico del índice de Shannon). Considerando la variación entre días, se utilizó el conteo mayor de cada especie en cada período de dos días como mejor indicador de su abundancia. Se realizó un ACP, con base en el total de aves en cada fecha de muestreo, para determinar si había un patrón estacional claro.

Para determinar si hubo preferencia de las principales aves en la laguna por ciertos sitios se realizó un ANOVA de dos vías (sitio y fecha). También, con esa misma intención se exploró gráficamente la utilización de diferentes zonas de la laguna por las principales especies. Por último, se utilizó un ACP, basado en la abundancia de cada especie por sitio de observación, para determinar si había un patrón en la utilización de la laguna por las aves.

5 Resultados

Uso histórico de las lagunas de Bustillos, Los Mexicanos y Babícora, Chihuahua, por aves acuáticas

El USFWS registró 20 especies de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos de 1951 a 2006, 18 especies en la de Babícora, de 1961 a 2006, y 16 especies en la Laguna de los Mexicanos, de 1959 a 2006 (Tabla 2). En la Laguna de Bustillos, las aves acuáticas en general mantuvieron números bajos a lo largo del período de conteo, salvo a partir de 2000-2003, cuando se dio un acelerado incremento en el número de individuos de las diferentes especies, principalmente en Bustillos y Mexicanos (Fig. 3). Antes de esa fecha hubo algunas fluctuaciones, con valores más altos en los inviernos de 1981 -1982 y 1987-1988.

El patrón de variación de Laguna Bustillos claramente no coincide con el de la Laguna de Babícora ($r^2 = 0.0004$, $p = 0.46$; 1961-2006; Fig. 3), pero es similar a los de Los Mexicanos ($r^2 = 0.61$, $p = 0.000009$; 1959-2006). La menor riqueza de especies ocurrió en 1960 en la Laguna de Bustillos (2 especies) y en 1962 en las Lagunas Los Mexicanos y Babícora (4 y 2 especies, respectivamente). La mayor riqueza de especies en la Laguna Bustillos se observó en el 2006 con 17 especies; en la Laguna Los Mexicanos ocurrió en 1979, 1985, 1988 y 2006, con 13 especies; y en la Laguna Babícora la mayor riqueza de especies se presentó en 1985 y 2006 (Fig. 4). Las aves acuáticas en la Laguna de Bustillos presentaron una relación importante ($R^2=0.62$) con la precipitación de los meses de julio ($p=0.04$), agosto ($p=0.03$) y septiembre ($p=0.01$) correspondientes al año previo del conteo, así como con la precipitación acumulada de 5 años ($p=0.01$); mientras que las especies más representativas tuvieron una relación un tanto laxa, pero significativa entre sí, *Grus canadensis* con *Anas acuta* ($r^2=0.36$, $p=0.0001$) y *Chen* sp. ($r^2=0.19$, $p=0.007$); y *Anser albifrons* con *Chen* sp. ($r^2=0.23$, $p=0.003$).

Tabla 2. Especies de aves acuáticas registradas por el USFWS durante los conteos aéreos de 1951 a 2006. Las especies con un asterisco (*) se incluyeron en los conteos sólo a partir del año 2000.

Espece	Bustillos (1951-2006)	Babícora (1961-2006)	Mexicanos (1959-2006)
Pelecanidae			
<i>*Pelecanus erythrorhynchos</i>			X
<i>*Pelecanus occidentalis</i>	X	X	X
Anatidae/ Anserinae			
<i>*Branta canadensis</i>		X	
<i>Anser albifrons</i>	X	X	X
<i>Chen</i> sp. o <i>Chen rossii</i>	X	X	X
<i>Cygnus</i> sp.	X		X
Anatidae/ Anatinae			
<i>Anas acuta</i>	X	X	X
<i>Anas americana</i>	X	X	X
<i>Anas clypeata</i>	X	X	X
<i>Anas crecca</i>	X	X	X
<i>Anas diazi</i>	X	X	X
<i>Anas discors / cyanoptera</i>	X	X	X
<i>Anas platyrhynchos</i>	X	X	X
<i>Anas strepera</i>	X	X	X
<i>Aythya americana</i>	X		
<i>Aythya collaris</i>	X		
<i>Aythya valisineria</i>	X		
<i>Aythya</i> sp.	X	X	X
Patos sin identificar	X	X	X
Anatidae/ Merginae			
<i>**Bucephala albeola</i>	X	X	
<i>*Bucephala</i> sp.	X	X	

** <i>Mergus</i> sp.	X	X	X
Anatidae/ Oxyurinae			
<i>Oxyura jamaicensis</i>	X	X	X
Recurvirostridae			
* <i>Recurvirostra americana</i>	X	X	X
Playeros no diferenciados			
*Pequeños		X	
*Grandes		X	
Rallidae			
<i>Fulica americana</i>	X	X	X
Gruidae			
<i>Grus canadensis (Pr)</i>	X	X	X

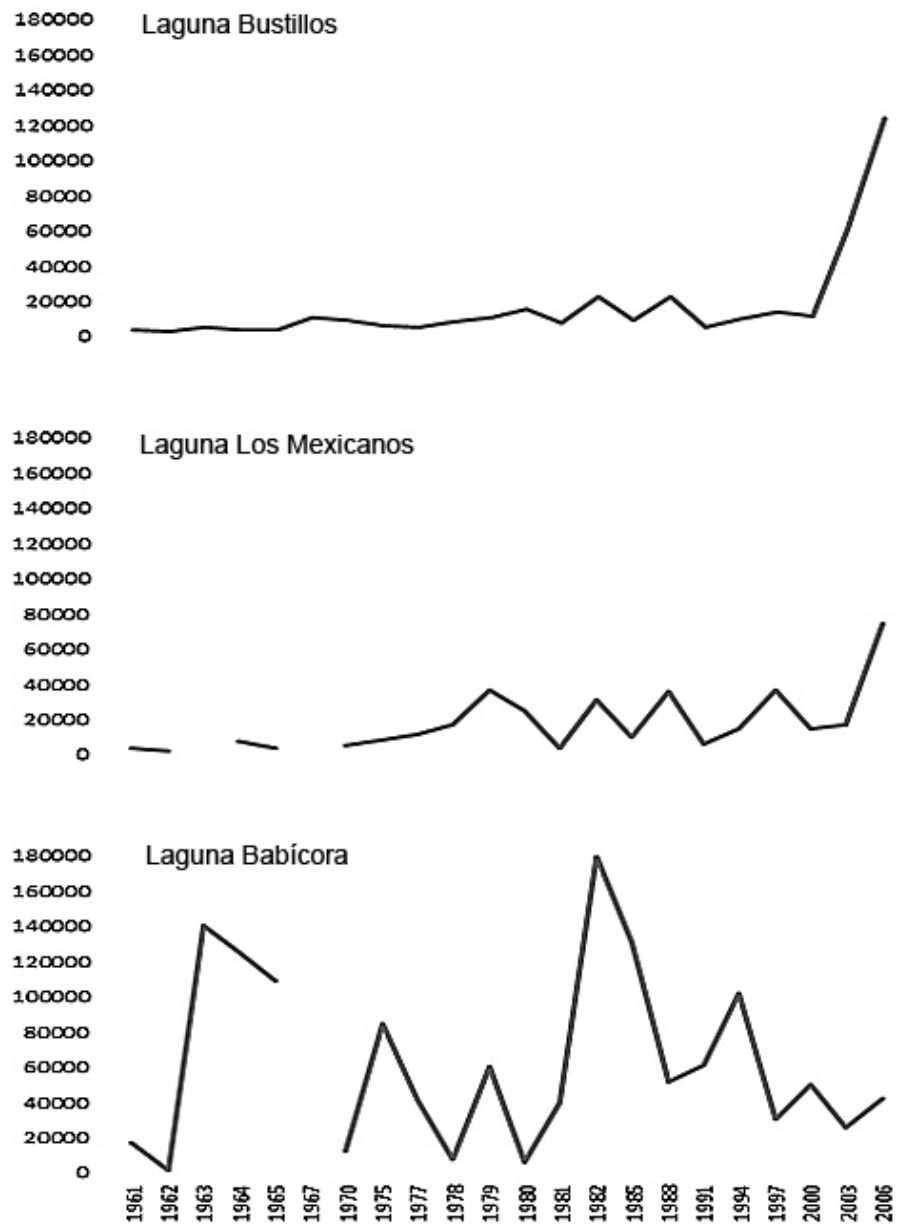


Figura 3. Abundancia de aves en tres lagunas del estado de Chihuahua, durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006.

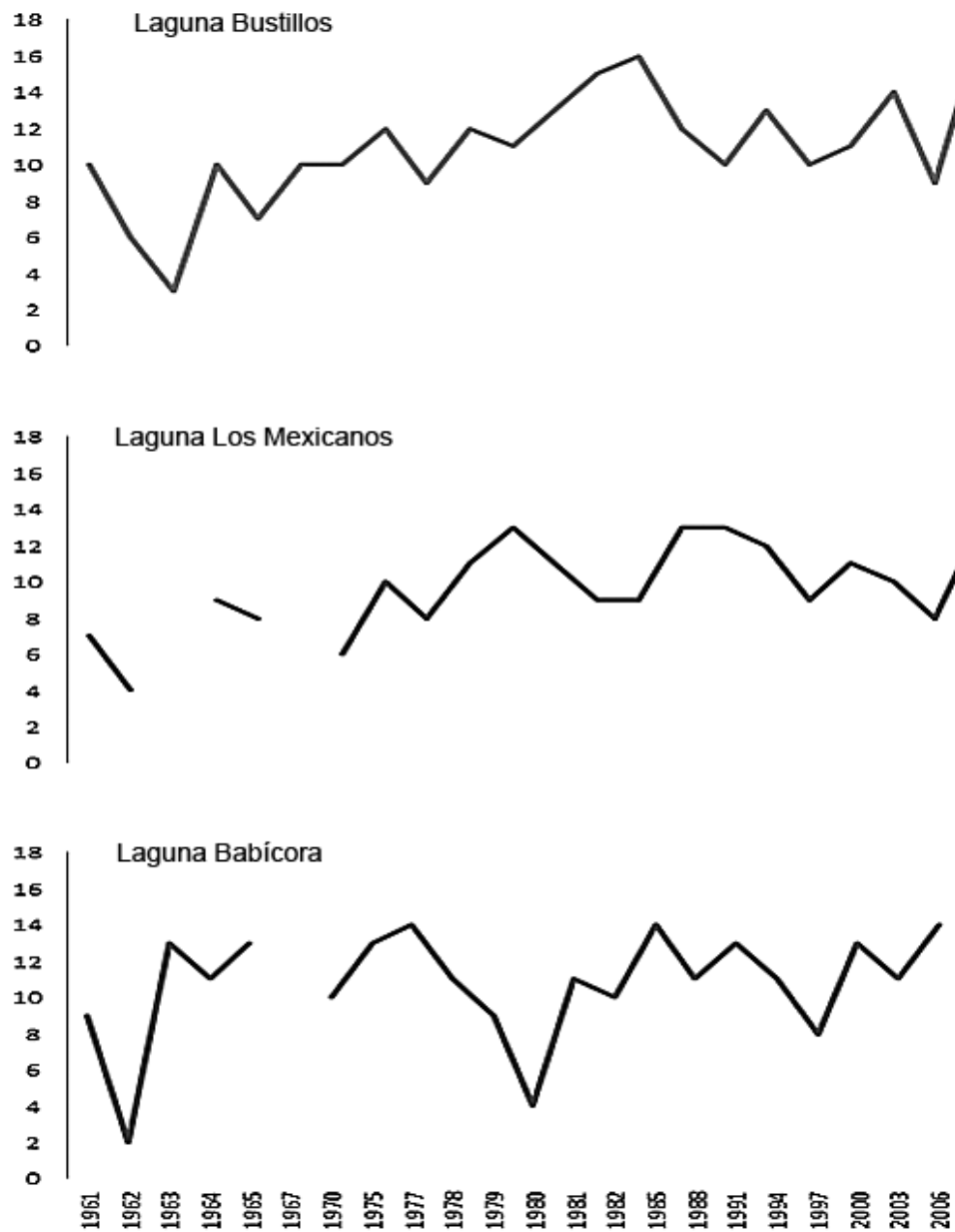


Figura 4. Riqueza de aves en tres lagunas del estado de Chihuahua, durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006.

En la Laguna de Babicora, las aves tuvieron una relación muy fuerte ($R^2=0.95$) con la precipitación de los meses de septiembre ($p=0.0001$),

octubre ($p=0.001$) y diciembre ($p=0.001$) del año previo, y con la precipitación acumulada de 2 ($p=0.0006$) y 3 años ($p=0.04$). Las especies principales tuvieron una relación débil entre sí, *Chen* sp. con *Grus canadensis* ($r^2=0.34$, $p=0.002$) y *Anser albifrons* ($r^2=0.46$, $p=0.0003$); y *Anas acuta* con *Anser albifrons* ($r^2=0.24$, $p=0.01$), pero ninguna estuvo correlacionada de manera significativa con la precipitación.

En Los Mexicanos a diferencia de Bustillos y Babícora, la relación entre las aves acuáticas y la precipitación fue muy baja ($R^2=0.38$), aunque significativa en el mes de mayo ($p=0.01$) correspondiente al año previo del conteo del USFWS; *Chen* sp. y *Grus canadensis* ($r^2=0.20$, $p=0.01$) y éstas con *Anas acuta* ($r^2=0.19$, $p=0.02$, $r^2=0.14$, $p=0.04$, respectivamente).

En las tres lagunas, la diversidad varió a lo largo del tiempo de muestreo, aunque en los tres casos tuvo una tendencia a incrementarse (Fig. 5).

A lo largo del tiempo hubo cambios fuertes en la composición de aves en las tres lagunas analizadas. En la Laguna de Bustillos (Fig. 6) *Anas acuta* y *Chen* sp. tuvieron las abundancias más altas durante la mayoría de los conteos. De 1961 a 1981 los números de *Chen* sp. y *Anas acuta* mostraron patrones inversos: cuando aumentaba la abundancia de uno, disminuía la del otro ($r^2=0.35$). A partir de 1982 la abundancia de estas dos especies varió menos y fluctuó de manera parecida, hasta 1994, después de lo cual volvieron al primer patrón. *Grus canadensis* fue muy abundante hasta 1965, después de lo cual disminuyó su presencia. *Anser albifrons*, aunque fue una especie de segunda abundancia, tuvo números altos en 1964, 1978, 1980 y 1997.

En la Laguna de Babícora (Fig. 7) de 1961 a 1997 la comunidad de aves estuvo compuesta principalmente por *Chen* sp., pero a partir de 1997 su abundancia en la comunidad comenzó a disminuir. *Grus canadensis*, mantuvo un números bajos de 1961 a 1970 y a partir de ese año su abundancia aumentó con pequeñas fluctuaciones de 1970 a 2006. *Anser albifrons* se mantuvo con números bajos durante todos los conteos, sus años

de mayor presencia fueron de 1970 a 1981. *Anas acuta* y *Chen* sp. mostraron una tendencia contraria entre sí, mientras la abundancia de una especie aumentó, la abundancia de la otra disminuyó y viceversa.

En la Laguna de Mexicanos (Fig. 8), *Chen* sp. y *Anas acuta* ($r^2=0.19$, $p=0.02$) tuvieron los porcentajes más altos durante la mayoría de los conteos y conforme las abundancias de una especie aumentan las de la otra disminuyen y viceversa. *Anser albifrons* mantuvo abundancias bajas durante todos los conteos, en 1964 y 1970 presentó su abundancia más altos sin superar a *Chen* sp., *Grus canadensis* y *Anas acuta*. *Grus canadensis* presentó sus abundancias más bajas en 1975, 1979, 1981, 1985 y 2003, mientras que sus abundancias más altas se presentaron en 1977, 1980 y el 2000.

Las aves de la Laguna de Bustillos no presentaron relación con las de Laguna de Babícora ($r^2=0.0004$, $p=0.46$) a excepción de *Anser albifrons* ($r^2=0.14$, $p=0.04$), que, a pesar de que la relación fue baja, fue significativa. La relación entre las aves de la Laguna de Bustillos y las de la Laguna de Los Mexicanos fue alta y muy significativa ($r^2=0.62$, $p=0.00002$). Las especies de esta última que tuvieron una relación significativa con las especies de Bustillos fueron *Anas acuta* ($r^2=0.20$, $p=0.02$) y *Chen* sp. ($r^2=0.15$, $p=0.04$).

En la Laguna de Bustillos, los años de muestreo se agruparon principalmente a lo largo del eje 1 del Análisis de Componentes Principales (60.55% de la varianza) y en menor grado a lo largo del eje 2 (21.84%; Fig. 9).

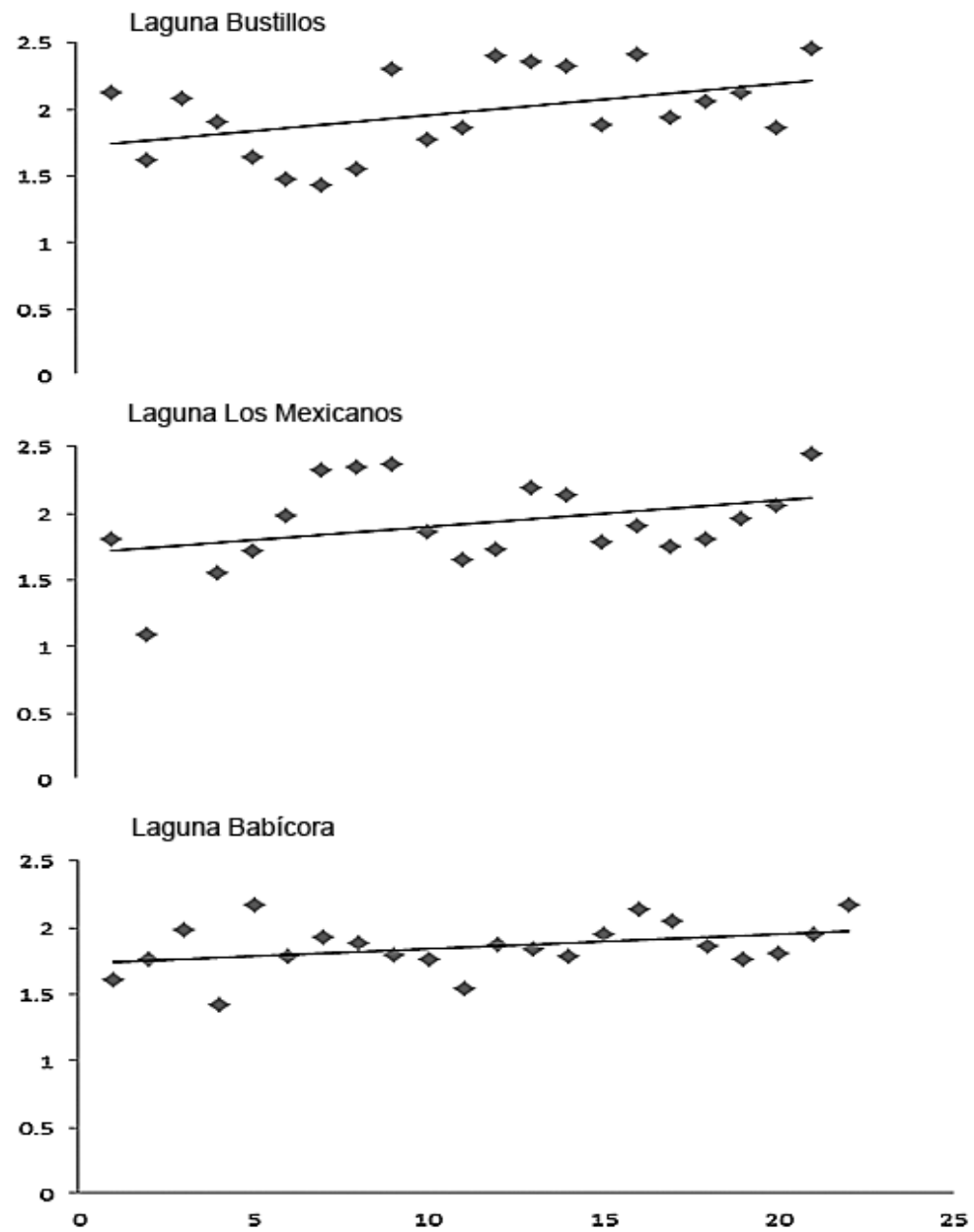


Figura 5. Diversidad de aves acuáticas (exponencial del índice de Shannon; Jost 2007) en tres lagunas del estado de Chihuahua, durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006.

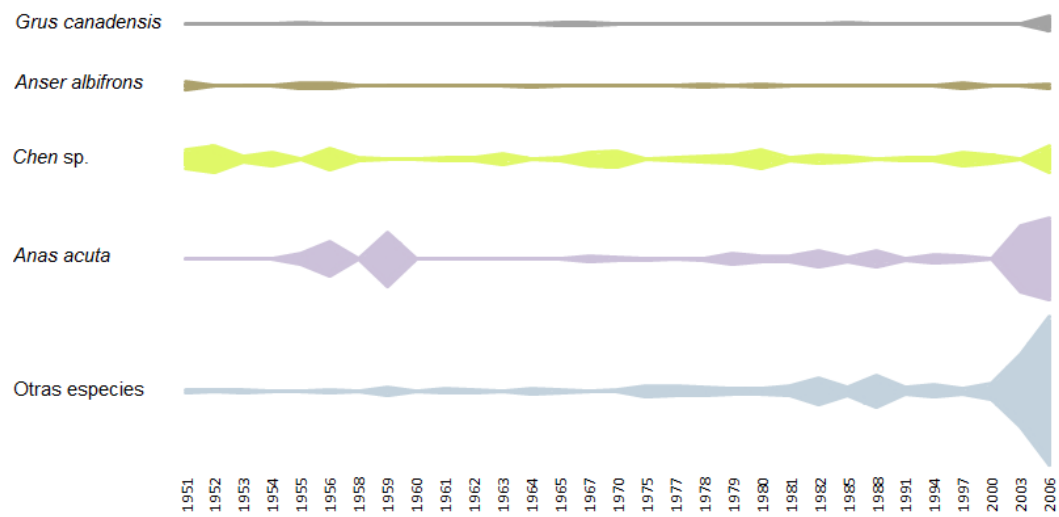


Figura 6. Cambios en la composición de aves en la Laguna de Bustillos durante conteos aéreos del USFWS de 1951 a 2006.

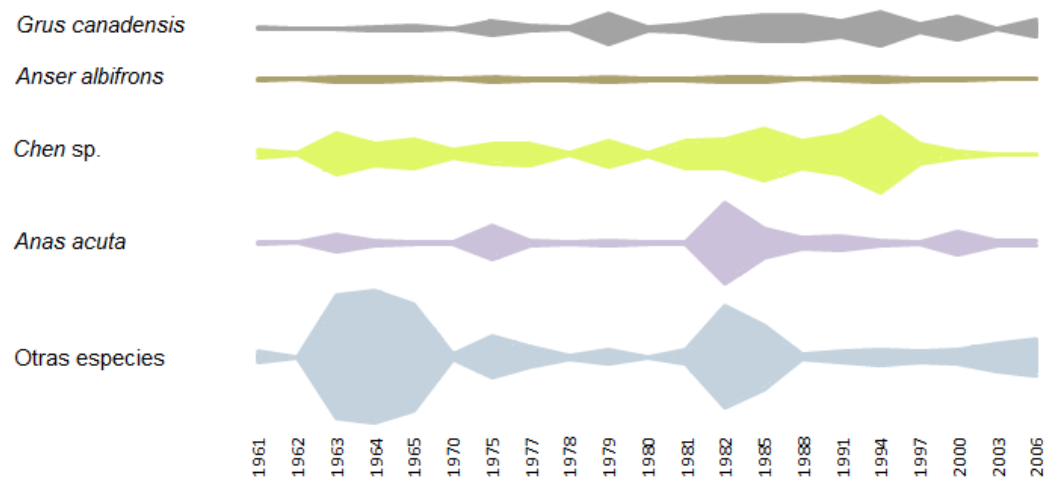


Figura 7. Cambios en la composición de aves en la Laguna de Babícora durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006.

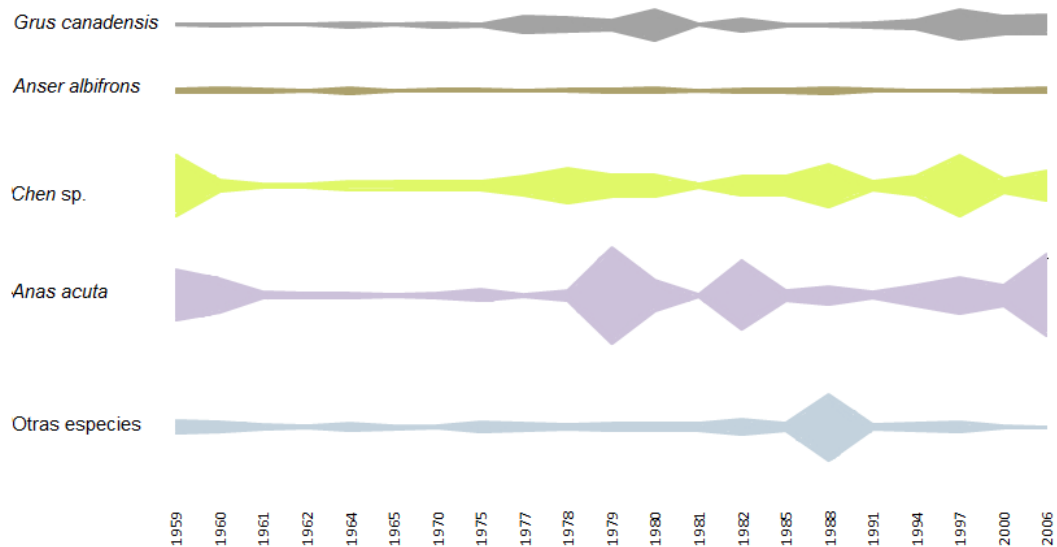


Figura 8. Cambios en la composición de aves en la Laguna de Los Mexicanos durante conteos aéreos del USFWS de 1961 a 2006.

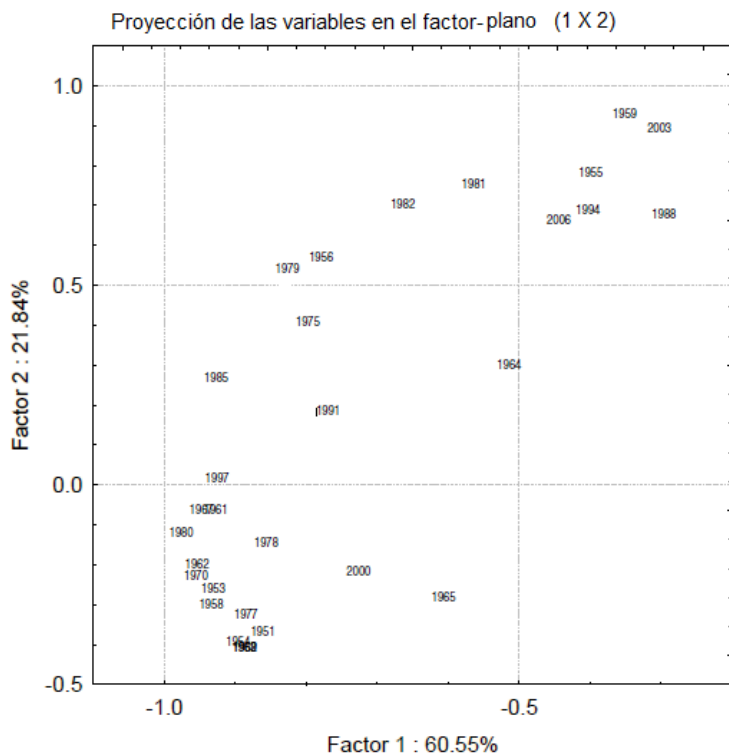


Figura 9. Organización de años de muestreo a través de un análisis de componentes principales, basado en la abundancia de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos, Chihuahua, de 1951 a 2006.

Uso de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas en el invierno 2011-2012

Durante la temporada invernal 2011-2012 se registraron 39 especies de aves acuáticas (tabla 3). Su mayor abundancia ocurrió el 29 de diciembre y el 14 de enero, y la menor, el 14 de abril (Fig. 10). La riqueza de especies más alta ocurrió el 22 de octubre y la más baja, el 14 de abril. La diversidad de especies se mantuvo estable a lo largo de la temporada sin ninguna tendencia aparente (Fig. 11).

Tabla 3. Especies registradas en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012.

Podicipedidae	Anatidae / Merginae
<i>Podiceps nigricollis</i>	<i>Bucephala albeola</i>
Ardeidae	Anatidae / Oxyurinae
<i>Ardea herodias</i>	<i>Oxyura jamaicensis</i>
<i>Bubulcus ibis</i>	Scolopacidae
Threskiornithinae	<i>Actitis macularius</i>
<i>Plegadis chihi</i>	<i>Calidris</i> sp.
Pelecanidae	<i>Limnodromus scolopaceus</i>
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	<i>Numenius americanus</i>
Phalacrocoracidae	<i>Tringa solitaria</i>
<i>Phalacrocorax auritus</i>	Charadriidae
Anatidae / Anserinae	<i>Charadrius semipalmatus</i>
<i>Anser albifrons</i>	<i>Charadrius vociferus</i>
<i>Chen</i> sp.	Recurvirostridae
<i>Cygnus columbianus</i>	<i>Himantopus mexicanus</i>
Anatidae / Anatinae	<i>Recurvirostra americana</i>
<i>Anas acuta</i>	Phalaropodidae
<i>Anas americana</i>	<i>Phalaropus tricolor</i>
<i>Anas clypeata</i>	Laridae
<i>Anas crecca</i>	<i>Larus argentatus</i>

<i>Anas diazi</i>	<i>Leucophaeus atricilla</i>
<i>Anas platyrhynchos</i>	<i>Larus delawarensis</i>
<i>Anas strepera</i>	<i>Hydroprogne caspia</i>
<i>Aechmophorus clarkii</i>	Rallidae
<i>Aythya affinis</i>	<i>Fulica americana</i>
<i>Aythya americana</i>	Gruidae
<i>Aythya collaris</i>	<i>Grus canadensis</i> (Pr)
<i>Aythya valisineria</i>	

Las principales aves, desde el punto de vista numérico, fueron la grulla (*Grus canadensis*), el ganso de frente blanca (*Anser albifrons*), gansos del género *Chen* y el pato cucharón (*Anas clypeata*), mismos que exhibieron diferencias marcadas en su patrón de abundancia a lo largo del año (Fig. 12) y diferencias en su preferencia por ciertas zonas de la laguna (Fig. 13). El análisis de la abundancia de cada especie en cada uno de los muestreos, reveló un patrón entre los diferentes sitios de registro (Fig. 14), que estuvieron relacionados de manera geográfica (Fig. 15).

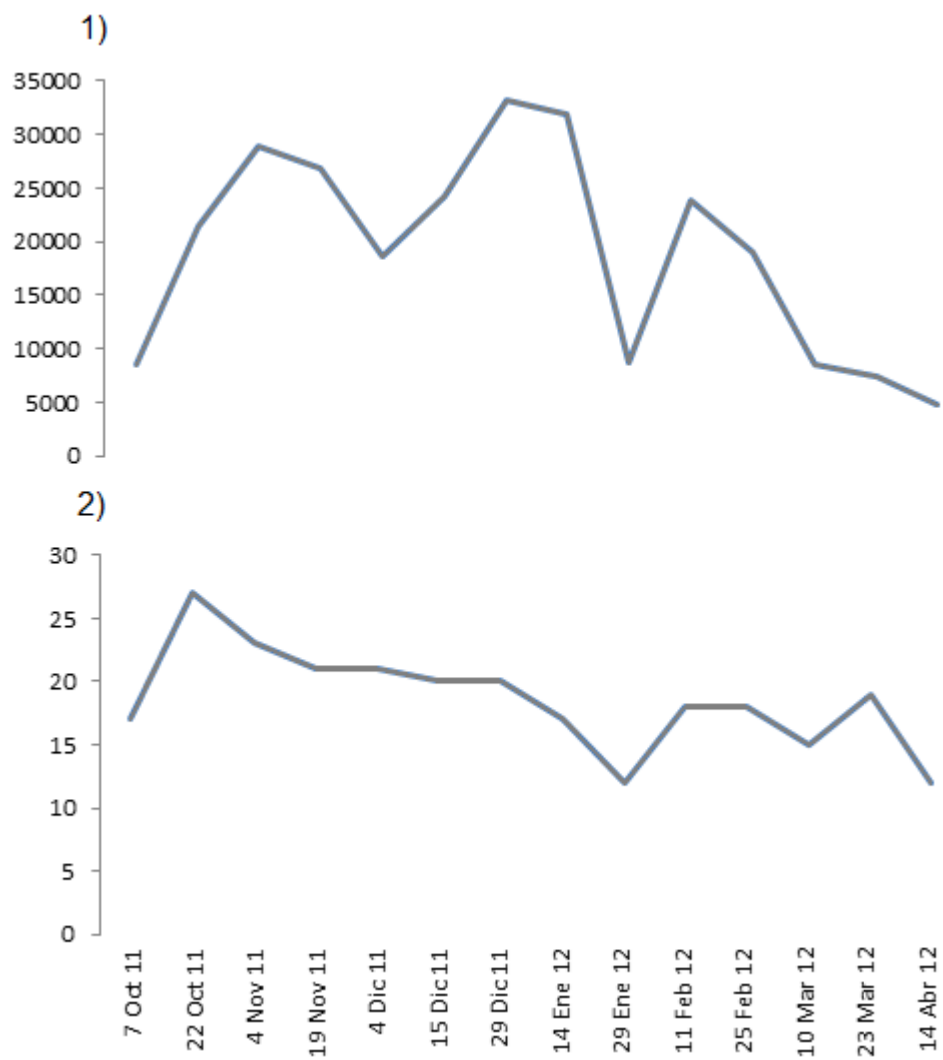


Figura 10. Abundancia (1) y riqueza de especies (2) en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012.

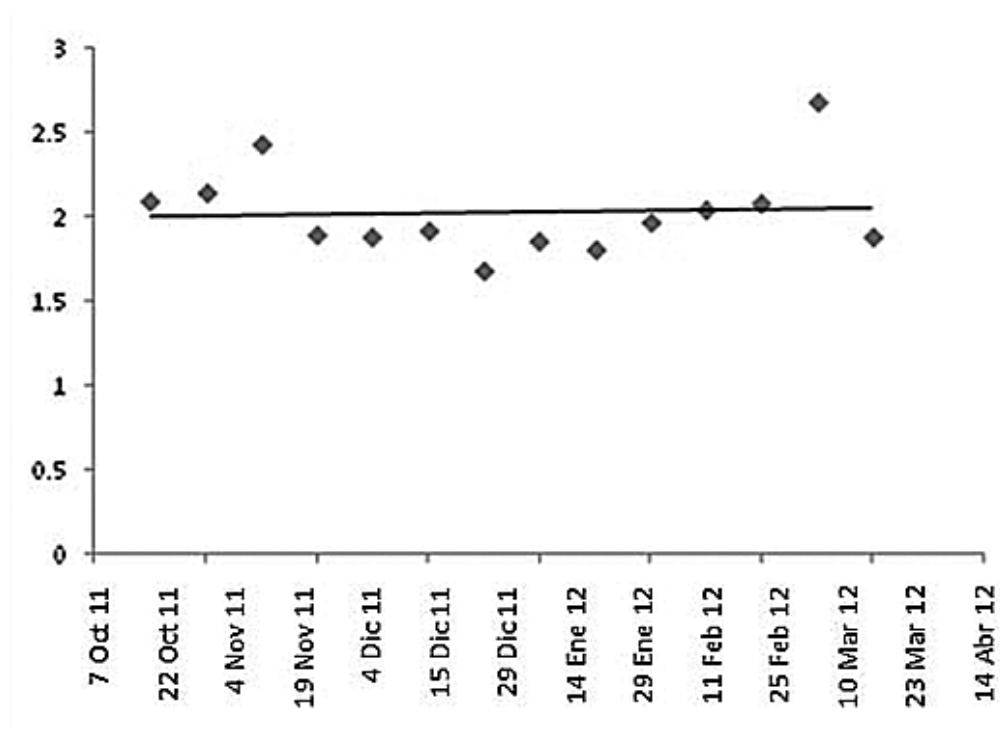


Figura 11. Diversidad de aves acuáticas (exponencial del índice de Shannon; Jost 2006) en la Laguna de Bustillos, durante la temporada invernal 2011-2012.

La comunidad de aves de Bustillos estuvo compuesta principalmente por *Grus canadensis*, *Anser albifrons*, *Chen* sp., *Anas clypeata*, *Larus delawarensis* y *Calidris* sp. (Figura 12).

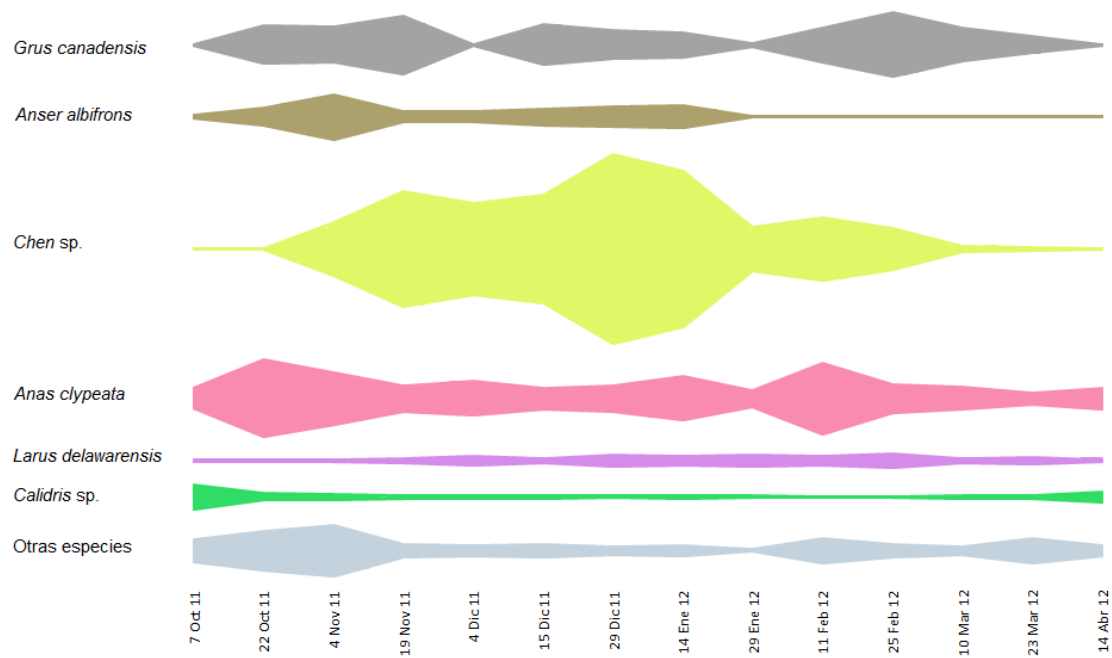
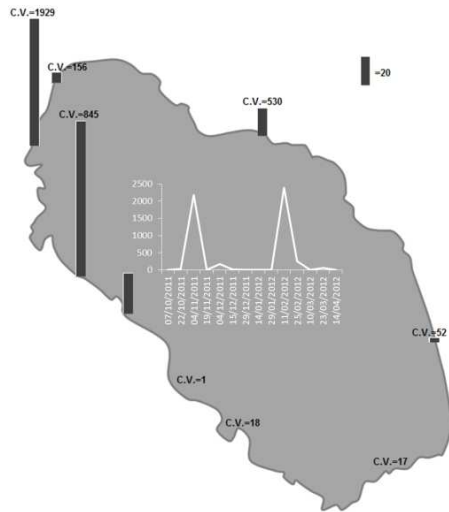
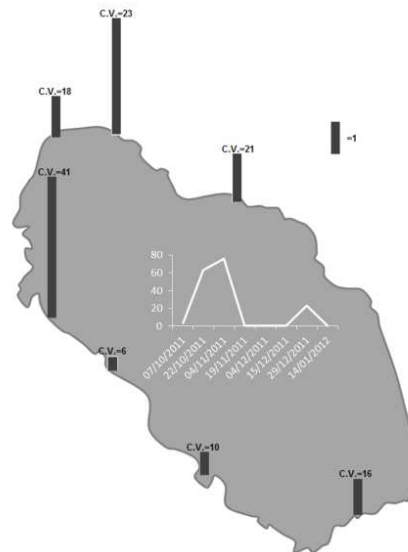


Figura 12. Composición de especies de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos durante la temporada invernal 2011-2012.

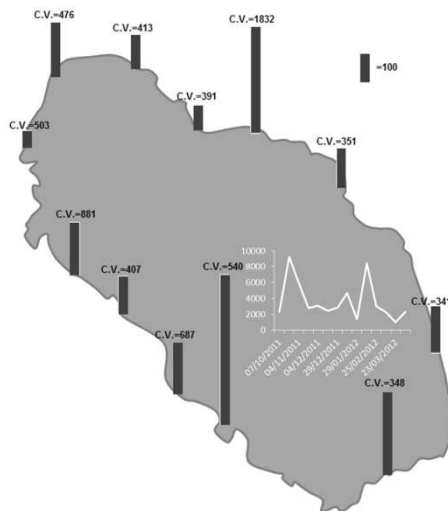
1) *Anas acuta*



2) *Anas americana*



3) *Anas clypeata*



4) *Anas crecca*

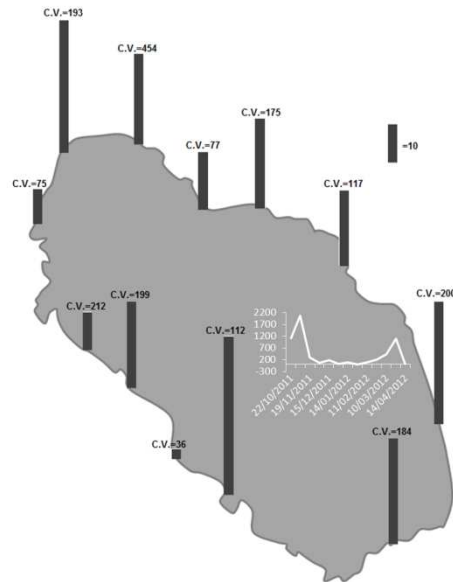


Figura 13. Preferencia de hábitat de las principales especies de aves acuáticas presentes en la Laguna de Bustillos en la temporada invernal 2011-2012.

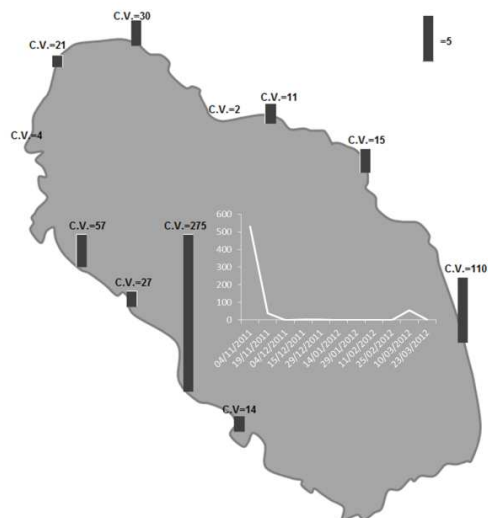
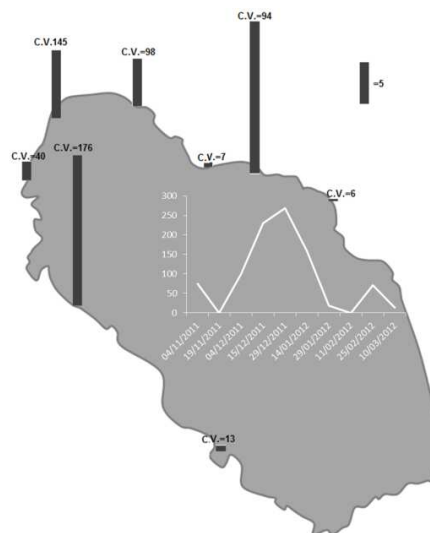
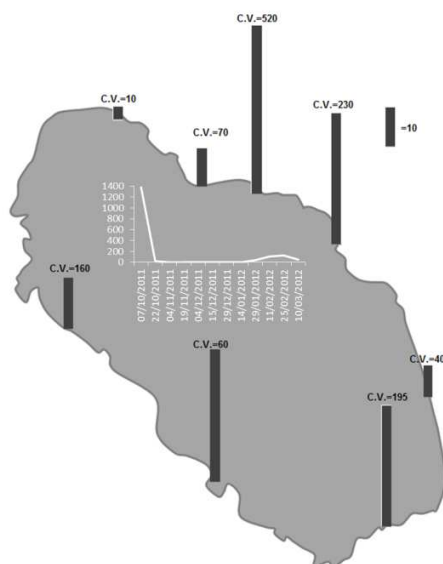
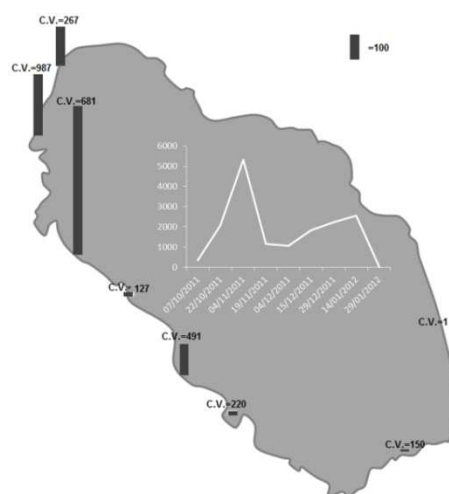
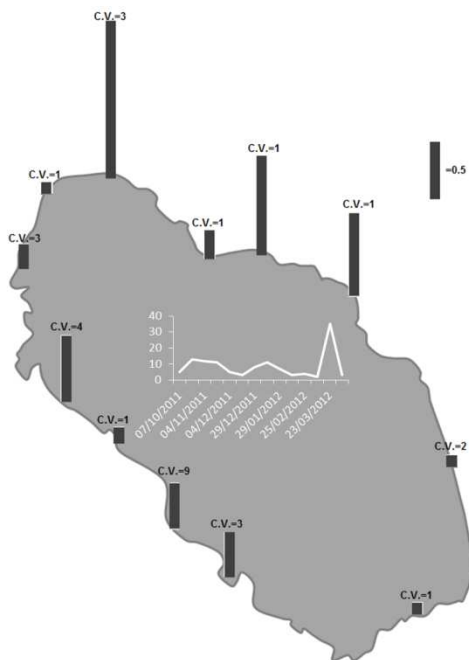
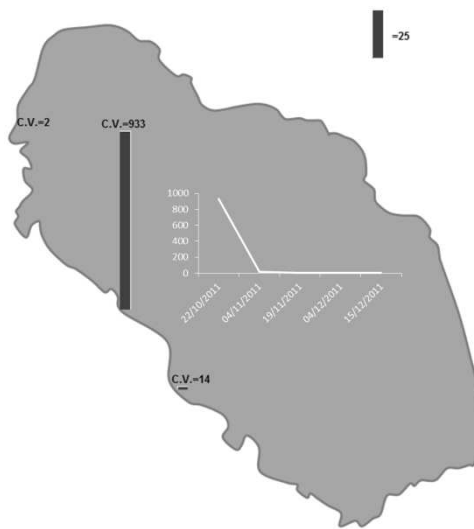
5) *Anas diazi*6) *Anas platyrhynchos*7) *Anas strepera*8) *Anser albifrons*

Figura 13. Continuación...

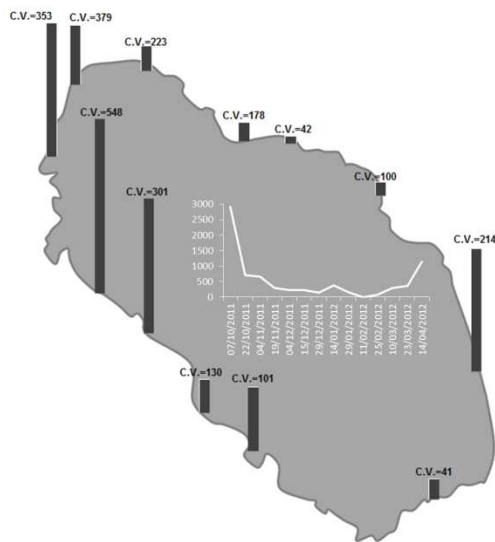
9) *Ardea herodias*



10) *Aythya americana*



11) *Calidris* sp.



12) *Charadrius vociferus*

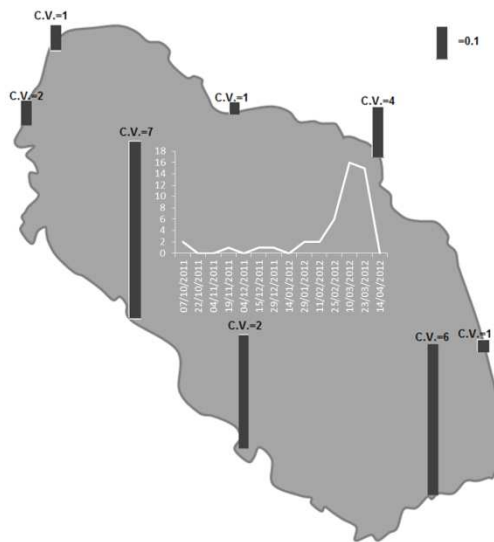
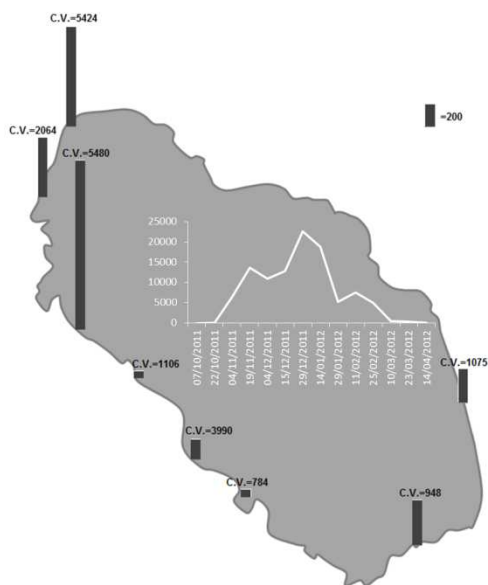
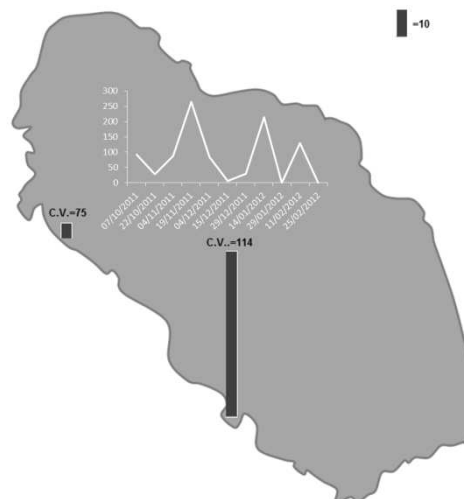


Figura 13. Continuación...

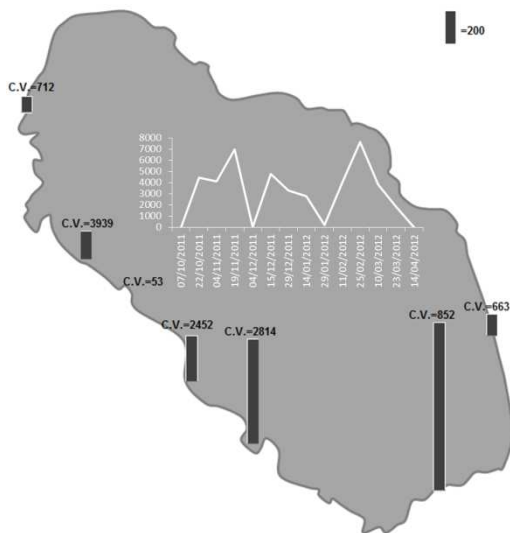
13) *Chen sp.*



14) *Fulica americana*



15) *Grus canadensis*



16) *Larus delawarensis*

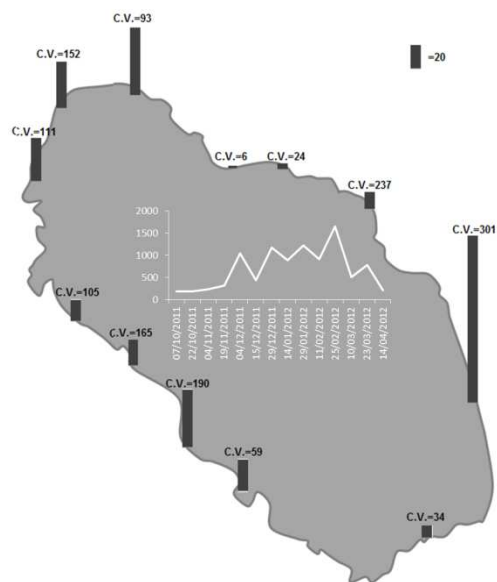
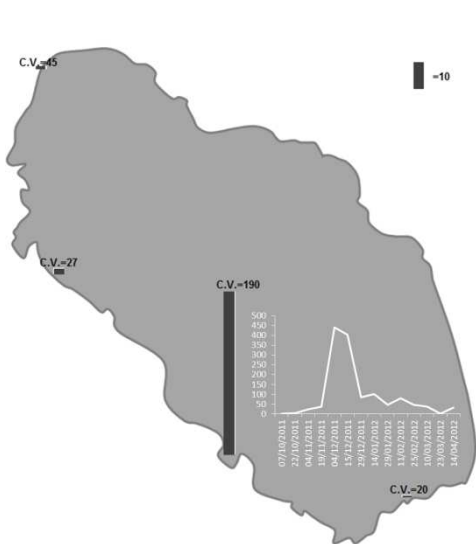
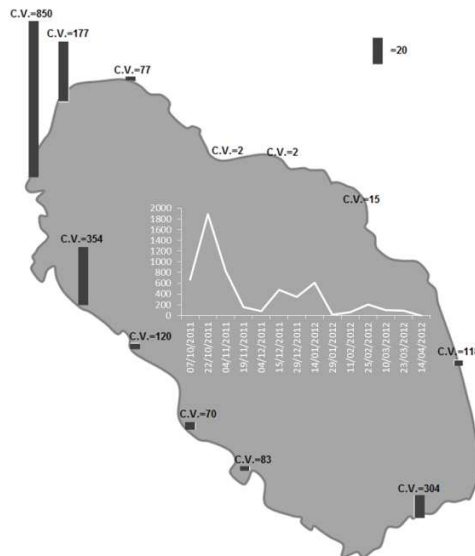


Figura 13. Continuación...

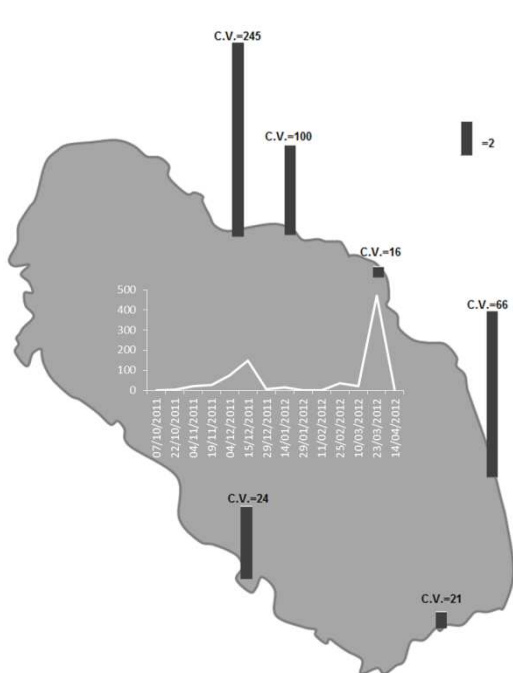
17) *Limnodromus scolopaceus*



18) *Numenius americanus*



19) *Oxyura jamaicensis*



20) *Pelecanus erythrorhynchos*

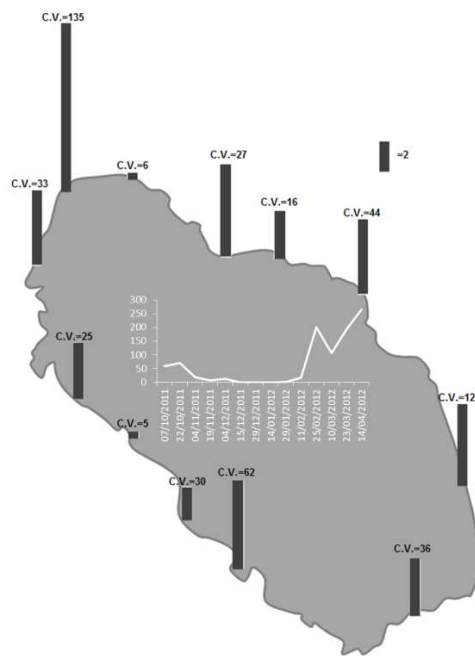


Figura 13. Continuación...

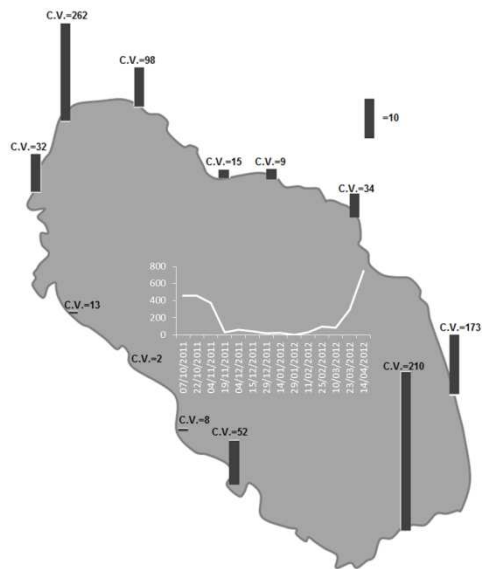
21) *Recurvirostra americana*

Figura 13. Continuación...

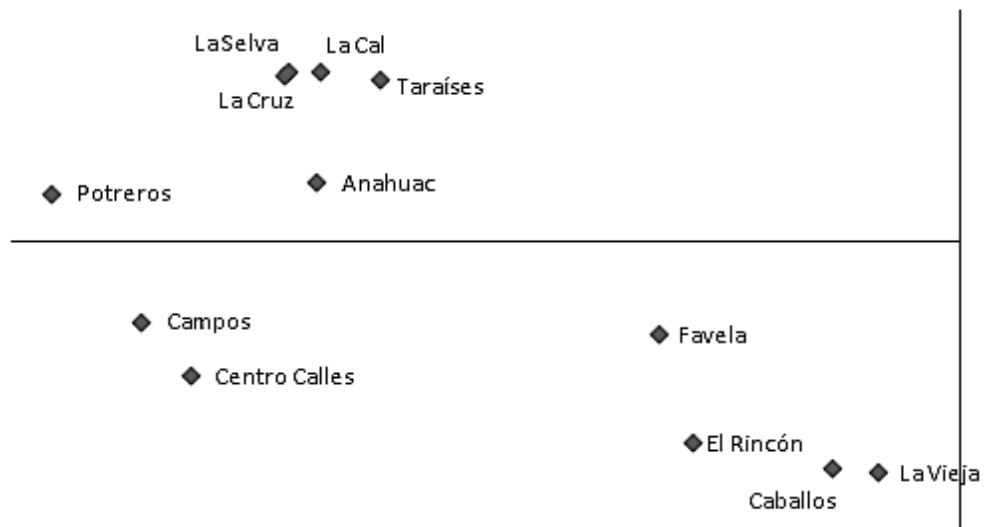


Figura 14. Organización de los sitios de estudio mediante un análisis de componentes principales con base en la abundancia de cada especie de ave acuática en cada sitio durante el invierno 2011-2012.

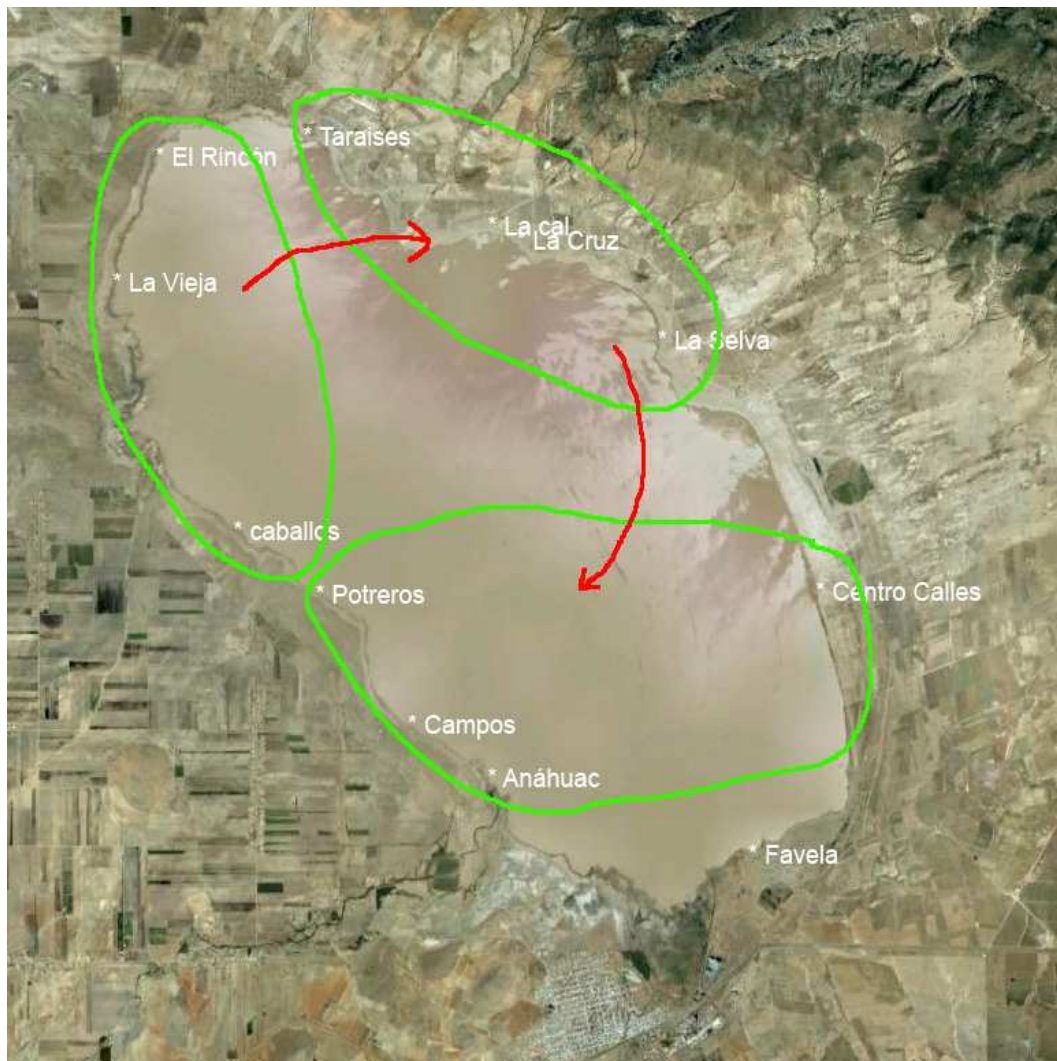


Figura 15. Organización de 12 sitios de muestreo de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos, Chihuahua, en función del resultado de un Análisis de Componentes Principales. Los sitios en cada una de las zonas delimitadas por líneas verdes fueron más similares en función de las aves acuáticas presentes durante la temporada no reproductiva 2011-2012. Las flechas rojas señalan un gradiente de menor a mayor dureza y grosor del sustrato.

6 Discusión

Uso histórico de las lagunas del noroeste de Chihuahua por aves acuáticas

La alta variabilidad exhibida por los censos realizados por el USFWS se debe de tomar con cautela, pues dado que se realizan una vez por muestreo, pueden reflejar factores que los afectan por periodos muy cortos, en lugar de la ocupación general durante la temporada. Este tipo de censos son afectados por varios factores, incluyendo factores intrínsecos a las especies, como su patrón circadiano de actividades; y factores extrínsecos, por ejemplo el ahuyentamiento de todas las aves justo antes de un muestreo debido a algún disturbio. A pesar de ello, el análisis de series largas de monitoreo, puede detectar patrones de escala media en el uso de humedales por las aves acuáticas.

Por su parte, las series largas de muestreo pueden tener problemas debido a la habilidad diferente de diferentes observadores, especialmente porque puede ser complicada la identificación y conteo correcto desde una avioneta. Por ejemplo, en algunos muestreos realizados por el USFWS, en lagunas de Chihuahua, se consignaron pelícanos cafés (*Pelecanus occidentalis*), en lugar de pelícanos blancos (*Pelecanus erythrorhynchos*), que son los únicos que se distribuyen en los humedales interiores de México.

Comparación de las tres lagunas: buscando el patrón regional

El que no haya habido una concordancia entre los registros de aves en la Laguna Babícora y las Lagunas Bustillos y Mexicanos sugiere que las variaciones poblacionales de escala subcontinental (dentro de una ruta migratoria) se ven poco reflejados en la composición de la avifauna acuática en el norte de Chihuahua. En contraste, Bustillos y Mexicanos, que se encuentran relativamente cerca una de la otra y tienen condiciones y fluctuaciones climáticas parecidas, exhibieron patrones similares en la

riqueza y abundancia de las aves acuáticas invernantes que las utilizan, incluso pese a la diferencia de los hábitats acuáticos y de plantas emergentes que las conforman. Babícora está a una buena distancia de las dos anteriores y sus características topográficas y climáticas son muy diferentes. De esta manera, mientras que no hay efectos de gran escala, hay factores regionales de pequeña escala que condicionan la presencia y abundancia de aves acuáticas en cada laguna.

La abundancia de las aves acuáticas también está relacionada con las características de los sitios a los que las aves llegan a descansar, alimentarse o pasar el invierno (Nilsson, 1972). En la comparación de las tres lagunas se evidenció el efecto de las características locales sobre la composición de la avifauna. Así, mientras que en Bustillos casi no hubo *Anas acuta* y *Anas crecca*, en Babícora y Los Mexicanos estas especies fueron abundantes. En contraste, en Mexicanos no se encontró *Bucephala* sp., mientras que en Bustillos y Babícora, sí. De igual manera, en Babícora no se registró la presencia de *Cygnus* sp., mientras que en Mexicanos y Bustillos, sí.

Las tres lagunas son humedales de poca profundidad ($\leq 1\text{m}$), pero soportan hábitats diferentes. Bustillos tiene diferentes tipos de playas (suelos arcillosos y/o arenosos, con o sin vegetación y con diferente profundidad del agua) y dentro de ella hay una serie de isletas que cuentan con vegetación y son aprovechadas por las aves como sitios de descanso y alimentación. Los Mexicanos tiene vegetación emergente, que sirve como hábitat para una gran cantidad de invertebrados que son el alimento de miles de aves acuáticas. Babícora está constituido por una serie de lagunas pequeñas que se unen conforme el vaso de la cuenca se va recarga por las lluvias y el agua aflora. Las características particulares de cada laguna, hacen de ella un sitio único y preferente para ciertas especies de aves, por ejemplo *Chen* sp. y *Grus canadensis*, ambas especies se presentan en las tres lagunas sin

embargo la abundancia es por mucho, mayor en la Laguna de Babícora, que en las lagunas de Los Mexicanos y Bustillos.

Uso histórico de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas

Las 20 especies registradas en los conteos aéreos del USFWS durante 31 años en la laguna de Bustillos evidencian un registro incompleto de especies, ya que, en contraste, durante la temporada invernal 2011-2012 se contaron 39 especies. Los conteos del USFWS se realizaron a mitad del invierno (enero), por lo que es posible que no se hayan contabilizado todas las especies e individuos que ocuparon la laguna durante la temporada invernal correspondiente.

Algunas de las especies no incluidas en los conteos del USFWS, pero que sí estuvieron presentes en la temporada 2011-2012, podrían haber sido enmascaradas por su inclusión en un grupo de aves. Por ejemplo, las especies de *Aythya* y *Bucephala*, no se separaron en los conteos aéreos y se reportaron sólo a nivel de género. La ausencia del censo del USFWS de otras especies que se registraron en la temporada 2011-2012 probablemente se debió a su patrón migratorio. Especies como *Podiceps nigricollis* y *Aythya affinis*, que no aparecen en los conteos aéreos, o como *Anas strepera* y *Oxyura jamaicensis*, que aparecen en número muy bajos llegan a Chihuahua en el otoño, pero no permanecen ahí durante todo el invierno, sino que siguen migrando al sur, para regresar de nuevo en su migración de primavera (Bellrose, 1976).

El pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*) se ha indicado como una de las especies principales que habitan Bustillos (Pérez-Arteaga *et al.*, 2002a). Sin embargo, en los conteos aéreos realizados por el USFWS, esta especie tuvo valores altos sólo en 1982, 1991 y 1997 (2575, 3310 y 1551 individuos, respectivamente) y en los conteos durante el invierno de 2011-2012, se contaron 582, 49, y 73, el 19 de noviembre, 4 de diciembre y 23 de marzo, respectivamente.

En general, la precipitación previa a la temporada de invierno, ya fuera de uno o varios años, fue un predictor pobre de las poblaciones de aves. De esta manera, la abundancia total de aves, o particular de alguna especie, en una laguna dada es producto de un sinnúmero de factores condicionantes, que pueden incluir tanto factores de gran escala, como regionales o locales.

Las fluctuaciones fuertes en la composición y abundancia de la comunidad de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos (Fig. 6) no reflejan, cuando menos no de manera directa, variaciones poblacionales de las especies. Por ejemplo, la erupción del volcán Pinatubo, islas Luzón en Filipinas, en 1991 provocó que la temperatura de la tierra disminuyera 0.5° C (Church *et. al.*, 2005) y ello se ha indicado como causa de una reducción importante en la natalidad de las aves acuáticas en 1992 en el norte del continente (Ganter y Boyd, 2000). Esta disminución en la natalidad no se vio reflejada en las aves durante los años siguientes en ninguna de las tres lagunas analizadas, al menos no de manera directa. Los veranos de 1978 y 1986 también fueron muy fríos (Ganter y Boyd, 2000), aunque no hay datos de reproducción de aves acuáticas con los que se puedan ligar. De cualquier manera, los conteos aéreos en Chihuahua no muestran ningún impacto de ello.

Por otra parte, no hay ningún elemento que permita explicar los picos en abundancia de 1981-1982 y 1987-1988. El notable incremento en aves acuáticas a partir de 2002-2003 podría deberse a la sequía que afectó al Estado de Chihuahua desde 1992 y hasta el 2003 (Rodríguez *et. al.*, 2005), lo que provocó una disminución en la profundidad de la laguna y con ello la accesibilidad a nuevos hábitats que pudieron haber sido utilizados por nuevas especies de acuáticas.

Por último hubo años en los que casi no se contaron aves acuáticas. Es sintomático que no ocurrió de manera simultánea en Bustillos y Mexicanos, lo que apunta a condiciones locales. Un buen candidato para estas casi-ausencias es algún disturbio fuerte, quizás el asociado con la cacería en

días anteriores, o el mismo día, del censo, esto implicaría que la cacería se enfocará en una, pero no en la otra, laguna.

Fluctuaciones de especies selectas

Chen caerulescens

Tanto en Estados Unidos (Alaska) como en Canadá, *Chen caerulescens* tuvo una baja proporción de juveniles en los años de 1982 y 1992. En otros años se reportó una baja producción de juveniles en los EE.UU. (1984, 1985, y 1997) o Canadá (1980, 1981, 1986, 1987, 1990, 1991, 1994 y 1995), pero no en ambos (Ganter y Boyd, 2000). Estos eventos de baja productividad no se reflejaron en la abundancia de la especie en las tres lagunas aquí estudiadas.

Uno de los factores importantes que afectan a las aves acuáticas es la cacería. A partir de 1998 se permitió en los EE.UU. la cacería de *Chen caerulescens*, misma que había estado prohibida desde 1917 (Boyd *et. al.*, 2002). Esta apertura cinegética causó una reducción en el tamaño de la población norteamericana de *Chen caerulescens* (Boyd *et. al.*, 2002), que se reflejó desde 2000 en Mexicanos y Bustillos, aunque los números en ellas se recuperaron en 2006.

A principio de la década de los 1980s se propuso un proyecto para redireccionar el agua de la Laguna de Babícora para utilizarla en la producción agrícola (Saunders y Saunders, 1981). Aunque no hay un registro claro de que dicho programa se haya llevado a cabo, la disminución en el uso del humedal por *Chen sp.* podría sugerir que sí se realizó algún tipo de extracción.

Anser albifrons

Tanto en los EE.UU. como en Canadá esta especie tuvo temporadas reproductivas pobres en 1986, 1992 y 1994. Además, en los EE.UU. hubo temporadas reproductivamente malas en 1987 y 1990, y en Canadá en 1983

y 1996 (Ganter y Boyd, 2000). Las disminuciones de la especie en Bustillos de 1988 y 1994 coinciden con las temporadas reproductivas malas de 1986 y 1992.

Grus canadensis

En las tres lagunas analizadas se han registraron cambios en las abundancias de esta especie a lo largo de los 31 conteos aéreos del USFWS y en 1980 y 1997 obtuvo sus abundancias más altas en las lagunas de Babícora y Mexicanos. Dado que la población de esta especie se ha mantenido estable desde principios de los 1980s (Sharp, 2006), las fluctuaciones posteriores a esta fecha reflejan condiciones locales o de muestreo.

Anas acuta

Esta especie es el segundo o tercer pato más abundante en Norteamérica. Sin embargo en los años de 1961 a 1965 sus poblaciones declinaron en casi 50%, recuperándose parcialmente a principios de los 1970s (Bellrose, 1976). La disminución en la abundancia de esta especie se vio reflejada en los conteos aéreos en Bustillos en los años siguientes, mientras que en Mexicanos y Babícora, fue menos notoria.

Uso de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas en el invierno 2011-2012

En la temporada invernal 2011-2012 se contaron 266,000 aves acuáticas, de 39 especies diferentes. De estos, 12 fueron playeros, 8, patos (y similares: gallareta) de superficie, 6, patos buceadores, 4, aves zancudas, 4, gaviotas, 2, gansos, 1, pelicano, 1, cormorán y 1, cisne (Tabla 3). Sin embargo el 40% del total de aves corresponde a una sola especie (*Chen* sp.) y otro 41% a otras 3 especies (*Anas clypeata*, *Grus canadensis* y *Anser albifrons*).

Comparando la temporada invernal 2011-2012 con los conteos aéreos que el USFWS llevó a cabo en Bustillos durante 31 inviernos, la temporada 2011-2012 fue alta para *Anas clypeata*, *Grus canadensis*, *Anser albifrons* y *Chen* sp. Aunque no es posible comparar directamente los resultados, ya que los métodos de muestreo son diferentes, esto nos da una idea de la importancia que tiene y ha tenido la Laguna de Bustillos para las aves acuáticas.

La mayor abundancia de aves acuáticas se registró en enero, justo a la mitad de la temporada. Sin embargo esta abundancia estuvo influenciada por una sola especie, *Chen* sp. En octubre y abril se registró la menor abundancia de acuáticas y ello coincide con los patrones migratorios de las aves acuáticas, en general, en octubre hacia el sur y en abril hacia el norte. En estas fechas las especies más abundantes, *Chen* sp., *Anser albifrons* y *Grus canadensis*, no habían llegado aún o ya habían abandonado la laguna.

Las aves acuáticas presentes en un humedal son indicadores de las características físicas y biológicas de éste (Ma *et. al.*, 2010; Colwell y Taft, 2000; Isola *et. al.*, 2000). Así, la presencia de diferentes especies y gremios de aves, con características morfológicas particulares, indican un humedal con diversidad de hábitats y las diferentes especies de aves acuáticas exhiben preferencias por los hábitats que responden de mejor manera a sus necesidades de alimentación, descanso, refugio y reproducción (Ma *et. al.*, 2010). En Bustillos, *Anas acuta*, *Anas americana* y *Anas platyrhynchos*, prefirieron los sitios de Caballos, La Vieja, El Rincón y Los Taraises (Fig. 13), sitios con una profundidad de 0 a 2.5 cm (los primeros 30m desde la orilla), la mayoría sin vegetación emergente (a excepción de Caballos), pero con pasto natural y jarillas en las playas (excepto Caballos), con suelos que van de arcillosos y limosos dentro de la laguna y arenosos (La Vieja) y pedregosos (El Rincón y Los Taraises) en las playas. Los gansos (*Anser albifrons* y *Chen* sp.) y picos largos (*Numenius americanus*) prefirieron los sitios de Caballos, La Vieja y El Rincón (Fig. 13). *Grus canadensis* mostró

una evidente preferencia por Favela y Anáhuac, que son sitios con mayor presencia de vegetación emergente y vegetación herbácea en sus playas e isletas, con profundidades diversas (desde los 2 hasta los 12 cm), sustrato arenoso, además, en Anáhuac, hay mucha basura y llantas. *Aythya americana* prefirió Potrereros (Fig. 13), que es un sitio con mayor profundidad (4 a 15 cm) en comparación con los demás, y *Limnodromus scolopaceus* y *Fulica americana*, Anáhuac (Fig. 13), que es un sitio con sustrato pedregoso y con diversidad de profundidades, además de que en sus playas hay presencia de herbáceas, pastizal natural y basura. Especies como *Anas clypeata*, *Anas crecca* y *Pelecanus erythrorhynchos* no mostraron preferencia por ningún sitio en específico (Fig. 13).

Desde el punto de vista de toda la laguna, el uso de los sitios por las aves (Fig. 13) evidenció un gradiente en la laguna (Figs. 14 y 15) que se explica principalmente por atributos del sustrato. En la zona noroeste se encuentran suelos más blandos y de textura más fina y a medida que se pasa a la zona noreste, primero y central y sur, después, los sustratos se vuelven más duros y de sedimentos más gruesos. Favela quedó fuera de los grupos, posiblemente debido a que el sustrato es muy arenoso y cuenta con vegetación herbácea, arbustiva y pastizal natural en sus playas e isletas.

Los gansos (*Chen* sp.) fueron el grupo más numeroso en la Laguna (Fig. 12). Los primeros 2 individuos se registraron el 7 de octubre, y para el 4 de noviembre ya había más de 6000 individuos. Para el 29 de diciembre se registraron 22,546 individuos. Su abundancia comenzó a disminuir desde el 10 de marzo, cuando se registraron solo 437 individuos. A finales de abril se contaron únicamente 19. De 1958 a 1964 invernaron en las lagunas interiores de México alrededor de 23,000 gansos nevados, de los cuales únicamente 1500 se registraron en la Laguna de Bustillos (Bellrose, 1976). Los conteos del USFWS se realizaron siempre a principios de enero, época de la mayor abundancia de gansos en la Laguna y dado que los gansos se pueden contar con bastante precisión desde el aire, su abundancia previa no

se puede interpretar como producto de una subestimación. Por otra parte, la población de gansos en la ruta migratoria del centro de Norteamérica no se ha incrementado en la misma proporción que sus conteos en Bustillos. De esta manera, la información sugiere que la Laguna Bustillos se ha vuelto un sitio muy importante para la especie o, cuando menos, lo fue en la temporada de estudio. Los gansos prefirieron Caballos, La Vieja y El Rincón (Fig. 13). Esto reflejó su necesidad de ambientes, con baja profundidad y de sustratos firmes, que les permitieran emprender el vuelo fácilmente y reunirse en parvadas grandes para su protección de las condiciones climáticas y los depredadores.

Anas clypeata fue la segunda especie en abundancia durante la temporada (Fig. 12). Su abundancia permaneció más o menos constante a lo largo del periodo de estudio, aunque en octubre (22) y febrero (11) exhibió picos de abundancia bastante considerables (9227 y 8378 ejemplares, respectivamente). Estos concuerdan con el comportamiento migratorio de la especie, ya que es de las primeras especies de patos en iniciar la migración hacia el sur y de los últimos en iniciar su migración hacia el norte (Bellrose, 1976).

Se ha estimado que alrededor de 10,000 individuos pasan el invierno en las lagunas del Estado de Chihuahua (Bellrose, 1976). De esta manera, es claro que la Laguna Bustillos fue una importante parada migratoria en la temporada de estudio. Los conteos de patos en la temporada 2011-2012 contrastan fuertemente con los obtenidos entre 1958 y 2006 en los censos aéreos del USFWS, pero ello es completamente concordante con el comportamiento migratorio de la especie y el patrón de abundancia en la temporada 2011-2012.

Este pato es muy tolerante y durante la temporada no reproductiva utiliza una amplia variedad de hábitats (Dubowy, 1996). Ello se refleja en su utilización de toda la laguna, y el no mostrar una preferencia clara por ninguno de los sitios (Fig. 13).

Grus canadensis, la tercera especie más abundante en Bustillos (Fig. 12), comenzó a llegar el 22 de octubre, cuando se registraron alrededor de 4500 individuos. Su abundancia permaneció casi constante hasta el final de la temporada, pero en marzo ya había disminuido a 1840 individuos y el 14 de abril ya habían partido todos. A juzgar por los conteos de esta especie en los censos aéreos del USFWS (Fig. 6), la importancia de la Laguna Bustillos para esta especie es un hecho reciente, pues antes de 2006 sus números en ella eran bastante bajos. Esto refleja los cambios aparentes en la condición de la laguna durante la última década.

Esta especie prefirió las zonas con sustrato más duro y textura más gruesa en el sur de la laguna (Fig. 13), y sitios con baja profundidad o con pequeños islotes en los que puede refugiarse de los depredadores y del clima.

El ganso de frente blanca (*Anser albifrons*), la cuarta especie en importancia durante la temporada 2011-2012, comenzó a llegar a principio de la temporada de migración, pues el 7 de octubre se contaron 325 individuos, pero dos semanas después (22 de octubre) la población había aumentado a 2047 individuos. Continuó aumentando hasta llegar a 5327 el 4 de noviembre, después de lo cual disminuyó a poco más de 2000 individuos, abundancia que se mantuvo más o menos constante hasta la segunda semana de enero (2547 individuos), después de lo cual abandonó la laguna en su migración al norte. De los 10,500 gansos frente blanca que invernan en México, 6000 lo hacen en las lagunas interiores y reservorios (Bellrose, 1967). Este valor evidencia a la Laguna Bustillos como un sitio importante para la especie, cuando menos durante la temporada 2011-2012. Esta abundancia contrasta con los conteos entre 1958 y 1994, cuando nunca hubo más de 850 individuos. Ello apunta, al igual que en otras especies, a los aparentes cambios en la laguna. El ganso de frente blanca prefirió las zonas de sustrato más blando en el noroeste de la laguna (Fig. 13), siempre en conjunto con *Chen* sp.

De esta manera, la Laguna Bustillos se evidenció como una laguna importante para la invernación o migración de varias especies de aves acuáticas durante la temporada 2011-2012. La información de esta temporada para algunas especies contrasta con el uso histórico de la Laguna por aves acuáticas, revelado por los censos aéreos del USFWS y sugiere la posibilidad de cambios recientes en la estructura o función de la misma. Sin embargo, sólo su monitoreo continuado permitirá elucidar si las diferencias detectadas en esta temporada corresponden a un cambio de mediano o largo plazo en los atributos de la laguna y/o su preferencia por las aves acuáticas o fue una característica única de la temporada 2011-2012 en particular.

7 Conclusiones

Del presente trabajo se derivan las siguientes conclusiones:

Uso histórico de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas

- 1) Las fluctuaciones en la abundancia de las aves acuáticas en las lagunas de Bustillos y Los Mexicanos eran concordantes, las de Babícora eran diferentes, lo que indica la no existencia de un patrón regional en las aves acuáticas.
- 2) Los conteos aéreos realizados en enero por el USFWS dan una muestra sesgada de las aves que utilizan la Laguna de Bustillos y seguramente también de otras, dado que no se registran especies que la utilizan sólo como parada migratoria.
- 3) Si bien los conteos aéreos realizados en enero por el USFWS aportaron información sobre el uso de la Laguna Bustillos y pueden ayudar a entender procesos de escala temporal amplia, a escalas temporales cortas está influenciado por factores locales no conocidos.
- 4) Las fluctuaciones en las poblaciones (salvo en *Anas acuta*), el éxito reproductivo de las especies de aves acuáticas en Norteamérica y la precipitación de la temporada o temporadas de lluvia anteriores no se reflejaron en la abundancia de aves acuáticas en Bustillos.
- 5) A partir de la temporada 2002-2003 se apreciaron cambios en la composición y abundancia de aves acuáticas en la Laguna de Bustillos, que sugieren un posible cambio estructural en la misma, aunque no se pudo obtener información que lo aclarase.

Uso de la Laguna de Bustillos por aves acuáticas en el invierno 2011-2012

- 6) En esta temporada se contaron 266,000 aves acuáticas, de 39 especies diferentes. El ave acuática que tuvo mayores poblaciones en la Laguna fueron los gansos del género *Chen* (40% del total de aves registradas). Estos fueron seguidos del pato cucharón (*Anas clypeata*), la grulla (*Grus*

canadensis) y el ganso de frente blanca (*Anser albifrons*), que sumaron 41% de todas las aves contadas.

- 7) La mayor abundancia de aves acuáticas se registró en enero, pero esta abundancia estuvo influenciada principalmente por *Chen* sp.
- 8) Con base en su uso por las aves acuáticas, la Laguna se puede dividir en 3 áreas y un sitio separado, que tiene diferentes condiciones de dureza y rocosidad del sustrato y vegetación.
- 9) Muchas de las especies exhibieron preferencia por alguna zona de la laguna, en función de sus requerimientos ecológicos, aunque algunas utilizaron indistintamente las diferentes áreas.
- 10) Las poblaciones de las 4 especies principales en la Laguna de Bustillos representan una parte importante de sus poblaciones en México lo que evidencía a la laguna como de alta importancia para la invernación o migración de las aves acuáticas, cuando menos en alguna de las temporadas invernales.
- 11) La información de la temporada 2011-2012 para algunas especies contrasta con el uso histórico de la Laguna por aves acuáticas, revelado por los censos aéreos del USFWS y confirma la posibilidad de cambios recientes en la estructura o función de la misma.

8 Literatura citada

- Amado, J.P., P. Ortiz. 1999. Producción de frijol bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada y fosfórica utilizando agua residual en Bustillos, Chih. *TERRA Latinoamericana* 17:337-343.
- Amado, J.P., V. D. Solano, P. Ortiz. 1993. El agua de la Laguna de Bustillos, Chihuahua: Posibilidades de uso en agricultura. Folleto Técnico N°4, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Cuauhtémoc, Chihuahua. Documento inédito.
- Arellano, M., P. Rojas. 1956. Aves acuáticas en México I. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C. México, D.F. Pp. 140-143.
- Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. 1998. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Bellrose, F. C. 1976. Ducks, geese and swans of North America. Stackpole Books. Harrisburg, Pennsylvania.
- Benavides, A., M. Moreno, M. Sosa, S. Puga, J. Alcalá, C. Quintana. 2008. Evaluación de la calidad del agua en las principales lagunas del Estado de Chihuahua. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 4(2):84-88.
- Berlanga-Robles, C. A., A. Ruíz-Luna, G. De La Lanza. 2008. Esquema de clasificación de los humedales de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 66:25-46.
- Bolduc, F., A. D. Afton. 2004. Relationships between wintering water birds and invertebrates, sediments and hydrology of coastal marsh ponds. *Waterbirds* 27(3):333-341.
- Bolduc, F., A. D. Afton. 2008. Monitoring waterbirds abundance in wetlands: The importance of controlling results for variation on water depth. *Ecological Modeling* 216(3-4):402-408.
- Borges, S. D., A. B. Shanbhag. 2008. Food resource partitioning among waterbirds wintering on the Diwar wetland in the Mandovi Estuary of Goa, India. Sengupta, M., R. Dalwani (Editors). *Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference*: 124-130.

- Boyd, H., K. M. Dickson, H. Levésque. 2002. Changes in reported waterfowl hunting activity and kill in Canada and the United States, 1985–1998. Occasional Papers No. 107. Canadian Wildlife Service.
- Brower J. E., J. H. Zar, C. N. von Ende. 1990. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Third edition. Pp. 17-20.
- Carrera E., G. De la Fuente. 1999. Inventario y clasificación de humedales en México: Costa de Sonora, Humedales Interiores de Chihuahua y Durango y Delta del Río Colorado. Ducks Unlimited de México, A.C. Informe final: North American Wetlands Conservation Council. Pp. 97.
- Church, J. A., N. J. White, J. M. Arblaster. 2005. Significant decadal-scale impact of volcanic eruptions on sea level and ocean heat content. *Nature* 438:74-77.
- Colón, D. 2009. Composición de la dieta de otoño del pato mexicano (*Anas diazi*) en el vaso sur de las ciénegas del Lerma, Estado de México. 2009. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:193-202.
- Colwell, M. A., O. W. Taft. 2000. Waterbird communities in managed wetlands of varying water depth. *Waterbirds* 23:45-55.
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). 1999. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves de América del Norte. Montreal, Quebec, Canadá.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2002. Determinación de la disponibilidad de agua del acuífero Alta Babícora, Estado de Chihuahua. Gerencia de Agua Subterráneas.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2007. RTP-34. Babícora. En línea: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_034.pdf
- Cowardin, L.M., V. Carter, F.C. Golet, E.T. La Roe. 1979. Classification on wetlands and deep water habitats of the United States. US. Department of Interior. Fish and Wildlife Service. Office of Biological Services. Washington, D. C.
- Cruz, J., L.F. Torres, O.G. Paz, M.A. Cruz (Compiladores). 2010. Proyecto: Protección y manejo de Laguna Babícora. Reserva Ecológica Colonia Nicolás Bravo, Chihuahua. Pronatura Noroeste A.C.

- Dahl, T. E. 1990. Wetland losses in the United States 1780's to 1980's. US. Fish and Wildlife Service. U.S. Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Washington, DC. Pp.13.
- De la Fuente G., E. Carrera. 2003. Identificación, clasificación y protección de los humedales de importancia para el Ganso del Ártico en México. Ducks Unlimited de México, A.C. Informe Final: North American Wetlands Conservation Council.
- Dubowy, Paul J. 1996. Northern Shoveler (*Anas clypeata*). The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Obtenido de <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/217>; doi:10.2173/bna.217
- Ducks Unlimited. 2008. Inventario y clasificación de humedales. En línea: <http://www.dumac.org/dumac/habitat/esp/proyectos02.htm>.
- Fredrickson, L. H., F. A. Reid. 1988. Nutritional values of waterfowl foods. Fish and Wildlife Leaflet, 13.1.1. In: Waterfowl Management Handbook, p.p. 1-6. U. S. Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Washington, D. C.
- Ganter, B., H. Boyd. 2000. A tropical volcano, high predation pressure, and the breeding biology of Arctic waterbirds: a circumpolar review of breeding failure in the summer of 1992. Arctic 53(3):289-305.
- González-Gajardo, A., P. V. Sepúlveda, R. Schlatter. 2009. Waterbird assemblages and habitat characteristics in wetlands: Influence of temporal variability on species-habitat relationships. Waterbirds 32(2):225-233.
- Hattori, A., S. Mae. 2001. Habitat use and diversity of waterbirds in a coastal lagoon around Lake Biwa, Japan. Ecological Research 16(3):543-553.
- Holguín A. 2004. Chihuahua pasado, presente y futuro. Colección entidades federativas. Tercera edición. P.p. 245-258.
- Hoyer, M. V., D. E. Canfield. 1994. Bird abundance and species richness on Florida lakes: influence of trophic status, lake morphology, and aquatic macrophytes. Hydrobiologia 297/280:107-119.
- Impey, A. J., M. L. Yallop, M. O'Connell. 2006. The relations between waterfowl numbers and trophic status of wetland sites. Limnology and Aquatic Birds: Abstracts and Selected Papers from the Fourth Conference

- of the Societas Internationalis Limnologiae (SIL) Aquatic Birds Working Group. Canadian Wildlife Service Technical Report Series No. 474 Atlantic Region. xii + 203 pp. Hanson, A., J. Kerekes and J. Paquet (editors).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Cusihuiriachi, Chihuahua.
- Isola, C. R., M. A. Colwell, O. W. Taft, R. J. Safran. 2000. Interspecific differences in habitat use of shorebirds and waterfowl foraging in managed wetlands of California's San Joaquin Valley. *Waterbirds* 23(2):196-203.
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88:2427-2439.
- Koerschgen, C. E., Dahlgreen, R. B. 1992. Human disturbances of waterfowl: causes, effects and management. Fish and Wildlife Leaflet, 13.2.15. In: *Waterfowl Management Handbook*. Pp. 1-8.
- Liordos, V. 2010. Foraging guilds of waterbirds wintering in a Mediterranean coastal wetland. *Zoological Studies* 49(3):311-323.
- Longcore, J. R., D. G. McAuley, G. W. Pendelton, C. R. Bennatti, T. M. Mingo, K. L. Stromborg. 2006. Macroinvertebrate abundance, water chemistry, and wetland characteristics affect use of wetlands by avian species in Maine. *Hydrobiologia* 567:143-167.
- Ma, Z., Y. Cai, B. Li, J. Chen. 2010. Managing wetlands habitats for waterbirds: an international perspective. *Wetlands* 30:15-27.
- Marone, L. 1991. Habitat features affecting bird spatial distribution in the Monte Desert, Argentina. *Ecología Austral* 1:77-86.
- Marriott, F.H.C. 1974. *The Interpretation of multiple observation*. London: Academic Press.
- Martínez, M. 2011. *Cronista de la Cd. de Cuauhtémoc*.
- Myers, J. P. 1983. Conservation of migrating shorebirds: staging areas, geographic bottlenecks, and regional movements. *American Birds* 37:23-25.

- Nilsson L. 1972. Habitat selection, food choice, and feeding habits of diving ducks in coastal waters of South Sweden during non-breeding season. *Ornis Scandinavica* 3:55-78.
- Olmsted, I. 1993. "Wetlands of Mexico", en Whigham, D. F., D. Dykyjová and S. Hejný (eds.), *Wetlands of The World I: Inventory, Ecology and Management, Handbook of Vegetation Science*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 637-678.
- Ortiz, P., J.P. Amado. 2001. Uso del agua de la Laguna de Bustillos para la producción de maíz. *Terra* 19:183-189.
- Parker, G. R., M. J. Petrie, D. T. Sears. 1992. Waterfowl distribution relative to wetland acidity. *Journal of Wildlife Management* 56:258-274.
- Pekarik, C., I. K. Barker, D. V. Weseloh, J. L. Shutt. 2002. Endocrine disruption and immune responses in Great Lakes gulls (*Larus* spp.). *Limnology and Aquatic Birds: Abstracts and Selected Papers from the Fourth Conference of the Societas Internationalis Limnologiae (SIL) Aquatic Birds Working Group*. Canadian Wildlife Service Technical Report Series No. 474 Atlantic Region. xii + 203 pp. Hanson, A., J. Kerekes and J. Paquet (editors).
- Pérez-Arteaga, A., K. J. Gaston, M. Kershaw. 2002a. Population trends and priority conservation sites for Mexican Duck *Anas diazi*. *Bird Conservation International* 12:35-52.
- Pérez-Arteaga, A., K. J. Gaston, M. Kershaw. 2002b. Undesignated sites in Mexico qualifying as wetlands of international importance. *Biological Conservation* 107:47-57.
- Petrie, S. A., S. S. Badzinski, K. G. Drouillard. 2007. Contaminants in Lesser Scaup and Greater Scaup Staging on the Lower Great Lakes. *Archives of environmental contamination and toxicology* 52(4):580-589.
- Rodríguez, P. J., L. Giddings, H. Gadsden, K. Boken. 2005. Agricultural Drought in North-Central Mexico. "A Comprehensive Book on Drought, Monitoring and Predicting Agricultural Droughts: A Global Study". Oxford University Press.
- Rhodes, M. J., J. D. Garcia. 1981. Characteristics of playa lakes related to summer waterfowl use. *The Southwestern Naturalist* 26(3):231-235.

- Ruíz-Campos, G., E. Palacios, J. A. Castillo-Guerrero, S. González-Guzmán, E. H. Batche-González. 2005. Composición espacial y temporal de la avifauna de los humedales pequeños costeros y hábitat adyacentes en el noroeste de Baja California, México. *Ciencias Marinas* 31(3):553-576.
- Saunders, G. B., D. C. Saunders. 1981. Waterfowl and their wintering grounds in Mexico, 1937-1964. U. S. Fish and Wildlife Service. Res. Publ. 138. Pp. 151.
- Semeniuk, C. A., V. Semeniuk. 1995. A geomorphic approach to global classification for inland wetlands. *Vegetatio*: 118: 103-124.
- Semeniuk V., C. A. Semeniuk. 1997. A geomorphic approach to global classification for natural wetlands and rationalization of the system used by the Ramsar Convention – a discussion. *Wetlands Ecology and Management* 5:145-158.
- Sharp, D. E., K. L. Kruse, J. A. Dubovsky. 2006. Status and harvests of Sandhill Cranes: Mid-Continent and Rocky Mountain Populations. Unnumbered Administrative Report, U. S. Fish and Wildlife Service. Denver, Colorado. Pp. 9.
- Takekawa, J. Y., A. K. Miles, D. H. Schoellhamer, N. D. Athearn, M. K. Saiki, W. D. Duffy, S. Kleinschmidt, G. G. Shellenbager, C. A. Jannush. 2006. Trophic structure and avian communities across a salinity gradient in evaporation ponds of the San Francisco Bay estuary. *Limnology and aquatic birds*. Hanson, A. R., J. J. Kerekes (editors). *Hydrobiologia* 567:307-327.
- Turnbull, R. E., G. A. Baldassarre. 1987. Activity budgets of Mallards and American Wigeon wintering in east-central Alabama. *Wilson Bull.* 99(3):457-464.
- Wilson, M.H., D. G. Ryan. 1997. Conservation of Mexican wetlands: role of the North American Wetlands Conservation Act. *Wildlife Society Bulletin* 25: 57–64.