

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ECOLOGÍA Y GENÉTICA DE LA CONSERVACIÓN DEL PATO TRIGUERO

Anas platyrhynchos diazi EN EL ALTIPLANO ZACATECANO

Por

MARISA MERCADO REYES

Como requisito parcial para obtener el Grado de

DOCTOR EN CIENCIAS

CON ACENTUACIÓN EN MANEJO DE VIDA SILVESTRE

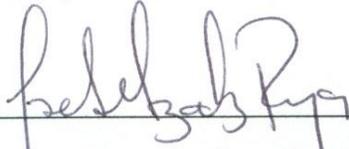
Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Agosto, 2012

ECOLOGÍA Y GENÉTICA DE LA CONSERVACIÓN DEL PATO TRIGUERO

***Anas platyrhynchos diazi* EN EL ALTIPLANO ZACATECANO**

Comité de Tesis



Dr. José Ignacio González Rojas

Director



Dra. Irene Ruvalcaba Ortega

Secretario



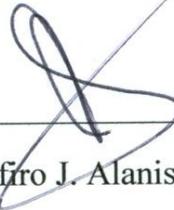
Dr. Ricardo Canales del Castillo

Vocal



Dr. Roberto Mercado Hernández

Vocal



Dr. Glafiro J. Alanis Flores

Vocal

DEDICATORIAS

A Iván

Por estar conmigo, por alentarme a no rendirme, por ser mí mejor amigo, por amarme y ser mi compañero de vida.

Mi ángel Ana Karen

Mi beba hermosa, por ser mi motivación y mi alegría de vivir.

A mi niña por siempre, Janeth Alejandra

Mi compañera de aventuras y desventuras, mi Nana bonita.

A mi padre

Por apoyarme a seguir adelante, por su sonrisa, por ser quien es.

Con cariño, a la memoria de Beatriz Méndez Saucedo

Mi amiga y compañera, contigo compartí sueños de fauna silvestre desde la facultad, los patos fueron tu pasión.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, el Dr. José Ignacio González Rojas, por su experiencia, confianza, y apoyo para la realización de mis estudios de doctorado.

Al PhD. Kevin McCracken por su valiosa aportación en cuanto a genética del pato triguero, por su hospitalidad y confianza durante mi estancia en su laboratorio.

Al M. en C. Patricio Tavizón García, por su importante participación para la realización del proyecto, por ser mí amigo y maestro más allá de las aulas.

Al PhD. Fernando Clemente Sánchez, por su gran apoyo en el trabajo de colecta de muestras y redacción del artículo, por su experiencia y amistad.

Al Dr. Roberto Montes de Oca por su experiencia y primeros consejos acerca de la biología y técnicas moleculares.

A los Doctores Irene Ruvalcaba y Ricardo Canales, por su colaboración para la realización de este proyecto, su amistad y apoyo incondicional, por ser como son, mil gracias.

A la Dra. Carmen Mondragón, por su apoyo y experiencia aportada en el trabajo de laboratorio, por su amistad y cariño, por estar siempre conmigo.

A la Dra. Susana Favela, por su apoyo en la revisión del proyecto, sus consejos y los ánimos que siempre me ayudaron.

A mis compañeros de trabajo Marisol, Coco y Enrique, siempre listos para el campo a pesar de las adversidades ambientales.

A la MVZ Ana Sofía Angulo Castillo, por esos días y noches de vigilia en los humedales, la trampa de captura de patos, el análisis de hábitat y las aventuras de campo, este trabajo tiene gran parte de ti.

Al MVZ Alan Roberto Hernández, por su apoyo en las técnicas de análisis genético de *Anas diazi*, y por esos grandes momentos filosóficos acerca de la fauna silvestre.

Al Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica (FOMIX) CONACYT- Gobierno del Estado de Zacatecas por el financiamiento aportado con el proyecto con clave AC-2003-C01-0021 denominado: "Conservación del pato triguero (*Anas diazi*) en el Altiplano del Estado de Zacatecas, México"

Al programa PROMEP-UAZ por otorgarme la beca para realizar mis estudios de doctorado.

A la **Universidad Autónoma de Nuevo León** y en especial a la **Facultad de Ciencias Biológicas** por permitirme ser una egresada más de su institución.

A todos aquellos que de alguna manera colaboraron al desarrollo del presente proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

Sección	Página
AGRADECIMIENTOS	i
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	8
OBJETIVOS	9
Objetivo general	9
Objetivos particulares	9
1. GENÉTICA POBLACIONAL DEL PATO TRIGUERO EN EL ALTIPLANO ZACATECANO: EL PAPEL DE LOS FACTORES HISTÓRICOS Y CONTEMPORÁNEOS	10
1.1 INTRODUCCIÓN	11
1.1.1 Variación genética	11
1.1.2 Anatinae; historias de vida y consecuencias genéticas.	12
1.1.3 Factores históricos y contemporáneos del hábitat del pato triguero en el Altiplano Zacatecano	13
1.2 MÉTODOS	17
1.2.1 Área de estudio.	17
1.2.2 Extracción y amplificación de ADN mitocondrial (ADNmt)	18
1.2.3 Análisis de diversidad genética e historia demográfica	19
1.3 RESULTADOS	20
1.3.1 Diversidad genética de las poblaciones de pato triguero en el Altiplano Zacatecano	23
1.3.2 Tiempo de expansión poblacional	24
1.4 DISCUSIÓN	26

1.5 LITERATURA CITADA	34
2. CAPÍTULO 2. PREFERENCIA DE HUMEDALES POR EL PATO TRIGUERO EN RELACION A SU ESTRUCTURA VEGETAL EN EL ALTIPLANO ZACATECANO	41
2.1 INTRODUCCIÓN	42
2.1.1 El pato triguero	42
2.1.2 Hábitat de los patos de superficie	42
2.1.3 Hábitat del pato triguero	43
2.2 MÉTODOS	45
2.2.1 Área de estudio	45
2.2.2 Caracterización del hábitat de los embalses	46
2.2.3 Poblacional del pato triguero	47
2.2.4 Análisis estadísticos	47
2.3 RESULTADOS	48
2.4 DISCUSIÓN	57
2.5 LITERATURA CITADA	60
3. PRESENCIA DE HELMINTOS EN EL PATO TRIGUERO DEL ALTIPLANO ZACATECANO	65
3.1 INTRODUCCIÓN	66
3.1.1 Enfermedades parasitarias en aves silvestres	66
3.1.2 Helmintos en aves acuáticas	67
3.2 MÉTODOS	68
3.2.1 Área de estudio	69
3.2.2 Recolección e identificación de parásitos	69
3.3 RESULTADOS	71
3.4 DISCUSIÓN	73
3.5 LITERATURA CITADA	75
CONCLUSIONES	79

APÉNDICE Aí . 82
APÉNDICE Bí . 84
APÉNDICE Cí . 87
RESUMEN BIOGRÁFICOí .. 89

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1.1	Estimación de variabilidad de población de la región control 5ø para pato triguero en las zonas norte, sur y centro del Altiplano Zacatecanoí í .í í í í í í í í í í í í í í í í í í ..	21
1.2	Valores obtenidos en las pruebas de neutralidad y expansión poblacionalí ..	25
1.3	Comparaciones de diversidad haplotídica (<i>Hd</i>) y nucleotídica (π) en ADNmt entre especies de anátides con varios estados de conservacióní .í ..	31
2.1	Localización y categoría de los humedales de estudio en el Altiplano Zacatecanoí í í í í .í í í í í í í í í í í ..	45
2.2	Las especies de árboles y arbustos identificadas en las presas de estudio en el Altiplano Zacatecanoí .í í í í í í í í í í í .	50
2.3	Especies de árboles y arbustos identificadas en los bordos monitoreados en el Altiplano Zacatecano. El bordo el Maguey y el aguaje las Mangas no presentaron especies en los puntos de muestreo (estratos arbóreo y arbustivo)í í í í í í í í í í í ..	53
2.4	Frecuencia relativa de gramíneas y herbáceas en los humedales de estudioí .	53
3.1	Coordenadas de ubicación de los cuerpos de agua del estudio en el Altiplano Zacatecanoí í í í í í í í í í í í í í í í í ..	68
3.2	Prevalencia de parásitos por especie y localización en el pato triguero del Altiplano Zacatecanoí í í í í í í í í í í í ..	71
3.3	Prevalencia de helmintos de acuerdo al sexo del pato triguero del Altiplano Zacatecanoí í í í í í í í í í í í í í í í í ..	72

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1.1 Mapa de localización del área y humedales de estudio en Zacatecas...	19
1.2 Red mínima de haplotipos ilustrando los grupos de haplotipo A (circulo negro) y haplotipo B (círculo blanco) muestreados en el Altiplano Zacatecanoí í í í í í í ..í .í í í í í í í í í í ..	22
1.3 Uno de dos de los arboles parsimoniosos con raíz central ilustrando los haplotipos de la región control mitocondrial identificados en pato triguero de la zona norte, centro y sur del Altiplano Zacatecanoí í ..	23
1.4 Distribución de diferencias de nucleótidos (mismatch distribution) para los haplotipos del pato triguero en el Altiplano Zacatecanoí í ..	25
1.5 Mapa de distribución de haplotipos identificados en el Altiplano Zacatecanoí .	28
2.1 Mapa de localización del área y humedales de estudio en Zacatecas....	46
2.2 Promedio de individuos censados durante Febrero-Marzo por tipo de humedalí .	55
2.3 Correlación de Spearman entre los individuos censados durante junio-julio y el porcentaje de cobertura de arbustosí í í í í í í	55
2.4 Correlación de Spearman entre los individuos censados durante Agosto-Septiembre y el porcentaje de cobertura de la vegetación acuática flotanteí .	56
3.1 Mapa de ubicación de los embalses analizados en el Altiplano Zacatecano..í í .í	69

RESUMEN

El pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*) es una de las especies acuáticas endémicas en México, presenta una tendencia a la disminución de sus poblaciones lo cual es causa por la que se encuentra enlistada dentro de la norma oficial mexicana (NOM-O59-SEMARNAT-2010) como especie amenazada; pese a lo anterior, no existe suficiente información acerca de su biología en su área de distribución natural. En el Altiplano Zacatecano se distribuye en bordos y Ciénegas como especie residente, y no se tiene certeza acerca de sus condiciones actuales y de los efectos causados por factores ambientales en sus poblaciones. Por lo anterior, el presente estudio se estableció como objetivo general identificar aspectos sobre genética poblacional y biología (hábitat y presencia de helmintos) en las poblaciones del pato triguero en el Altiplano Zacatecano. De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis genéticos, se determinó la presencia de dos haplotipos divergentes similares a los identificados en estudios anteriores referentes a especies afines de patos de superficie; así como la presencia de procesos denominados òcuellos de botellaö de periodo corto entre las poblaciones de pato triguero. Los factores ambientales presentes en la región del Altiplano y su dinámica poblacional coinciden con la conformación de las características genéticas observadas. En cuanto al hábitat de la especie, el análisis de la composición vegetal adyacente en los embalses mostró una composición vegetal a base de gramíneas y arbustivas; y una correlación positiva significativa entre el número de patos contados y la cobertura vegetal acuática. Por otro lado, se observó la presencia de ocho especies de helmintos pertenecientes a cuatro clases: Trematoda (3), Nematoda (2), Acantocephala (2) y Cestoda (1) en las poblaciones de pato triguero; siendo *Zygocotyle lunata* la especie de mayor prevalencia. No se observaron diferencias significativas entre la prevalencia de infecciones parasitarias de hembras y machos del pato triguero en la región. Los resultados obtenidos en el presente estudio, aportan información relevante para la implementación de programas de conservación para el pato triguero en el Altiplano Zacatecano.

ABSTRACT

The Mexican duck (*Anas platyrhynchos diazi*) is an endemic aquatic species that has shown a negative population trend. Therefore, it is listed in the Official Mexican Norm (NOM-059-SEMARNAT-2010) as endangered. However, there is insufficient information about its natural history throughout its range. It is resident in the Zacatecas Plateau where is distributed in ponds and marshes; however, there is uncertainty about its current conservation status and the factors that shape its distribution and population size. We established the general objective of identifying aspects of population genetics and ecology (habitat characteristics and helminthes incidence) in Mexican duck populations of the Zacatecas Plateau. Based on results obtained from genetic analyzes, the presence of two divergent haplotypes were determined, similar to those identified in previous studies concerning related species of dabbling ducks, as well as the presence of short-duration "bottleneck" events in the Mexican duck populations. Environmental factors present in the Plateau region and the population dynamics coincide with the observed genetic characteristics. Analyses of adjacent vegetation composition in the wetlands showed a dominance of grasses and shrubs, and a significant positive correlation between the Mexican duck abundance and emergent aquatic vegetation. On the other hand, we observed the presence of eight helminth species belonging to four classes: Trematoda (3), Nematoda (2), Acantocephala (2) and Cestoda (1) in Mexican duck populations, being *Zygocotyle lunata* the most prevalent species. Statistical analysis showed no significant difference between the prevalence of parasitic infections in females and males of the Mexican duck in the region. The results obtained in this study provide relevant information to the implementation of conservation programs for the Mexican duck in the Zacatecas Plateau.

INTRODUCCIÓN

Los humedales mexicanos son biológicamente diversos, y forman parte del hábitat de varias especies acuáticas norteamericanas durante el invierno así como para varias especies residentes con relevancia internacional. El Altiplano Mexicano es una región que se eleva gradualmente desde los 1,000 m en el norte hasta los 1,500-2,000 m en el sur, incluye cinco regiones fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Central, Sierra Madre Oriental, Bajío y Eje Volcánico (Leopold, 1959). Las primeras tres áreas conforman lo que se considera el Altiplano Norte donde se localiza el estado de Zacatecas. Los humedales en esta región incluyen ciénegas permanentes y estacionales en las que se pueden identificar las especies vegetales acuáticas como *Thypha* sp., *Juncus* sp., *Cyperus* sp. y *Polygonum* sp. entre otras, pertenecen a cuencas cerradas o humedales endorreicos que han sido substancialmente alterados o destruidos por diversas actividades antropogénicas como la agricultura, sobrepastoreo, contaminación, salinización y uso industrial (Carrera y De la Fuente, 2003).

Las aves acuáticas están integradas por cisnes, gansos y patos de la familia Anatidae; existen 145 especies en el mundo agrupadas en 11 tribus y 43 géneros (Bellrose, 1980). Las aves de la familia *Anatidae* constituyen en este país, el grupo más importante de las aves de caza (Leopold, 1959); de éstas se han identificado 29 especies de patos de las cuales seis son residentes, *Oxyura dominica*, *Dendrocygna autumnales*, *D. bicolor*, *Cairina moschata*, *Anas fulvigula* y *Anas diazi* (Cisneros, 1999).

El pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*) es una especie endémica de México, se clasifica por sus hábitos en el grupo de patos de superficie, se distribuye en lagos y ríos de las mesetas centrales de Jalisco, Morelos y Puebla y se extiende hacia el norte por la base oriental de la Sierra Madre Occidental hasta el norte de Chihuahua y llega hasta la cuenca del Río Bravo en Nuevo México. Ocurre en hábitats de mesetas templadas, en pequeños lagos, pequeños depósitos de agua con vegetación de pastizal y/o tierras de cultivo (Leopold, 1959). En el Estado de Zacatecas se distribuye en presas, ciénegas y bordos durante todo el año, coexiste en los meses de septiembre a febrero con varias especies acuáticas migratorias en las que destacan los gansos nevado (*Chen caerulescens*) y frente blanca (*Anser albifrons*) a través de las dos rutas migratorias que pasan por la región del Estado (Tavizón *et al.*, 1997). Su clasificación taxonómica lo ubica dentro de la subfamilia Anatinae, tribu Anatini en la cual se encuentran los patos de superficie, denominados de esta forma por sus hábitos alimentarios al ras del agua somera (Batt, 1992). En Estados Unidos y Canadá se le conoce como Mexican duck; estuvo considerado como especie en la American Ornithologists' Union Check-list de 1957 (5th edición), pero fue incluida como subespecie del pato de collar (*Anas platyrhynchos*) identificándose con el nombre científico *Anas platyrhynchos diazi* en 1983 (6th edición).

Basados en un proceso de hibridación con esta especie a diferentes niveles de impacto desde la región sur de Estados Unidos hasta la parte central de la República Mexicana, fue descrita como una especie separada del pato de collar por Hubbard (1977); posteriormente y de acuerdo a estudios genéticos realizados por varios investigadores (Johnson y Sorenson, 1999, McCracken *et al.*, 2001 y Kulikova *et al.*, 2004) se determina al pato triguero como especie independiente del pato de collar (*A.*

platyrhynchos) y genéticamente relacionada al pato tejano (*A. fulvigula*) y pato negro (*A. rubripes*). Actualmente, su clasificación taxonómica sigue en controversia entre diferentes autores acerca de si es o no una subespecie del pato de collar; algunos autores reconocen a la especie como *A. diazi* del cual, identifican las subespecies *A. diazi diazi* (Ridgway, 1886) y *A. diazi novimexicana* (Huber, 1920), diferenciados principalmente por características fenotípicas regionales (<http://avibase.bsc-eoc.org/avibase>).

El pato triguero identificado como *A. diazi diazi*, estuvo protegido bajo la lista de la U.S. Endangered Species Act como especie en riesgo en 1967 de la cual fue removida posteriormente por el United States Fish and Wildlife Service en 1978. En México, debido a sus características poblacionales, se encuentra considerada como amenazada por la norma oficial mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2002); se ha establecido que la especie se encuentra distribuida casi exclusivamente en México con más del 98% del total de la población del continente Americano (Pérez *et al.*, 2002). Es una especie afectada principalmente por la destrucción de su hábitat, debido a la desviación del recurso hídrico para actividades agrícolas; tal pérdida es compensada ligeramente por la construcción de presas y embalses artificiales como bordos (Leopold, 1959), siendo la pérdida de hábitat uno de los principales problemas (Aldrich y Baer, 1970; Bellrose, 1980). Por lo anterior, presenta una tendencia a la disminución de sus poblaciones por lo que se podría considerar en peligro de extinción tanto en México como en Estados Unidos (Aldrich y Baer, 1970); pese a lo anterior, no existe información básica para planes de manejo para su recuperación y conservación (Pérez *et al.*, 2002).

Otro de sus principales problemas es la destrucción de sus áreas reproductivas y sus polluelos, estos procesos son provocados principalmente por las actividades

humanas, que han ocasionado daños drásticos en numerosos ecosistemas y comunidades biológicas. La disponibilidad de agua durante la temporada de cortejo y apareamiento es otro de los factores limitantes para la producción de crías, así como la destrucción de nidos y huevos por el pisoteo animal o por maquinaria agrícola (Cisneros, 1999).

La información derivada de los estudios poblacionales es una herramienta indispensable para el establecimiento de acciones encaminadas al desarrollo de programas de recuperación y/o conservación de la especie; los recientes avances en la genética de poblaciones han permitido el estudio de diferentes aspectos referentes a la dinámica de vida silvestre (DeYoung y Honeycutt, 2005), por lo que su evaluación permite obtener información útil con respecto al impacto de diversos factores ambientales en las poblaciones de pato triguero, incluyendo información acerca de sus relaciones ecológicas y enfermedades parasitarias. Los cambios del paisaje y las condiciones del ambiente son un factor importante asociado con la ocurrencia de las enfermedades en la fauna silvestre. Las infecciones producidas por varias especies de helmintos se han relacionado con diversas prácticas de manejo de los humedales en donde ocurren varias especies de aves acuáticas; lo que puede intensificarlas en especies de patos y gansos (Shaw y Kocan, 1980), y afectar la sobrevivencia de sus las poblaciones y de lo cual, no existe información en la región para la especie de pato triguero.

La forma de conservación de los recursos naturales ha cambiado en respuesta al cambio de percepción acerca de los sistemas de biodiversidad y ecológicos (Frankham *et al.*, 2002), por lo que el desarrollo de planes de conservación requiere mayor información (Caughley, 1996). Esto ha propiciado la integración de nuevas técnicas con el objeto de implementar acciones de conservación adecuadas. Dentro

de las técnicas que actualmente se desarrollan con este fin se encuentran los análisis genéticos mediante marcadores moleculares, estas técnicas han sido ampliamente utilizadas para determinar diferentes parámetros poblacionales (Beebee y Rowe, 2004). Genética de la conservación se refiere a los factores genéticos que impactan al proceso de extinción de las especies y el manejo de los mismos para disminuir este proceso en la biodiversidad. Los efectos genéticos producidos por la dinámica poblacional de pequeñas poblaciones concierne a esta disciplina en los que se describe el decline de poblaciones, endogamia, y pérdida de diversidad genética (Frankham *et al.*, 2002). El análisis de estos (ADN) pueden aportar información acerca de dinámicas poblacionales como lo es la estimación de grados de migración en diferentes áreas y la identificación de metapoblaciones (Beebee y Rowe, 2004).

El presente estudio describe aspectos biológicos importantes acerca de la especie *A. p. diazi* en el cual se analizan factores importantes para la conservación y manejo de la especie como su diversidad genética y características demográficas históricas, su preferencia de uso de humedales en base a sus características estructurales de vegetación y su relación ecológica huésped-parásito con varias especies de helmintos en la región del Altiplano Zacatecano.

LITERATURA CITADA

- Aldrich JW. Baer KP. 1970. Status and speciation in the Mexican duck (*Anas diazi*). The Wilson Bull., 82 (1): 63-73.
- Batt DJ. Afton AD. Anderson MG. Ankney CD. Johnson DH. Kadlec JA. Krapu L. 1992. Ecology and management of breeding waterfowl. University of Minnesota Press. Minnesota E. U. A., pp. 658.
- Beebee TC, Rowe G. 2004. An Introduction to Molecular Ecology. Oxford University Press New York, pp. 370.
- Bellrose FC. 1980. Ducks, geese and swans of North America. Ed. Stackpole Books, U. S. A. pp. 540.
- Carrera GE, De la Fuente LG. 2003. Inventario y Clasificación de Humedales en México, Parte 1. Ducks Unlimited de México A.C. México, pp. 237.
- Caughley G, Gunn A. 1996. Conservation Biology in Theory and Practice. Blackwell Science, Cambridge. pp. 559.
- Cisneros E. 1999. Aves acuáticas migratorias, sus hábitats y manejo de humedales. En: Diplomado en manejo de vida silvestre. Conservación y manejo de vertebrados del norte árido y semiárido de México, México pp. 247 (memorias).
- Denis L. 2009. Avibase- La base de datos de aves del mundo. Bird studies Canada. <http://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp?lang=ES&pg=home> (Revisado el 10 de julio de 2009).
- DeYoung RW, Honeycutt RL. 2005. The molecular toolbox: genetic techniques in wildlife ecology and management. J. Wildl. Manage., 69 (4): 1362-1384.

- DOF. 2002. Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2002). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda Sección. 6 de marzo de 2002. México, D. F. pp. 22.
- Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA. 2002. Introduction to conservation genetics. Cambridge University Press pp. 640.
- Hubbard JP. 1977. The biological and taxonomic status of the Mexican duck. New Mexico Dep. Game Fish Bull., 16: 1-56
- Jhonson KJ, Sorenson MD. 1999. Phylogenetic and biogeography of the dabbling ducks (Genus: *Anas*): A comparison of molecular and morphological evidence. Auk, 116: 792-805.
- Kulikova VI, Zhuravlev YN, MacCracken KG. 2004. Asymmetric hybridization and sex-biased gene flow between eastern spot-billed ducks (*Anas zonorhyncha*) and mallards (*A. platyrhynchos*) in the Russian Far East. Auk, 121 (3): 930-949.
- Leopold AS. 1959. Wildlife of Mexico, the game birds and mammals. University of California, Press Berkeley, CA. pp. 608.
- McCracken KG, Johnson WP, Sheldon FH. 2001. Molecular populations genetics, phylogeography, and conservation biology of the mottled duck (*Anas fulvigula*). Conserv. Gen., 2: 87-102.
- Pérez AA, Gaston KJ, Kershaw M. 2002. Population trends and priority conservation sites form Mexican ducks *Anas diazi*. Biol. Conserv. Internatl., 12: 35-52.
- Shaw MG, Kocan AA. 1980. Helminth fauna of waterfowl in central Oklahoma. J. Wildl. Dis., 16: 59-62.
- Tavizón P, Flores R, Díaz M, Mondragón C. 1997. Gestión para la conservación del hábitat del pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*) en el estado de Zacatecas, México. En: XIV Congreso Nacional de Zoología SOMEXZOOOL Guanajuato, México.

HIPÓTESIS

Los factores ambientales actuales e históricos en el Altiplano Zacatecano, así como la dinámica poblacional (pequeñas poblaciones) del pato triguero influyen en la diversidad genética presente de sus poblaciones.

La preferencia de hábitat por el pato triguero está influenciada por la composición vegetal adyacente al embalse en el Altiplano Zacatecano.

Existe una diferencia significativa entre la prevalencia de helmintos en hembras y machos del pato triguero debido a diferencias en los hábitos alimenticios; siendo un factor de riesgo presente en sus poblaciones en la región del Altiplano Zacatecano.

OBJETIVOS

Objetivo general

Identificar la genética poblacional, así como aspectos biológicos como el hábitat y la presencia infecciones helmínticas en las poblaciones del pato triguero *A. p. diazi* en el Altiplano Zacatecano.

Objetivos específicos

Establecer la diversidad genética de las poblaciones de pato triguero *A. p. diazi*.

Identificar la inferencia de los factores ambientales históricos en las características genéticas de las poblaciones actuales de pato triguero en el Altiplano Zacatecano.

Determinar la relación entre la vegetación adyacente y la selección de embalses del pato triguero *A. p. diazi* en el Altiplano Zacatecano.

Identificar las especies de helmintos así como su prevalencia entre sexos que afectan las poblaciones de pato triguero *A. p. diazi* en el Altiplano Zacatecano.

CAPITULO 1

GENÉTICA POBLACIONAL DEL PATO TRIGUERO EN EL ALTIPLANO ZACATECANO: EL PAPEL DE LOS FACTORES HISTÓRICOS Y CONTEMPORÁNEOS

RESUMEN

Debido a su tendencia a la disminución de sus poblaciones, el pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*) se encuentra dentro de la lista de especies amenazadas en México; no es una especie migratoria por lo que su dispersión se encuentra limitada a la disponibilidad de recursos. Para determinar la diversidad genética de sus poblaciones, se analizó la secuencia 5' de la región control (78-774 bp) del ADN mitocondrial en 22 ejemplares colectados en tres zonas de la región del Altiplano Zacatecano. Se identificaron 11 haplotipos únicos compuestos de 666-670 nucleótidos. De las 666 posiciones homólogas, 2.7% ($n = 18$) varían entre haplotipos, y el 94.4% ($n = 17$) ocurren dentro de los primeros 262 nucleótidos del final 5' de la secuencia externa. Se identificó la presencia de dos grupos divergentes identificados como grupos A (59.09%) y B (40.90%). El promedio de diferencias nucleotídicas entre los grupos fue del 7.37%; no se identificó correspondencia geográfica entre los haplotipos identificados. Los análisis de distribución π y d y neutralidad sugieren la existencia de una expansión histórica. La alta variabilidad genética entre las poblaciones analizadas es consecuencia de procesos históricos y actuales de dispersión poblacional debido principalmente a factores ambientales que interactúan con los movimientos y comportamientos de dispersión poblacional del pato triguero en la región.

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 Variación genética

La variación en la naturaleza se divide en diferentes niveles de jerarquía: los genes, los individuos, poblaciones, especies y ecosistemas, y juntos conforman el espacio y la biodiversidad. La base hereditaria de esta diversidad es la variación genética (Kimura, 1983). La diversidad genética se define como la variedad de alelos y genotipos presentes en una población los cuales son reflejados en diferencias morfológicas, fisiológicas y conductuales entre individuos y/o poblaciones (Frankham *et al.*, 2002); esta variación genética es la base del potencial de evolución de las especies como respuesta a los cambios del ambiente; por lo que se convierte en un pilar importante para la disciplina de la genética de la conservación (Toro y Caballero, 2005). La variación genética es, tanto un rasgo individual como de poblaciones (Lacy, 1987), y la cual es generada principalmente por mutación. La variación que puede ser representada como la frecuencia o diferencia entre alelos, puede cambiar debido a la migración, selección y oportunidad; formando parte del proceso de adaptación a los cambios ambientales de los organismos por lo que, su pérdida se asocia a la endogamia y la disminución en la aptitud reproductiva (Frankham *et al.*, 2002). Los organismos viven en un medio ambiente que se encuentra en constante cambio a través del tiempo; el patrón de diversidad de especies es afectado por ambos procesos de historia evolutiva pasada y procesos poblacionales actuales. La ecología, historia de vida y características de comportamiento de las especies, como es el tamaño y subdivisión poblacional, dispersión y estructura social, así como los cambios provocados al ambiente por las acciones antropogénicas como la fragmentación del hábitat, afectan la diversidad genética actual de las especies (Ruokonen, 2001).

1.1.2 Anatinae; historias de vida y consecuencias genéticas

El grupo de patos de superficie (género *Anas*), presenta una forma de distribución inusual para un género de aves; ya que se encuentran en todos los continentes (con excepción de la Antártica) y algunas de estas especies del grupo de forma aislada en islas oceánicas; estas características poblacionales sugieren que sus miembros poseen la capacidad de dispersión en grandes distancias (Johnson y Sorenson, 1999), lo que podría producir el desarrollo de especiación y vicarianza clásica (Gaston, 1998, Johnson y Sorenson, 1999). Otro proceso frecuente en las aves acuáticas es el alto nivel de hibridación, esta habilidad plantea una serie de cuestiones importantes acerca de su flujo genético (Kulikova *et al.*, 2004); por ejemplo en el pato de collar (*Anas platyrhynchos*), para la cual se ha establecido en diversos estudios el proceso de hibridación con otras especies de patos de superficie lo cual, ha modificado la filogenia de sus poblaciones (Awise *et al.*, 1990, Johnson y Sorenson, 1998, Kulikova *et al.*, 2004).

La filopatría ha sido descrita en varias especies de aves (Greenwood y Harvey, 1982); Anderson *et al.* (1992) definen dos formas de este fenómeno: filopatría reproductiva la cual es la fidelidad de una especie en su forma adulta, migrante o no migrante, a un área reproductiva en particular; por otro lado, la filopatría natal se refiere a una alta fidelidad al sitio de nacimiento o eclosión; Por lo tanto la filopatría y la dispersión, son procesos que afectan el flujo genético entre las poblaciones. La dispersión de las hembras, en algunas especies acuáticas, puede incrementar el aislamiento de las poblaciones permitiendo que en las pequeñas poblaciones aumente su susceptibilidad para la extinción (Dale, 2001; Anderson *et al.*, 1992). Por ejemplo; en la especie eider de Steller (*Polysticta stelleri*) se demostró mediante marcadores genéticos que el alto nivel de fidelidad de las hembras y la dispersión sesgada de los machos, fueron conductas que interfirieron en las características de su genética poblacional en las áreas específicas de Alaska y Rusia (Pearce *et al.*, 2005).

La subdivisión natural de una población influye en el flujo genético, la cual en algunos casos puede incrementar la pérdida de diversidad genética dentro de subpoblaciones (Harding y MacNamara, 2002). Otro fenómeno que puede ocasionar

pérdida de diversidad genética es la fragmentación del hábitat, la cual consiste en el aislamiento de las poblaciones por falta de conectividad. Esto ocasiona la división de las poblaciones en subpoblaciones, lo que inhibe la dispersión y la pérdida de flujo genético (Arguedas y Parker, 2000). La mayoría de las poblaciones en algún estatus se encuentran subdivididas en diferentes grupos reproductivos más o menos interconectados; por lo que la caracterización y manejo de la diversidad de recursos genéticos se han realizado considerando la idiosincrasia de sus características genéticas poblacionales (Toro y Caballero, 2005); McCracken *et al.* (2001), mediante el análisis filogeográfico de las poblaciones del pato tejano (*Anas fulvigula*), a través de ADN mitocondrial en la zona sur de Estados Unidos; identificaron la separación geográfica de haplotipos en la especie generada por procesos ambientales que provocan la división poblacional del pato tejano en la región; así como la presencia de procesos de hibridación con el pato de collar (*Anas platyrhynchos*), de lo anterior se desprenden resultados importantes que impactan las acciones de conservación de la especie en cuanto a las diferencias genéticas entre poblaciones debido a factores ambientales y fisiográficos, y la delimitación de zonas de hibridación del pato tejano con el pato de collar.

1.1.3. Factores históricos y contemporáneos del hábitat del pato triguero en el Altiplano Zacatecano

La variación genética se encuentra influenciada por factores ambientales, ya que la diversidad genética evoluciona y se modifica en respuesta a los cambios ambientales (Frankham *et al.*, 2002), siendo la biodiversidad (o variabilidad genética de la vida), un producto del pasado evolutivo de las especies, que se genera por modificaciones dentro de sus genes (mutaciones, frecuencias o diferencias entre alelos), como parte de un proceso de adaptación de los organismos a los cambios ambientales por medio de eventos de migración, selección y oportunismo (Frankham *et al.*, 2002, Toro y Caballero., 2005, Avise y Ayala., 2007).

En tiempos anteriores; el pleistoceno es descrito como un periodo importante para la especiación y divergencia de diferentes especies y poblaciones; Avise *et al.*, (1998) establecen que, de acuerdo a la información y antecedentes generados, indican

que el pleistoceno ha tenido un impacto considerable en los patrones filogeográficos dentro y entre especies estrechamente relacionadas de varios vertebrados; lo anterior, debido a los cambios ambientales y climáticos que sucedieron durante este periodo los cuales; provocaron la expansión y distribución de una gran cantidad de especies (Peters *et al.*, 2005). En México, los cambios climáticos y fenómenos geológicos locales son la causa de la generación de la biodiversidad (Arroyo *et al.*, 2008).

El grado de diferenciación genética entre poblaciones está determinado por su historia poblacional y la cantidad de flujo genético contemporáneo (Templeton *et al.*, 1995); considerando esto, se plantea que la modificación y alteración de cambios ambientales actuales modifican la diversidad genética actual. Se ha establecido que la fragmentación y destrucción del hábitat es una causa del decline de la diversidad genética y el aumento de la diferenciación entre poblaciones de varias especies de vertebrados (Athrey, *et al.*, 2011). Desde una perspectiva de conservación de especies en estatus de protección, la caracterización y cuantificación de los niveles de diversidad genética, así como la evaluación de los efectos genéticos de los cambios poblacionales en el futuro, pueden ser una importante guía en la conservación y manejo para el mantenimiento de los actuales niveles de diversidad (Roques y Negro, 2005). En particular, el ADN mitocondrial (ADNmt) ha sido útil para trazar eventos históricos y contemporáneos en especies de aves, para patos de superficie Paulauskas *et al.* (2009) establece la existencia de una asociación entre las condiciones ambientales en diferentes regiones del Paleártico y la variación adaptativa en las diferentes poblaciones de estas especies, lo que causa una diferenciación genética poblacional en los patos de superficie de la región.

El pato triguero (*A. p. diazi*) es una especie endémica de México (<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/aves.html>), la cual se distribuye en hábitats de mesetas templadas, en pequeños lagos y depósitos de agua con vegetación de pastizal y/o tierras de cultivo (Leopold, 1959). Su distribución abarca desde las mesetas centrales de Jalisco, Morelos y Puebla, y se extiende hacia el norte de Chihuahua y llega hasta la Cuenca del Río Bravo en Nuevo México; EUA. No se considera especie migratoria porque la mayor parte de su población es residente del Altiplano y del centro de México, pero puede cambiar de sitio de acuerdo a la

disponibilidad de recursos tales como el agua, alimento o cobertura para anidar (Williams 1980; Cisneros 1999; Mellnik 1994). Específicamente en el estado de Zacatecas, en el Altiplano Mexicano, su hábitat ha sufrido diversos cambios históricos y contemporáneos; desde procesos geológicos y cambios de temperatura durante el periodo glacial en donde se modificó la presencia y características de grandes lagos (Arroyo *et al.*, 2008); hasta el aprovechamiento sin control del agua que comenzó poco antes del periodo neolítico hasta la actualidad (Rojas, 2004). Es una especie afectada principalmente por la destrucción de su hábitat debido a la desviación del recurso hídrico para actividades agrícolas, así como la destrucción de nidos y huevos por el pisoteo animal o por la maquinaria agrícola (Cisneros, 1999; Leopold, 1959; Aldrich y Baer, 1970; Bellrose, 1980). Por lo anterior, la especie presenta una tendencia a la disminución de sus poblaciones por lo que se considera amenazada en México (NOM-059-SEMARNAT-2010), esto se demuestra durante el periodo de 1960 al 2000, donde se encontró el 16% de la población total de pato triguero de México en las regiones montañosas del norte, mientras que en las regiones montañosas centrales se encontró el 84%, a partir de la última década del siguiente periodo (2001), estas cifras cambiaron a 31% y 69% respectivamente (Pérez *et al.*, 2001). A pesar de esto, no existen antecedentes para planes de manejo para su recuperación y conservación (Pérez *et al.*, 2002).

Para el pato triguero, la información hasta ahora generada es escasa y forma parte de estudios poblacionales de otras especies; como la estructura genética, filogeografía e historia demográfica utilizando el ADN mitocondrial en *A. fulvigula* (McCracken *et al.*, 2001), *A. platyrhynchos* e hibridación entre estas y otras especies del género *Anas* (Avisé *et al.*, 1990; Kulikova *et al.*, 2004). Así como en estudios sobre las relaciones filogenéticas entre *A. fulvigula*, *A. rubripes*, *A. zonorhyncha* y *A. platyrhynchos* (Johnson y Sorenson, 1999; McCracken *et al.*, 2001; Kulikova *et al.*, 2005) o para definir su posición taxonómica como una especie con respecto a *A. platyrhynchos* (Johnson y Sorenson, 1999, McCracken *et al.*, 2001 y Kulikova *et al.*, 2004). En estos últimos estudios se determina que es una especie filogenéticamente separada de *A. platyrhynchos* y más relacionada a *A. fulvigula* y *A. rubripes*. A pesar de esto la

American Ornithologists' Union la considera como una subespecie de *A. platyrhynchos* (AOU, 1998).

Debido a la situación actual del pato triguero se hace indispensable la determinación de la variabilidad genética de ésta. En el presente trabajo se evalúa la variabilidad genética de la región hipervariable del ADNmt en poblaciones de pato triguero en el estado de Zacatecas para establecer una línea base sobre su diversidad, así como para describir la historia demográfica de esta especie.

1.2. MÉTODOS

1.2.1. Área de estudio

Se obtuvieron ejemplares de la especie en cinco embalses ubicados en el Altiplano Zacatecano (Figura 1.1) y colectados de acuerdo a los lineamientos establecidos dentro del permiso de colecta científica especial otorgado por la Dirección de Vida Silvestre (Oficio núm. SGPA/DGVS/07213/08).

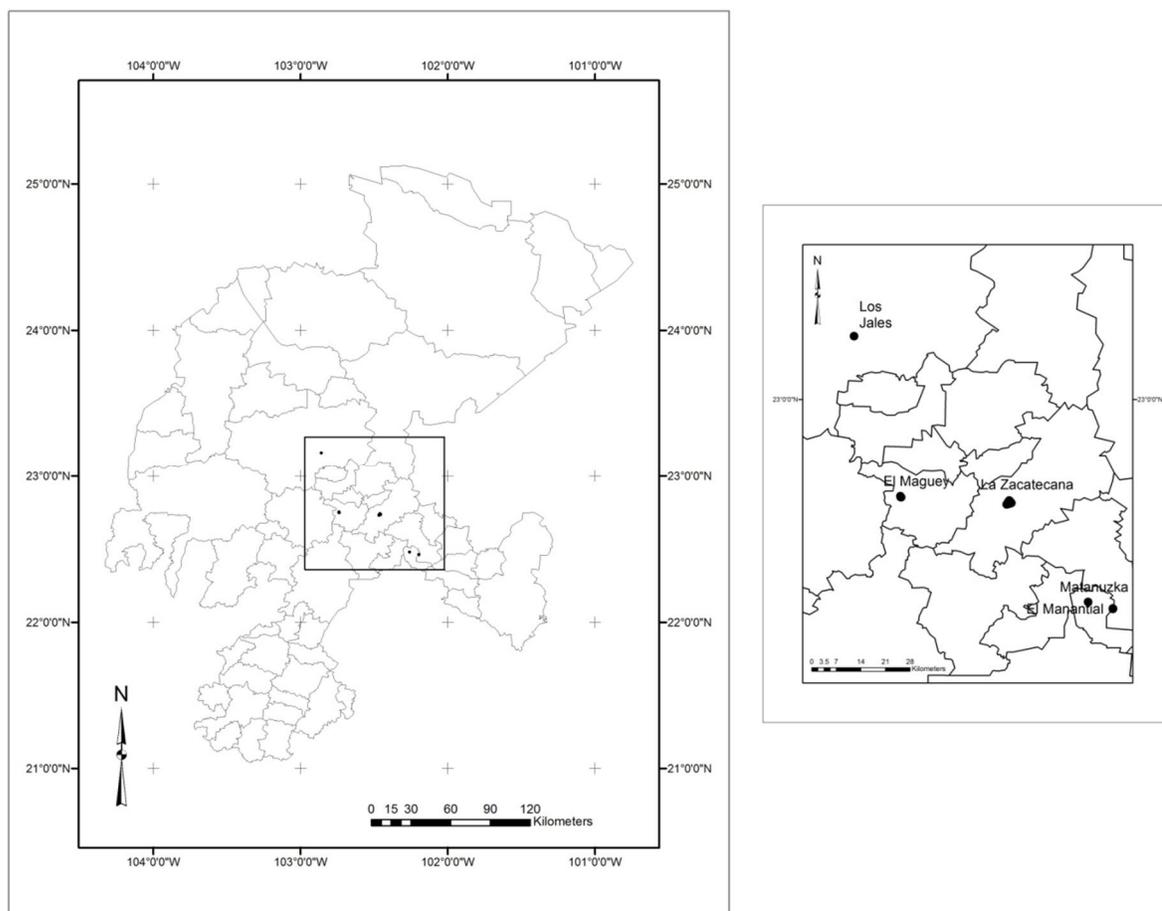


Figura 1.1. Mapa de localización del área y humedales de estudio en Zacatecas.

1.2.2. Extracción y amplificación de ADN mitocondrial (ADNmt)

Se realizó la extracción de ADN utilizando el método de fenol:cloroformo de acuerdo a los protocolos estándar de extracción (Sambrook *et al.*, 1989), con modificaciones descritas para plumas (McCracken *et al.*, 2001) y tejido muscular (Williams *et al.* 2005). La calidad y cantidad de ADN obtenido fue analizado mediante un espectrofotómetro (marca Jenwan 6305) con una absorbancia de 260 nm; lo anterior con el objetivo de obtener una concentración entre 50 y 100 µg de material genómico por µl de solución de acuerdo a Buchholz *et al.* (1998) y McCracken *et al.* (2001). El material genómico obtenido fue amplificado utilizando el método de reacción en cadena de polimerasa (PCR).

Se amplificó un fragmento de la región control de ADNmt utilizando los oligos L78 (5'GTTATTTGGTTATGCATATCGTG-3) y H774 (5'CCATATACGCCAACCGTCTC-3) descritos por Sorenson y Fleischer (1996), Sorenson *et al.* (1999). Las reacciones de PCR se llevaron a cabo en un termociclador marca TECHNE (TC-412) en un volumen total de reacción de 25 µl conteniendo 1 µl de ADN templado a una concentración de 100 µl, 2.5 µl de cada oligo (10 µM), 2.5 µl de dNTP's (10 µM), 2.5 µl de buffer PCR al 10X, 2.5 µl de MgCl₂ (25 µM) y 0.25 U de Taq DNA Polymerase (Invitrogen). El programa de amplificación utilizado fue el siguiente: 4 min de desnaturalización a 94° C, seguido por 30 ciclos de 94° C 1 min, 56° C 1 min y 72° C por 2 min, y una extensión final de 7 minutos a 72° C. El contenido total de cada producto obtenido de PCR, fue analizado en gel agarosa (BioRad) al 0.8% a 85 volts y visualizado con bromuro de etidio (BioRad) a 10 µg/µl. Los productos fueron posteriormente purificados y secuenciados en ambos sentidos en un laboratorio comercial externo (Macrogen Corp., Rockville, MD. USA). La calidad de las secuencias fue analizada manualmente utilizando el software Chromas 1.45 (Technelysium Pty. Ltd.), posteriormente alineadas utilizando el software Mega 3.1 (Kumar *et al.*, 2004). Las secuencias analizadas (región control mitocondrial, posiciones 78-774) abarcan la mayor parte de los dominios I (región variable 5') y II (dominio central) de la región control aviar (Quinn y Wilson, 1993).

1.2.3. Análisis de diversidad genética e historia demográfica

Se estimó el número de haplotipos únicos y parámetros de diversidad genética (Schneider *et al.*, 2000); las relaciones filogenéticas entre haplotipos fueron determinadas mediante redes de distancia mínima basada en la distancia absoluta. Los análisis antes descritos, fueron desarrollados mediante el programa Arlequin 3.11

Utilizando el software de filogenia mediante el método de parsimonia (PAUP* 4.b0 10, Swofford, 1998), se determinó la relación de haplotipos para todas las muestras individuales y su correspondencia geográfica de cada haplotipo único de pato triguero en el cual; Se aplicó el método de búsqueda heurística de árboles realizada en dos pasos: adición secuencial aleatorizada de 500, cada una limitada a 100 árboles seguidos por una búsqueda simple sin límites, usando la reconexión de árboles por bisecciones (Tree Bisection Reconnection, TBR).

Para estimar si podían recuperar señales de expansión poblacional, se calculó la distribución de frecuencias del número de diferencias nucleotídicas (distribución mismatch) entre pares de secuencias observadas y esperadas bajo un modelo de expansión (Rogers, 1995). Así como el índice raggedness, el cual cuantifica la diferencia entre poblaciones expandidas y estacionarias (Harpending, 1994). Para evaluar el crecimiento poblacional en el tamaño efectivo poblacional se utilizaron las pruebas de neutralidad D de Tajima (1989) para determinar neutralidad en cada zona y F_u 's (1997) para determinar las desviaciones de escenarios de neutralidad caracterizados por el exceso de alelos y mutaciones recientes.

Para determinar el tiempo desde que inicio la expansión de las poblaciones, se convirtió el parámetro tau (τ) calculada de la distribución de frecuencias (Schneider *et al.*, 2000) con el propósito de estimar el tiempo de expansión (t) usando la ecuación $\tau=2\mu t$, donde μ es el grado de mutación neutral para el locus y k es la longitud de la secuencia (Rogers, 1995, Schneider y Excoffier, 1999). Se utilizó el rango de tasa de mutación de 4.8 substituciones/sitio/millones de años, (rango de 3.1 a 6.9); lo anterior basado en la calibración de tasa mutacional de la región control (dominios I y II) desarrollada por Peters *et al.* (2005) para pato arcoíris (*Aix sponsa*). Los análisis se llevaron a cabo utilizando el programa Arlequin 3.11 (Schneider *et al.*, 2000).

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Diversidad genética de las poblaciones de pato triguero en el Altiplano Zacatecano

Se identificaron 11 haplotipos únicos compuestos de 666-670 nucleótidos de la región control mitocondrial en las 21 secuencias analizadas; los análisis genéticos realizados indicaron la presencia en este segmento de 18 sitios polimórficos de los cuales, 10 fueron clasificados como parsimoniosamente informativos; de las 666 posiciones homologas. Los resultados indicaron la presencia de dos grupos divergentes de haplotipos separados por 4-11 sustituciones, estos fueron identificados como haplotipo A y B con una diversidad de haplotipo (H_d) de 0.918 (Tabla 1.1); La prueba de neutralidad (Tajima's D) presentó valores negativos para la zona centro y sur del altiplano; mientras que presentó un valor significativo en la muestra de la zona norte ($P_s > 0.10$), rechazándose la hipótesis nula de neutralidad para este grupo.

Tabla 1.1. Estimación de variabilidad de población de la región control 5 ϕ para pato triguero en las zonas norte, sur y centro del Altiplano Zacatecano

Zona muestreada	No. de ejemplares	No. de haplotipos	% de sitios variables	Diversidad haplotipo (h) + $V(h)^a$	Diversidad nucleótido (π) + $V(\pi)^b$
Zona Norte	8	5	1.35	0.857 \pm 0.01172	0.00542 \pm 0.0000009
Zona Centro	7	5	1.80	0.905 \pm 0.01067	0.00629 \pm 0.0000040
Zona Sur	7	4	1.80	0.810 \pm 0.01686	0.00658 \pm 0.0000022
Total	22	11	2.70	0.918 \pm 0.00100	0.00729 \pm 0.0000003

^aNei (1987) ecuación 8.5

^bNei (1987) ecuación 10.5

^cTajima (1989; $P_s > 0.10$)

El análisis de la red mínima de haplotipos, construida a partir de la distancia entre secuencia y su frecuencia, indica la presencia de haplotipos de similar frecuencia y separados por varios pasos mutacionales, como los haplotipos A2 y A5, y B2 y A1; los haplotipos B2, B3 y B4 forman un grupo cercano (Figura 1.2).

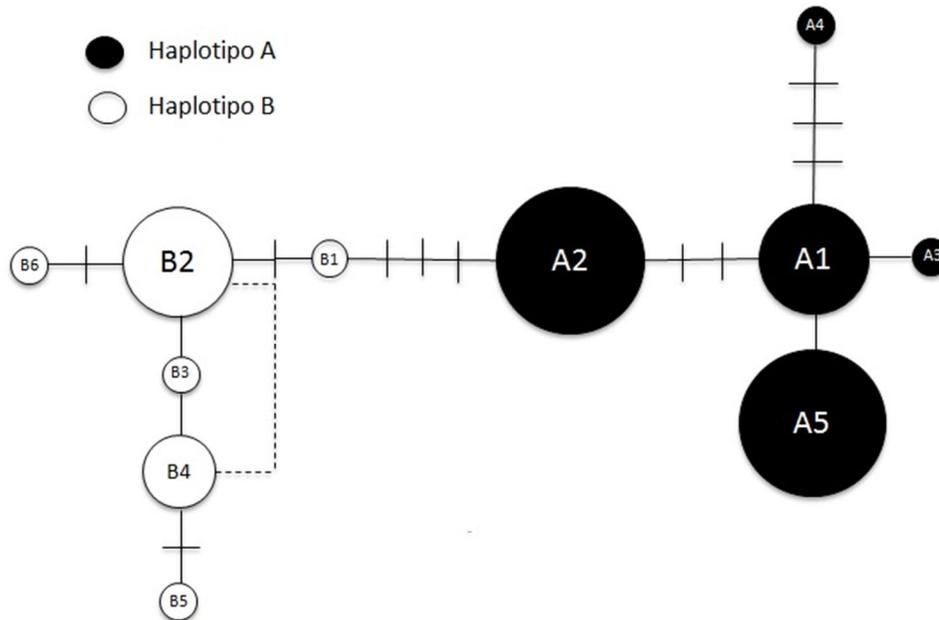


Figura 1.2. Red mínima de haplotipos ilustrando los grupos de haplotipo A (círculo negro) y haplotipo B (círculo blanco) muestreados en el Altiplano Zacatecano. El tamaño del círculo es proporcional al número de individuos pertenecientes a este haplotipo, las líneas indican haplotipos intermedios que no fueron muestreados. La línea punteada indica los subgrupos de haplotipos más cercanos.

Las relaciones filogenéticas obtenidas en el análisis de parsimonia de los 11 haplotipos únicos, produjeron varios árboles parsimoniosos (longitud=22, IC=0.8182, CR=0.6759), en la Figura 1.3 se muestra la red de haplotipos de la región de las secuencias de ADN mitocondrial.

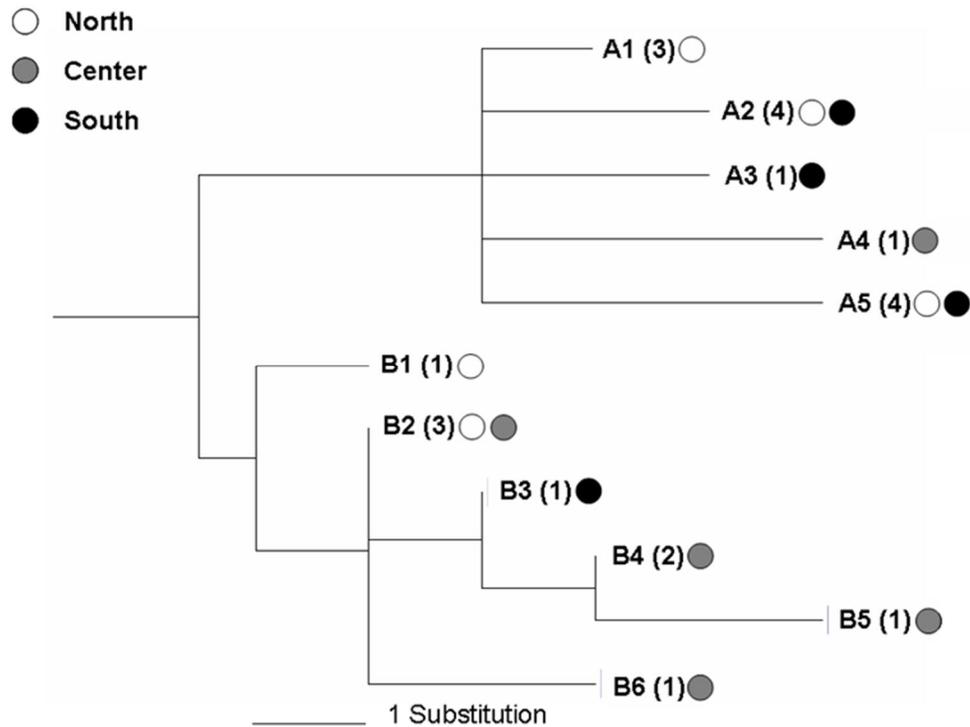


Figura 1.3. Uno de dos de los árboles parsimoniosos con raíz central ilustrando los haplotipos de la región control mitocondrial identificados en pato triguero de la zona norte, centro y sur del Altiplano Zacatecano (longitud = 22, CI = 0.8182, RC = 0.6759). El número entre paréntesis indica el número de individuos que presentó cada haplotipo.

1.3.2. Tiempo de expansión poblacional

El análisis de distribución de frecuencias del número de diferencias nucleotídicas entre pares de secuencias (distribución mismatch), mostró una forma unimodal, por lo que no se rechaza el modelo de Rogers (1995) de expansión poblacional ($P > 0.75$, Figura 1.4). En concordancia con la evidencia de expansión poblacional del pato triguero en el área de estudio; se estimó el valor de *tau* ($\tau = 5.715$; 95% CI = 1.404 a 7.248) para determinar el tiempo de divergencia poblacional para la especie en el Altiplano Zacatecano; los resultados indicaron que la población probablemente comenzó su expansión alrededor de los 89 000 años (rango = 15 000 a 175 000 años).

Debido a que el análisis de las poblaciones de pato triguero presentó altos valores de diversidad genética, se aplicaron las pruebas de neutralidad para comprobar si la población se encuentra en expansión, el valor obtenido del índice raggedness *r* corroboró el resultado obtenido de evidencia de expansión poblacional; la prueba de neutralidad (Tajima's *D*) para el total de la población, presentó valores negativos, pero no significativos así como la prueba de Fu's *F_s*; por lo que se infiere que no existen indicios de mutaciones recientes (Tabla 1.2).

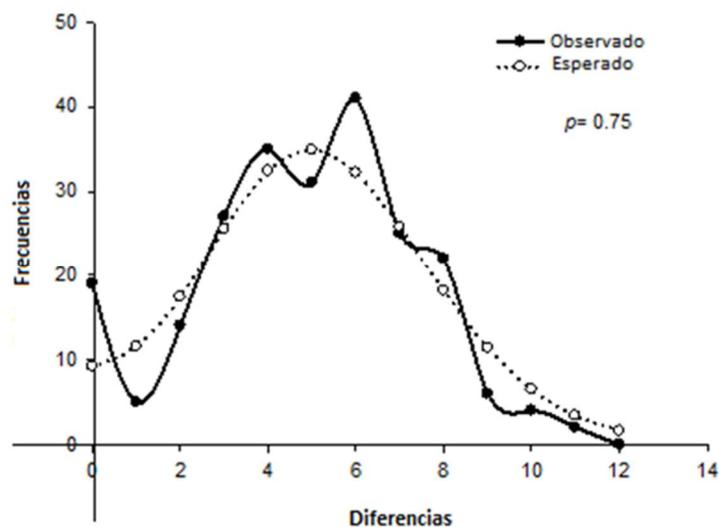


Figura 1.4. Distribución de diferencias de nucleótidos (mismatch distribution) para los haplotipos del pato triguero en el Altiplano Zacatecano de acuerdo al modelo de Rogers (1995); las líneas solidas representan los valores observados y las líneas punteadas los esperados bajo un modelo de expansión.

Tabla 1.2. Valores obtenidos en las pruebas de neutralidad y expansión poblacional.

Prueba de neutralidad	Valor	Significancia
τ (Tau)	5.715	0.100
Tajima D	-0.06008	0.52000
Fu ϕ	-1.43013	0.25100
Índice raggedness r	0.02172	0.64700

1.4 DISCUSIÓN

En el presente estudio, se determinaron 11 haplotipos únicos en las poblaciones de *A. diazi* en el Altiplano Zacatecano analizadas los cuales, presentaron dos grupos divergentes diferentes y bien definidos denominados como el grupo A (al pertenecieron el 59.10% del total de muestras) y el grupo B (con el 40.90% de las muestras analizadas); estos resultados coinciden con lo establecido en el trabajo de Avise *et al.* (1990), donde identifica dos arreglos genéticos similares de dos linajes de haplotipos bien diferenciados en las especies pato de collar (*Anas platyrhynchos*) y pato negro (*A. rubripes*); posteriormente Johnson y Sorenson (1999) describen dos haplotipos divergentes identificados como tipo 1 y 2 para la especie de pato de collar en Norteamérica los cuales, comparten similitudes con las secuencias de pato negro (*A. rubripes*) y pato triguero (*A. diazi*). Por otra parte; McCracken *et al.* (2001) identificaron este mismo patrón de haplotipos de ADN mitocondrial en la especie de pato tejano (*A. fulvigula*), y en el cual establecen haplotipos idénticos o similares a los identificados en pato negro y pato triguero; así como Kulikova *et al.* (2004) identifican dos grupos de haplotipos divergentes en las mismas especies de patos de superficie antes mencionadas e incluyen a la especie *A. zonorhyncha*. La causa de la presencia de esta forma de arreglos genéticos en las especies de patos de superficie aún se discuten; actualmente se han establecido las teorías de pool genético ancestral y de hibridización introgresiva entre el pato de collar y sus especies relativas (Avise *et al.*, 1990; Johnson y Sorenson, 1999; McCracken *et al.*, 2001 y Kulikova *et al.*, 2004).

La red mínima de haplotipos muestra una separación entre cada tipo y la alta similitud entre tres haplotipos dentro del grupo B, los cuales pueden derivarse de la misma población (Vázquez *et al.*, 2009). En general, la variación genética observada entre poblaciones fue del 22.60%, los grupos de haplotipos identificados (A y B) fueron distribuidos en las tres zonas del área de estudio analizadas (Figura 1.5); la población del pato triguero de la zona norte comparte los haplotipos A2 y A5 con la población de la

zona sur del Altiplano Zacatecano y los haplotipos B2 y B6 con la población de la zona centro del área de estudio.

Por otro lado, se identificó la presencia de haplotipos exclusivos en las poblaciones de cada zona analizada (norte 1, centro 3 y sur 2 haplotipos) lo que sugiere que un limitado flujo genético debido a procesos conductuales (filopatría) puede producir diferencias entre las poblaciones (Pearce *et al.*, 2004); este proceso conductual ha sido descrito para aves acuáticas en general (Robertson *et al.*, 2000), y el *A. platyrhynchos* dentro de las especies de patos de superficie (Doherty *et al.*, 2002) así como sus efectos en la diversidad genética de sus poblaciones (Anderson *et al.*, 1992).

Sin embargo, las especies de patos de superficie no forman poblaciones altamente diferenciadas debido a que muestran una baja filopatría en comparación de otras aves acuáticas (Robertson y Cooke, 1999); situación que corroboran Paulauskas *et al.* (2009) para patos de superficie en los que describe una alta migración local y una baja fidelidad a los sitios de cría.

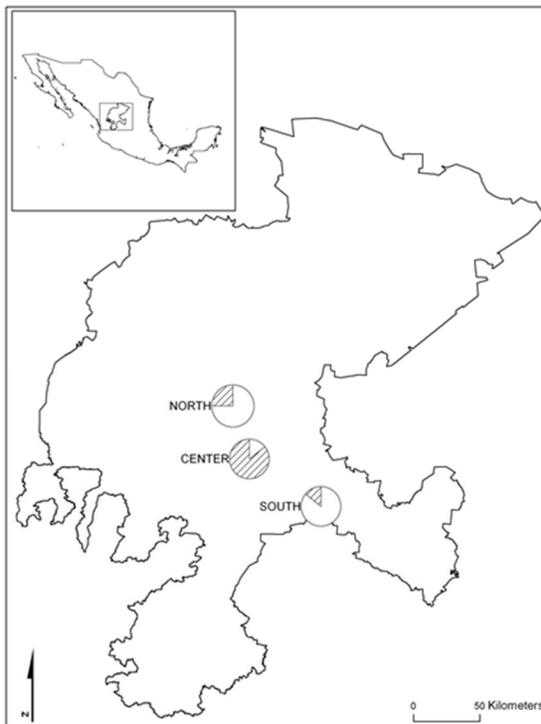


Figura 1.5. Mapa de distribución de haplotipos identificados en el Altiplano Zacatecano. La parte blanca identifica el haplotipo del grupo A y la parte con líneas indica el haplotipo del grupo B dentro de los círculos de cada zona del área de estudio

La alta diversidad genética identificada en las secuencias de la región control del ADNmt en el pato triguero del Altiplano Zacatecano entre poblaciones y dentro de las mismas, es un posible indicio de poblaciones subdivididas y/o pequeñas, que tienden a presentar una mayor variabilidad intersubpoblacional (Lacy, 1987), así como una alta diversidad genética entre poblaciones sugiere la presencia de *o*cuellos de botella de periodo corto (Beebe y Rowe, 2004); situación similar descrita por Kuro-o *et al.* (2010) para la especie albatros (*Phoebastria albatrus*), su posible causa son procesos conductuales y ecológicos que interactúan como mecanismos de aislamiento poblacional (Hudson, 1990), y que pueden tener efectos genéticos importantes en las poblaciones (Ogonowski, 2007); el mismo movimiento entre poblaciones de un reducido número de individuos pueden interrumpir un aislamiento genético poblacional (Rockwell y Barrowclough, 1987) y aumentar su diversidad genética.

El pato triguero es una especie no migratoria, sus movimientos poblacionales se producen debido a la disponibilidad de recursos hídricos, alimenticios y de cobertura vegetal (Williams, 1980). En el estado de Zacatecas, el principal problema es la escasez del agua, el aprovechamiento no sustentable de los acuíferos, las condiciones climáticas y el deterioro y destrucción del hábitat y humedales, son factores que han impactado las poblaciones de pato triguero en la región (Tavizón, 2002); es frecuente que en el Altiplano Zacatecano se presenten largos periodos de sequía, lo que reduce la cantidad de embalses disponibles para el pato triguero en la región. McCracken *et al.*, (2001) refiere que las condiciones ambientales como el clima templado y los recursos alimenticios son solo dos factores que pudieron inferir en las características genéticas de las especies de pato triguero y pato tejano.

El análisis de variación de haplotipos obtenida mostró que el linaje de haplotipo A incluyó en 59.10% de las muestras; mientras que el grupo de haplotipo B incluyó el 40.90 del total de las muestras analizadas, y que fueron representados dentro de las 3 zonas de estudio, este patrón indica que no existe una correspondencia geográfica específica entre los haplotipos; lo cual sugiere que existieron periodos de aislamiento poblacional lo suficientemente amplios como para crear diferencias genéticas marcadas, con una posterior mezcla de individuos; McCracken *et al.*, (2001) define que este fenómeno de combinación de procesos genéticos modernos y antiguos, podrían ser resultado de: (1) Flujo genético restringido por barreras geográficas, (2) linaje incompleto de un ancestro polimórfico y (3) hibridización introgresiva a través de especies frontera. Durante recientes periodos, en la región del Altiplano en Zacatecas comenzó el deterioro de los cuerpos de agua, las principales zonas lacustres hacia la década de los setenta del siglo veinte, se desecaron para convertirlas en áreas de cultivo de húmedo, aprovechando la riqueza del suelo y la retención del agua, solo las lagunas pequeñas se conservaron para adecuarlas como abrevaderos de ganado. Las lagunas naturales constituyen un hábitat cambiante y sujeto a diversas presiones, sean por el cuerpo de agua mismo como la salinidad o la contaminación, las sequías prolongadas o la sobreexplotación. (Clemente y Clapier, 2009); estos son factores ambientales que pueden inferir en la variación genética del pato triguero en el Altiplano Zacatecano.

La interpretación de los niveles de diversidad genética con historia de vida y poblacionales puede ser difícil. Esto es porque los mecanismos y procesos que regulan esta diversidad son complejos y pobremente estudiados. Por lo tanto la determinación de los niveles de variación genética es de gran ayuda cuando se compara con otras especies en el contexto del conocimiento de historias de vida, demográfica y poblacionales (Lawrence *et al.*, 2008). De tal manera que el pato triguero muestra valores similares que otras especies de patos de la misma familia (Anatidae) donde se ha caracterizado su diversidad genética (ver Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Comparaciones de diversidad haplotídica (Hd) y nucleotídica (π) en ADNmt entre especies de anátides con varios estados de conservación.

N. común	N. científico	Estado de conservación	Tamaño de la muestra	Marcador secuenciado	Número de haplotipos identificados	(Hd)	(π)	Referencia
Pato triguero	<i>Anas diazi</i>	Amenazada	22	ADNmt Región control (666 bp)	11	0.918	0.00729	Presente estudio
Pato tejano	<i>Anas fulvigula</i>	Amenazada	28	ADNmt Región control (665-666 bp)	16	0.9471	0.007356	McCracken <i>et al.</i> , 2001
Eastern Spot-billed Duck	<i>Anas zonorhyncha</i>	Sin categoría	37	ADNmt Región control (666-667 bp)	18	0.9619	0.1369	Kulikova <i>et al.</i> , 2004
Pato de collar	<i>Anas platyrhynchos</i>	Sin categoría	83	ADNmt Región control (666-667 bp)	56	0.9868	0.0083	Kulikova <i>et al.</i> , 2004
Pato arcoiris	<i>Aix sponsa</i>	Sin categoría	21	ADNmt Región control (667 bp)	19	0.98	0.0050	Peters <i>et al.</i> , 2005

Los análisis demográficos realizados sugieren una o más expansiones poblacionales históricas las cuales pueden jugar un papel importante en la formación de las características genéticas actuales (Pearce *et al.*, 2004 y 2005); en el presente estudio, el análisis de distribución de diferencias de nucleótidos (mismatch distribution) muestra la evidencia de que el pato triguero del Altiplano Zacatecano ha experimentado expansión poblacional; de acuerdo a los análisis genéticos realizados, sugieren que comenzó alrededor de los 89 000 años (rango = 15 000 a 175 000 años) dentro del periodo tardío del pleistoceno; periodo que debido a sus características ambientales jugaron un papel importante en la filogenia de varias especies de aves (Avise *et al.*, 1998) como se estableció para las especies de patos *A. zonorhyncha* (430,000 Kulikova *et al.*, 2004); *A. rubripes* y *A. platyrhynchos* (400, 000 Avise *et al.*, 1990) y *Aix sponsa* (34,000 Peters *et al.*, 2005). En las aves la falta de una estructura intraespecífica ha sido atribuida al proceso de desglaciación durante el pleistoceno (Pearce *et al.*, 2005), así como su divergencia; esta etapa influyó en la diferenciación filogeográfica de diversas especies, siendo las del clima templado las que presentaron una menor variación; su diversidad dependió principalmente de su nicho y geografía (Avise y Walker, 1998). Para las regiones templadas más cálidas, la división filogeográfica fue mayor debido a que estas áreas actuaron como refugio y fuente de recolonización en los periodos postglaciales, y que en América del Norte al parecer, dependían de la geografía y el clima (Hewitt, 2004). El pleistoceno fue un periodo importante para los procesos de especiación de las especies de aves actuales de Norteamérica (Johnson y Cicero, 2004).

Durante el pleistoceno, el territorio mexicano se caracterizó por cambios climáticos y fenómenos geológicos locales, los cuales causaron la diversificación de géneros y el surgimiento de endemismos (Arroyo *et al.*, 2008); en el presente estudio, los datos obtenidos acerca de la expansión de las poblaciones de pato triguero analizadas, sugieren que se desarrolló durante la etapa final del pleistoceno. Este periodo se ha descrito como causa del desarrollo de variación genética poblacional y divergencia entre linajes de distribución frecuentemente local para varias especies, lo cual fue provocado principalmente por los cambios climáticos prevalecientes en el periodo cuaternario (Hewitt, 2004). Lo que ahora constituye el territorio nacional, fue una amplia zona de transición hacia ambos lados del continente americano en los que se describen a

las aves acuáticas (patos, garzas y cigüeñas); como especies de tránsito que avanzaron a la parte sur del continente, y definiendo el posible comportamiento de limitada dispersión y una mayor dependencia al hábitat y a los cambios latitudinales de vegetación asociados a los glaciares (Arroyo *et al.*, 2008).

LITERATURA CITADA

- Aldrich JW, Baer KP. 1970. Status and speciation in the Mexican duck (*Anas diazi*). The Wilson Bull., 82 (1): 63-73.
- Anderson MG, Rhymer JM, Rohwer FC. Philopatry, dispersal and the genetic structure of waterfowl populations. In: Batt BDJ, Afton AD, Anderson MG, Ankney CD, Johnson DH, Kadlec JA, Krapu GL. 1992. Ecology and management of breeding waterfowl. University of Minnesota Press. Minnesota E. U. A., pp. 365-395.
- AOU (American Ornithologist's Union). 1998. Check-list of North American Birds. 7a edición. American Ornithologist's Union. Washington, D. C.
- Arguedas N, Parker PG. 2000. Seasonal migration and genetic population structure in house wrens. The Condor, 102: 517-528.
- Arroyo CJ, Carreño AL, Lozano GM, Montellano BM. 2008. La diversidad en el pasado. In: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 227-262.
- Athrey G, Lindsay DL, Lance RF, Leberg PL. 2011. Crumbling diversity: comparison of historical archived and contemporary natural populations indicate reduced genetic diversity and increasing genetic differentiation in the golden-cheeked warbler. Conserv. Evol. (doi:10.1007/s10592-011-0235-8).
- Avise JC, Ankney GD, Nelson WS. 1990. Mitochondrial gene trees and the evolutionary relationships of mallard and black ducks. Evolution, 44: 1109-1119.
- Avise JC, Walker D. 1998. Pleistocene phylogeographic effects on avian populations and the speciation process. Proc. R. Soc. Lon. B., 265: 457-463.
- Avise JC, Walker D, Johns GC. 1998. Pleistocene phylogeographic effects on vertebrate phylogeography. Proc. R. Soc. Lon. B., 265: 1707-1712.

- Awise JC, Ayala J. F. 2007. In the light of evolution. Volume 1. Adaptation and Complex design. The National Academy of Science, WA, EUA. pp. 360.
- Beebe TC, Rowe G. 2004. An Introduction to Molecular Ecology. Oxford University Press New York, pp. 370.
- Bellrose FC. 1980. Ducks, geese and swans of North America. Ed. Stackpole Books, U. S. A. pp. 540.
- Buchholz WG, Pearce JM, Pierson BJ, Scribner KT. 1998. Dinucleotide repeat polymorphisms in waterfowl (family Anatidae): characterization of a sex-linked (Z-specific) and 14 autosomal loci. *Anim. Gen.*, 29 (4): 323-325.
- Clemente F, Clapier C. 2009. Potencial de uso y conservación de los humedales prioritarios del estado de Zacatecas. Instituto de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Zacatecas.
- Cisneros E. 1999. Aves acuáticas migratorias, sus hábitats y manejo de humedales. En: Diplomado en manejo de vida silvestre. Conservación y manejo de vertebrados del norte árido y semiárido de México, México pp. 247 (memorias).
- Dale S. 2001. Female biased dispersal, low female recruitment, unpaired males, and the extinction of small and isolated bird populations. *Oikos*, 92: 344-356.
- DOF. 2002. Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2002). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda Sección. 6 de marzo de 2002. México, D. F. pp. 22.
- Doherty PF, James Jr. DN, Tautin J, Voelzer JF, Smith GW, Benning DS, Bentley VR, Bidwell JK, Bollinger KS, Brazda AR, Buelna EK, Goldsberry JR, King RJ, Roetker FH, Solberg JW, Thorpe PP, Worthamb JS. 2002. Sources of variation in breeding-ground fidelity of mallards (*Anas platyrhynchos*). *Behav. Ecol.*, 13 (4): 543-550.
- Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA. 2002. Introduction to conservation genetics. Cambridge University. Cambridge, pp. 640.

- Fu YX. 1997. Statistical tests of neutrality of mutations against population growth, hitchhiking and background selection. *Genetics*, 147:915-925.
- Gaston KJ. 1998. Species-range size distributions: products of speciation, extinction and transformation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 353: 219-230.
- Greenwood PJ, Harvey PH. 1982. The natal and breeding dispersal of birds. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 13:1621.
- Harpending HC. 1994. Signature of ancient population growth in a low-resolution mitochondrial DNA mismatch distribution. *Hum. Biol.*, 66: 591-600.
- Harding KI, MacNamara. 2002. A unifying framework for metapopulations dynamics. *Am. Nat.*, 160 (2): 173-185.
- Hewitt GW. 2004. Genetic consequences of climatic oscillations in the Quaternary. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 359: 183-1995.
- Hudson RR. 1990. Gene genealogies and the coalescent process. *Oxf. Surv. Evol. Biol.*, 7: 1-44.
- Jhonson KP, Sorenson MD. 1998. Comparing molecular evolution in two mitochondrial protein coding genes (cytochrome *b* and ND2) in the dabbling ducks (Tribe: Anatini). *Mol. Phyl. Evol.*, 10 (1): 82-94.
- Jhonson KP, Sorenson MD. 1999. Phylogenetic and biogeography of the dabbling ducks (Genus: *Anas*): A comparison of molecular and morphological evidence. *Auk* 116: 792-805.
- Johnson NK, Cicero C. 2004. New mitochondrial DNA data affirm the importance of Pleistocene speciation in North American birds. *Evol.* 58(5): 1122-1130.
- Kimura M. 1983. *The neutral theory of molecular evolution*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 367.

- Kulikova VI, Zhuravlev YN, MacCracken KG. 2004. Asymmetric hybridization and sex-biased gene flow between eastern spot-billed ducks (*Anas zonorhyncha*) and mallards (*A. platyrhynchos*) in the Russian Far East. *Auk*, 121 (3): 930-949.
- Kulikova VI, Sergei VD, Gibson DD, Harrigan RJ, Rohwer S, Sorenson MD, Winker K, Zhuravlev YN, MacCracken KG. 2005. Phylogeography of the mallard (*Anas platyrhynchos*): hybridization, dispersal, and lineage sorting contribute to complex geographic structure. *Auk*, 122 (3): 1-17.
- Kumar G, LeDuc R, Gong G, Roinishvili L, Lewin HA, Liu L. 2004. ESTIMA, a tool for EST management in a multi-project environment. *BCM Bioinformatics* 5:176
- Kuro-o M, Yonekawa H, Saito S, Eda M, Higuchi H, Koike H, Hasegawa H. 2010. Unexpectedly high genetic diversity of mtDNA control region through severe bottleneck in vulnerable albatross *Phoebastria albatrus*. *Conserv. Gen.*, 11: 127-137.
- Lacy RC. 1987. Loss of genetic diversity from managed populations: Interacting effects of drift, mutation, immigration, selection, and population subdivision. *Conserv. Biol.*, 1 (2): 143-158.
- Lawrence HA, Taylor GA, Millar CD, Lambert DM. 2008. High mitochondrial and nuclear genetic diversity in one of the world's most endangered seabirds, the Chatham Island Taiko (*Pterodroma magentae*). *Conserv. Genet.*, 9: 1293-1304.
- Leopold AS. 1959. *Wildlife of Mexico, the game birds and mammals*. University of California, Press Berkeley, CA. pp. 608.
- MacCracken KG, Johnson WP, Sheldon FH. 2001. Molecular population genetics, phylogeography, and conservation biology of the mottled duck (*Anas fulvigula*). *Conserv. Gen.*, 2: 87-102.
- Mellink E. 1994. Grazing and Mexican ducks in central Mexico. *Euphonia* 3: 5-7.

- Ogonowski MS. 2007. Factors influencing migratory decisions of western burrowing owls. Thesis (Master of Science). University of Arizona, EUA.
- Paulauskas A, Tubelyte V, Baublys V, Sruoga A. 2009. Genetic differentiation of dabbling ducks (Anseriformes: *Anas*) populations from palaeartic in time and space. Proc. Latv. Acad. Sci. Section B, 63 (1/2): 14620.
- Pearce JM, Talbot SL, Pierson BJ, Petersen MR, Scribner KT, Dickson DL, Mosbech A. 2004. Lack of spatial genetic structure among nesting and wintering king eiders. Condor, 106: 229-240.
- Pearce JM, Talbot SL, Petersen MR, Rearick JR. 2005. Limited genetic differentiation among breeding, molting, and wintering groups of the threatened Steller's eider: the role of historic and contemporary factors. Conserv. Gen., 6: 743-757.
- Pérez AA, Gaston KJ, Kershaw M. 2001. Populations trends and priority conservation sites for Mexican duck *Anas diazi*. Bird Conserv. Intern., 12: 35-52.
- Pérez AA, Gaston KJ, Kershaw M. 2002. Population trends and priority conservation sites form Mexican ducks *Anas diazi*. Biol. Conserv. Internatl., 12: 35-52.
- Peters JL, Gretes W, Omland E. 2005. Late Pleistocene divergence between eastern and western populations of wood ducks (*Aix sponsa*) inferred by the isolation with migration coalescent method. Mol. Ecol., 14: 3407-3418.
- Quinn TW, Wilson AC. 1993. Sequence evolution in and around the mitochondrial control region in birds. J. Mol. Evol., 37: 417-425.
- Robertson GJ, Cooke F. 1999. Winter philopatry in migratory waterfowl. Auk, 116 (1): 20-4.
- Robertson GJ, Cooke F, Goudie RI, Boyd WS. 2000. Spacing patterns, mating systems, and winter philopatry in harlequin ducks. Auk, 117 (2): 299-307.
- Rockwell RF, Barrowclough GE. Gene flow and the genetic structure of populations. In: Cooke E, Buckley PA. 1987. Avian genetics. Academic Press, London, pp. 223-255.

- Rogers A. 1995. Genetic evidence for a Pleistocene population explosion. *Evolution*, 49 (4): 608-615.
- Rojas R. T. 2004. Las cuencas lacustres del Altiplano Central. *Lagos del Valle de México. Arqueología*, Vol. XI No 68:1-9.
- Roques S, Negro JJ. 2005. MtDNA genetic diversity and population history of a dwindling raptorial bird, the Red Kite (*Milvus milvus*). *Biol. Conserv.*, 126: 41-50.
- Ruokonen M. 2001. Phylogeography and conservation genetics of the lesser white-fronted goose (*Anser erythropus*). Thesis (PhD). University of Oulu, Finland.
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, pp. 1659.
- Schneider S, Excoffier L. 1999. Estimation of past demographic parameters from the distribution of pairwise differences when the mutation rates vary among sites: application to human mitochondrial DNA. *Genetics*, 152: 1079-1089.
- Schneider S, Roessli D, Excoffier L. 2000. Arlequín: a software for population genetics data analysis. User manual Ver. 2.000. Genetics and biometry Lab. Dept. of Anthropology University of Geneva, Geneva.
- Sorenson MD, Fleischer RC. 1996. Multiple independent transpositions of mitochondrial DNA control region sequences to de nucleus. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 93: 15239-15243.
- Sorenson MD, Ast JC, Dimcheff T, Yuri T, Mindell DP. 1999. Primers for a PCR-based approach to mitochondrial genome sequencing in birds and other vertebrates. *Mol. Phyl. Evol.*, 12: 105-114.
- Swofford DL. 1998. *PAUP*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (and Other Methods)*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

- Tajima F. 1989. Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism. *Genetics*, 123: 585-6595.
- Templeton AR, Routman E, Phillips CA. 1995. Separating population structure from population history: a cladistic analysis of geographical distribution of mitochondrial DNA haplotypes in the tiger salamander, *Ambystoma tigrinum*. *Gen*, 140: 767-782.
- Tavizón GP. 2002. Proyecto de Área de Manejo Sustentable para Aves Acuáticas en Zacatecas. SEMARNAT, México. pp. 46.
- Toro MA, Caballero A. 2005. Characterization and conservation of genetic diversity in subdivided populations. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 360: 1367-1378.
- Vázquez ED, Castañeda RS, Garrido GT, Gutiérrez GT. 2009. Avances para el estudio conjunto de la información genética, genealógica y geográfica en análisis evolutivos y de distribución. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 82: 227-297.
- Williams S. 1980. The Mexican duck in Mexico: natural history, distribution, and population status. Thesis (PhD) Colorado State University.
- Williams CL, Fedynich AM, Pence DB, Rhodes OE. 2005. Evaluation of allozyme and microsatellite variation in Texas and Florida mottled ducks. *Condor* 107:155-161.

CAPITULO 2

PREFERENCIA DE HUMEDALES POR EL PATO TRIGUERO EN RELACION A SU ESTRUCTURA VEGETAL EN EL ALTIPLANO ZACATECANO

RESUMEN

Los patrones de uso del hábitat depende de diversos factores que producen su selección por parte de los animales, en los humedales la estructura de la vegetación adyacente es un recurso para la sobrevivencia de las poblaciones de pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*) y de lo cual la información es escasa, no obstante ser importante para la conservación de la especie y su hábitat. En el presente estudio se evaluó la preferencia de humedales en relación a la estructura de la vegetación en el hábitat del pato triguero del Altiplano Zacatecano para lo cual, durante los meses de septiembre a noviembre de 2004, se caracterizó la vegetación en siete embalses clasificados de acuerdo a sus características topográficas como presa, bordo y aguaje, en donde se realizaron observaciones en tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo y para la vegetación acuática se determinó cobertura. Por otro lado, se realizó la estimación de la población del pato triguero mediante conteos en cada embalse. Los resultados indicaron una composición vegetal constituida por especies arbustivas y gramíneas, con presencia de vegetación acuática. Se identificó un número significativamente mayor de patos en los bordos que en las presas. Estadísticamente se identificó una correlación significativa entre el tamaño poblacional del pato y el porcentaje de cobertura vegetal acuática flotante ($r = 0.86$, $p = 0.05$), y una correlación negativa significativa entre la población de pato triguero, y la cobertura de arbustivas ($r = -0.77$, $p = 0.05$). De acuerdo a los resultados obtenidos, el hábitat del pato triguero es similar al descrito para esta y otras especies de patos de superficie; siendo los bordos los mas utilizados por la especie por su estructura vegetal, siendo la presencia de cobertura vegetal acuática un factor importante para las población de pato triguero en el Altiplano Zacatecano.

2.1. INTRODUCCIÓN

2.1.1. El pato triguero

En México el pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*) se encuentra enlistado en la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010) como especie amenazada debido a sus características poblacionales y su tendencia a la disminución (Aldrich y Baer, 1970). Pérez *et al.*, (2002) describen que en el periodo de 1960 al 2000 en las regiones montañosas del norte de México, se identificaba el 16% de la población, mientras que para las regiones montañosas centrales fue el 84% de la población total; durante la última década de este periodo, estas cifras cambiaron a 31% y 69% respectivamente. Pese a su vulnerabilidad, la literatura actual acerca de su biología y aspectos básicos de conservación es escasa. Bellrose (1980) infiere que su periodo reproductivo se realiza durante la primavera hasta el inicio del verano, puede anidar desde finales de abril hasta mediados de junio en el norte de México. Su distribución en la República Mexicana es en ríos y lagos de las mesetas centrales de Jalisco, Morelos y Puebla, se extiende hacia el norte por la base oriental de la Sierra Madre Occidental, hasta el norte de Chihuahua y llega hasta la cuenca del Río Bravo en Nuevo Mexico (Leopold, 1959). Tavizón *et al.* (1997) reportan que en el estado de Zacatecas ocurre en presas, ciénagas y bordos durante todo el año, coexistiendo durante los meses de septiembre a febrero con especies migratorias entre las que destacan: el ganso nevado (*Chen caerulescens*) y ganso frente blanca (*Anser albinfronts*).

2.1.2. Hábitat de los patos de superficie

Los humedales mexicanos forman parte del hábitat de diversas especies neárticas de aves acuáticas migratorias y residentes (Wilson y Ryan, 1997) por lo que asegura la supervivencia de un porcentaje elevado de sus poblaciones. Su diversidad biológica está asociada a su biota y a su ubicación geográfica dentro del territorio mexicano (Cervantes, 2007). La abundancia de especies de aves acuáticas depende de varios factores como el régimen hidrológico, heterogeneidad del área, tamaño y

estructura de la vegetación (Blanco, 1999). Los patos de superficie se asocian a hábitats con pastizales altos y extensos mismos que forman parte de sus sitios de anidación, por lo que se establecen como áreas con una adecuada producción de diversas especies de patos. El tamaño poblacional de patos está relacionado con factores como: tamaño de gramíneas, cantidad de maleza y estructura de comunidades de depredadores mamíferos (Greenwood *et al.*, 1995). La complejidad de la estructura vegetal se ha asociado en forma directa con una riqueza de patos (Nudds *et al.*, 2000) ya que promueve la diversidad de invertebrados que forman parte de la dieta de las aves acuáticas (Armstrong y Nudds, 1985). El proceso de selección de hábitat por los patos de superficie es conductual prefiriendo aquellas áreas que reúnen las necesidades de recursos con las características viables (Kadlec y Smith, 1992). Ringelman (1992) establece que una proporción de 50:50 entre el agua abierta y vegetación emergente en los humedales es frecuentemente seleccionada por estas especies. Por otro lado, Laskowski (1993) infiere que la diversidad estructural del hábitat es un factor importante para los patos de superficie, indicando que una cobertura vegetal simple no es suficiente para su supervivencia, por lo que su heterogeneidad es un recurso importante para estas especies (Kadlec y Smith, 1992).

2.1.3 Hábitat del pato triguero

El hábitat del pato triguero requiere contar con tres factores básicos: aguas abiertas con cobertura vegetal densa en las orillas, embalses con profundidad media y una pendiente adyacente que permita a los individuos jóvenes desplazarse a la cobertura vegetal para su protección (Swepston, 1979). La especie habita lagos y depósitos de agua someros, seleccionando embalses con presencia de tule (*Typha* sp.) (Leopold, 1959); un hábitat con áreas de mezquite (*Prosopis* sp.), pastizales y zonas ribereñas o tierras bajas (Swepston, 1979). En las tierras altas del Altiplano Mexicano, la selección del hábitat por el pato triguero se ha relacionado al régimen pluvial y a la disponibilidad de cuerpos de agua, y el uso de los humedales se encuentra limitado por los disturbios humanos y la viabilidad de cobertura vegetal (Williams, 1980). Medina *et al.* (2007), establecen que la especie selecciona embalses artificiales (bordos) debido a la evasión del ganado doméstico y la escasa vegetación de las presas y aguajes en la región del Llano, Aguascalientes. Sin embargo, la sustentabilidad de la mayoría de las áreas disponibles para patos han

sido reducidas por diversos factores entre los que se destacan el drenaje de los humedales, su conversión a tierras de cultivo y el sobrepastoreo de los pastizales nativos, siendo estos la causa del decremento poblacional de esta y otras especies de patos de superficie (Duebbert y Frank, 1984).

En Zacatecas, la problemática del pato triguero es la disponibilidad del recurso hídrico y la escasez y deterioro de la vegetación adyacente a los humedales debido al pisoteo del ganado y la compactación del suelo, lo que impide su crecimiento y desarrollo (Tavizón, 2000).

El presente estudio tiene como objetivo identificar la preferencia de humedales del pato triguero (*A. p. diazi*) y su relación con la estructura vegetal adyacente en el Altiplano Zacatecano.

2.2 MÉTODOS

2.2.1. Área de estudio

Durante el periodo de junio del 2004 a mayo del 2005 se seleccionaron siete humedales en base a la abundancia de las poblaciones de pato triguero. Una vez identificados, fueron clasificados por sus características físicas de acuerdo a los criterios establecidos por Sánchez (2007) y Medina *et al.* (2007) en tres tipos: bordo, aguaje y presa (Tabla 2.1). Los puntos se localizaron en el principal corredor de aves acuáticas migratorias en el Estado, el cual comprende una franja de 8,400 km² (840,000 ha) delimitada en base a las regiones hidrológicas y a las cuencas, subcuencas y acuíferos (Figura 2.1). En las áreas se presentaron asociaciones vegetales de mezquite (*Prosopis* sp.), nopal (*Opuntia* sp.), huizache (*Acacia farnesiana*) y pastizales nativos. Las fluctuaciones de las temperaturas durante el periodo primavera-verano son 27°-12° C y de 21°- 3° C durante el periodo otoño-invierno con heladas durante diciembre y enero; el promedio de precipitación anual es de 300 a 600 mm de mayo a octubre y de 25 a 50 mm de noviembre a abril (García, 1988).

Tabla 2.1. Localización y categoría de los humedales de estudio en el Altiplano Zacatecano.

Humedales	Municipio	Tamaño (ha)	Coordenadas
Presas			
La Zacatecana	Guadalupe	62.55	22° 39' 59.92" N 102° 40' 00.32" W
Bañuelos	Guadalupe	33.98	22° 39' 03.70" N 102° 30' 33.05" W
Chilitas	Zacatecas	39.58	22° 39' 59.92" N 102° 40' 00.32" W
Aguajes			
Las Mangas	Guadalupe	6.12	22° 42' 42.76" N 102° 31' 37.21" W
Bordos			
El Maguey	Zacatecas	3.711	22° 48' 05.28" N 102° 43' 09.68" W
Matanuzka	Ojocaliente	0.389	22° 28' 43.55" N 102° 15' 36.26" W
El Manantial	Luis Moya	0.654	22° 27' 42.96" N 102° 11' 47.42" W

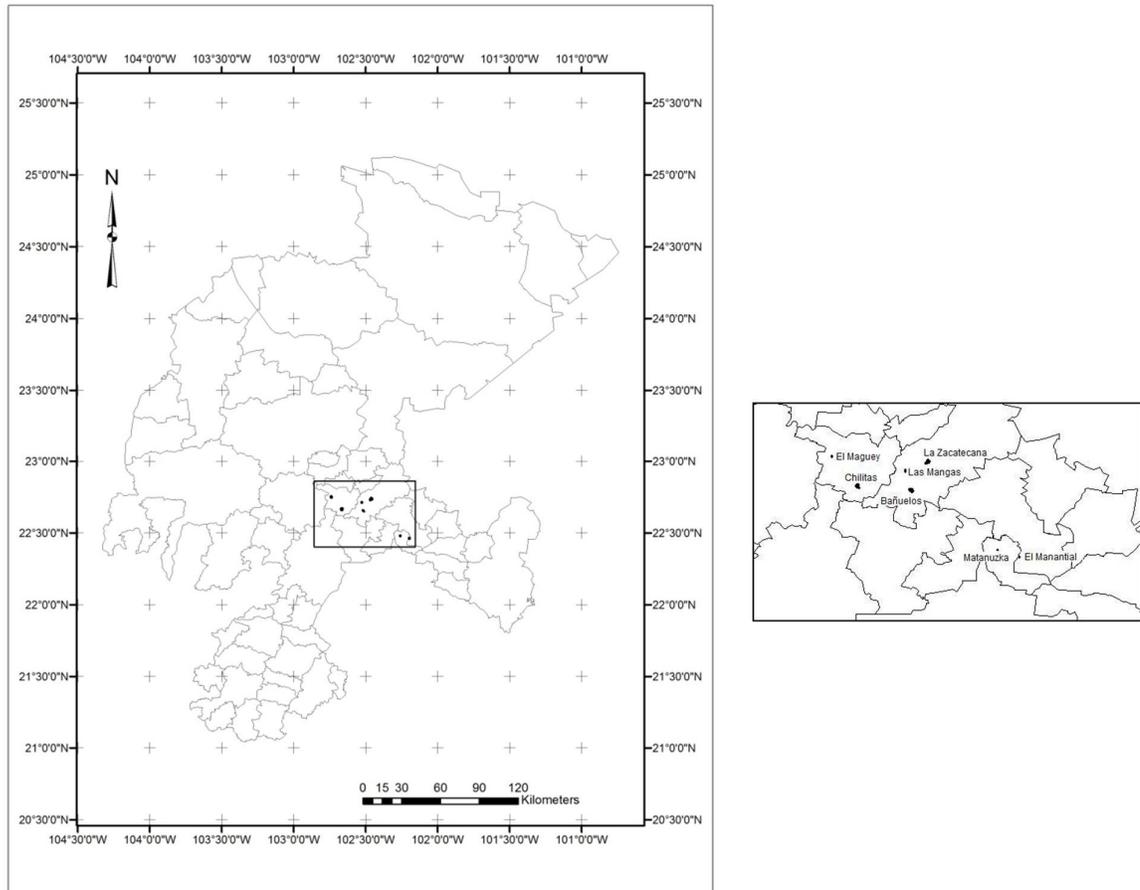


Figura 2.1. Mapa de localización del área y humedales de estudio en Zacatecas.

2.2.2. Caracterización del hábitat de los embalses

Para caracterizar cuantitativamente el hábitat de cada embalse, se realizó un análisis de la vegetación adyacente durante el periodo de septiembre a noviembre de 2004 en tres estratos: arbóreo (> 2 m de altura), arbustivo (0.7 a 2 m) y herbáceo (< 0.7 m). Se establecieron transectos en dirección a los 4 puntos cardinales de cada embalse con una longitud de 50 m y con intervalos de 5, 25 y 50 m desde la orilla del embalse. En cada intervalo se colocaron cuadrantes de 10x10, resultando en una superficie total por embalse de 1200 m² para el estrato arbóreo, 4 x 4 (192 m²) para el estrato arbustivo y cuadrantes de 1 x 1 (12 m²) para el herbáceo. Dentro de los cuadrantes del estrato arbóreo y arbustivo, se registro la especie, individuos por especie, densidad y cobertura, posteriormente se calculó la densidad relativa (DR = número de individuos de una especie dada como proporción del número total de individuos de todas las especies),

frecuencia relativa (FR = frecuencia de una especie dada como un porcentaje de la suma de las frecuencias de todas las especies), cobertura relativa (CR = cobertura para cada especie expresado como un porcentaje de la cobertura total de todas las especies), y el valor de importancia de cada especie ($VI = (DR + FR + RC) / 3$). Éste último valor ofrece una estimación global de importancia de una especie de planta en la comunidad (Brower *et al.* 1997, Tabla 2.2 y 2.3). Para el estrato herbáceo, sólo se estimó la FR de género (Tabla 2.4). La vegetación acuática se caracterizó mediante transectos lineales de 6 m de longitud ribera adentro y orientados hacia los puntos cardinales. En cada uno de ellos, se establecieron cuadrantes de 1x1 (12 m²) a intervalos de 2, 4 y 6 m, para determinar la cobertura vegetal acuática de especies emergentes, sumergidas y flotantes (Rial, 2006).

2.2.3. Poblacional del pato triguero

Para las presas (La Zacatecana, Chilitas y Bañuelos), se utilizaron trayectos de longitud variable (150 ± 50 m) en los que se realizaron conteos directos y estimaciones desde la orilla del embalse (Davis y Winstead, 1987). Para el aguaje (las Mangas) y los bordos (El Maguey, El Manantial y Matanuzka) se contaron el número total de patos presentes. En los censos participaron tres observadores utilizando binoculares marca SWIFT 15 X 60. Se realizaron un total de cuatro conteos: junio a julio de 2004 (censo 1), agosto a septiembre de 2004 (censo 2); y dos durante el periodo seco del Altiplano Zacatecano, de febrero a marzo de 2005 (censo 3) y abril a mayo (censo 4).

2.2.4. Análisis estadísticos

Se probó la normalidad de las variables mediante la prueba estadística de Shapiro-Wilk (Clark y Shutler, 1999). Para establecer diferencias significativas entre los conteos por tipo de embalse, se utilizó la prueba estadística *t* de (Sokal y Rohlf, 1995). Asimismo, mediante la prueba de rangos de Spearman se determinó la correlación entre las variables de la vegetación y los conteos de patos. Para dichos análisis se utilizó el programa SPSS Ver. 17.0 (Ferrán, 2002).

2.3 RESULTADOS

2.3.1. Caracterización de hábitat de las presas

2.3.1.1. Presa la Zacatecana.

Se ubica dentro de la región hidrológica del Salado y de acuerdo a sus características es una presa temporal. Las referencias bibliográficas (Tavizón *et al.*, 1997) indican que la zona presenta un suelo altamente erosionado debido a la pérdida de cubierta vegetal y acción del viento. Las principales actividades desarrolladas son: ganadería (bovinos y caprinos principalmente), agricultura (temporal) y minería, lo cual ha contribuido a la pérdida del hábitat. La tenencia de la tierra es ejidal y pequeños propietarios, y el 30% de su área circundante presenta asentamientos humanos. La vegetación adyacente al embalse se caracterizó por matorral espinoso, pastizal natural y nopalera, así como la presencia de campos agrícolas y vegetación halófila. La especie arbórea con el mayor valor de importancia (VI) fue el mezquite (50.66%), mientras en el estrato arbustivo correspondió al nopal (61.04%), ver Tabla 2.2. En cuanto a la vegetación acuática, se determinó la presencia de las especies zacate de agua (*Polypogon sp*), zacate salado (*Leptochloa sp*), zacatón (*Sporobolus sp*) y hierba del pollo (*Bidens sp*). La vegetación acuática emergente ocupó el 28.25%, la flotante el 33.75% y la sumergida el 80%.

La presa se encuentra ubicada dentro de la ruta migratoria del centro, en la vertiente que se dirige por la parte oeste de la Sierra Fría en el Estado de Jalisco y la Cuenca de Chapala, por lo que presenta una gran afluencia de aves migratorias durante el invierno. En el embalse se observaron en promedio 160 individuos de pato triguero (rango de 82 a 418), registrando la mayor abundancia durante septiembre-agosto.

2.3.1.2. Presa Bañuelos.

Se encuentra ubicada en la zona noreste de la localidad de Bañuelos Zacatecas, dentro de la región hidrológica del Salado; en la cuenca de la Presa San José-Los Pilares. Es un área mayormente ejidal, y sus principales actividades desarrolladas son la agricultura de temporal y la ganadería (bovinos y caprinos). La zona adyacente a la presa presenta suelo erosionado y escasa cubierta vegetal, así

como la presencia de áreas de cultivo de maíz. Se observó una contaminación del embalse debido a la presencia de escorrentías de aguas negras provenientes de la población de Bañuelos, así como zonas utilizadas como basurero por la comunidad adyacente a una distancia menor a 100 mts de la ribera del embalse.

La vegetación observada se caracterizó por la presencia escasa de nopales (*Opuntia* spp.; VI=67.18%; n=4) en el estrato arbustivo, y de pirul (*Shinus* sp.; VI=49.73%; n=2) en el arbóreo. Las especies vegetales acuáticas presentes en la ribera del embalse fueron: *Typha* spp., *Polypogon* spp., *Agrostis* spp. y *Spartina* spp. La vegetación acuática emergente ocupó el 15.5%, la flotante el 7.5% y la sumergida el 16.25%.

Durante los censos se observaron entre 2 y 22 patos trigueros. Además, se registraron gallaretas (*Fulica americana*) y cercetas canela (*Anas cyanoptera*).

2.3.1.3. Presa Chilitas.

Se forma a partir del cauce del Río Machines, que nace dentro de la localidad de Chilitas en el municipio de Zacatecas, siendo uno de los principales cuerpos de agua en la zona. Más del 80% del terreno alrededor del embalse es pastizal, mientras que el área restante, forma parte de la zona urbana adyacente al embalse. Se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, y como parte de las subprovincias de sierras y valles zacatecanos.

La vegetación se caracteriza por pastizal natural, nopalera y matorral espinoso, identificándose en el estrato arbóreo, como elemento principal al huizache (VI=74.28%; n=2) y a la uña de gato (VI= 69.29%; n=40; Tabla 2.2). En cuanto a la vegetación acuática, se determinó la presencia de *Agrostis* spp. y *Sporobolus* spp. La vegetación acuática emergente ocupó el 70%, la flotante el 0% y la sumergida el 1.3%. El hábitat presenta un deterioro importante producto de diversas actividades recreativas y ganaderas, que resultan en la generación de desechos y un alto grado de compactación del suelo. Por otro lado, se detectó la presencia de cazadores furtivos.

En este humedal se identificó a una hembra de pato triguero con crías durante el mes de agosto. El número promedio de patos censados durante el estudio fue de 35.5, con un rango de 0 a 60 individuos, siendo los meses de febrero a marzo donde se observó la mayor abundancia. Otras especies de aves acuáticas identificadas fueron cerceta café (*Anas cyanoptera*), pato pinto (*Anas strepera*), gallareta (*Fulica americana*) y garzón cenizo (*Ardea herodias*).

Tabla 2.2. Las especies de árboles y arbustos identificadas en las presas de estudio en el Altiplano Zacatecano.

Presas					
La Zacatecana					
Árboles	N	DR (%)	FR (%)	CR (%)	VI (%)
Huizache (<i>Acacia</i> sp.)	4	44.44	60	43.57	49.34
Mezquite (<i>Prosopis</i> sp.)	5	55.56	40	56.43	50.66
Arbustos					
Maguey (<i>Agave</i> sp.)	1	7.69	14.29	7.54	9.84
Nopal (<i>Opuntia</i> sp.)	8	61.54	57.14	64.44	61.04
Uña de gato (<i>Acacia greggi</i>)	4	30.77	28.57	28.02	29.12
Chilitas					
Árboles	N	DR (%)	FR (%)	CR (%)	VI (%)
Huizache (<i>Acacia</i> sp.)	2	66.67	66.67	89.49	74.28
Mezquitillo (<i>Prosopis reptans</i>)	1	33.33	33.33	10.51	25.72
Arbustos					
Candelilla (<i>Euphorbia antisiphilitica</i>)	3	5.17	4.76	5.91	5.28
Gobernadora (<i>Larrea</i> sp.)	1	1.72	4.76	3.80	3.43
Engordacabra (<i>Dalea capitata</i>)	7	12.07	23.81	11.75	15.88
Jaral (<i>Baccharis salicifolia</i>)	1	1.72	4.76	1.04	2.51
Nopal (<i>Opuntia</i> sp.)	6	10.35	14.29	7.20	10.61
Uña de gato (<i>Acacia greggi</i>)	40	68.97	47.62	70.30	62.29
Bañuelos					
Árboles	N	DR (%)	FR (%)	CR (%)	VI (%)
Huizache (<i>Acacia</i> sp.)	1	25	33.33	8.25	22.19
Mezquite (<i>Prosopis</i> sp.)	1	25	33.33	25.92	28.08
Pirul (<i>Shinus</i> sp.)	2	50	33.34	65.83	49.73
Arbustos					
Nopal (<i>Opuntia</i> sp.)	4	44.44	33.33	90.42	67.18
Uña de gato (<i>Acacia greggi</i>)	5	55.56	66.67	9.58	32.82

*DR = Densidad relativa, FR = Frecuencia relativa, CR = Cobertura relativa y VI = Valor de importancia.

2.3.2. Caracterización de hábitat de los bordos

2.3.2.1. Bordo El Maguey.

Es un embalse estacional ubicado al noroeste de la ciudad de Zacatecas en la comunidad Rancho Nuevo y dentro de la región hidrológica del Salado, en la cuenca Fresnillo-La Yesca. El bordo tiene como principales uso la agricultura y la ganadería, no se observaron puntos de contaminación alrededor del embalse. La ribera se encuentra cercada para su protección, y únicamente se permite el paso del ganado en la temporada de sequía, principal problema en la zona. La vegetación se caracterizó por la presencia escasa de nopaleras y matorral espinoso, así como de pastizal natural y agricultura de temporal. Las especies de vegetación acuática observadas fueron *Polypogon* spp., *Agrostis* spp. y *Bidens* spp., principalmente. En cuanto a su cobertura, la vegetación acuática emergente ocupó el 1.6%, la flotante el 8.5% y la sumergida el 17.6%.

Se observó un promedio de 245 patos trigueros (rango de 116 a 361) durante los censos, siendo los meses de febrero a marzo los que presentaron una mayor abundancia. Debido a que este humedal se encuentra dentro de la ruta migratoria del centro, se favorece la presencia de diferentes especies de aves acuáticas como el pato de cuello anillado (*Anas platyrhynchos*), cerceta café (*Anas cyanoptera*), pato pinto (*Anas strepera*) y pato cucharón (*Anas clypeata*) entre otras especies.

2.3.2.2. Bordo El Manantial.

El bordo se localiza en la región hidrológica del Salado, en la porción de la cuenca de San Pablo y está ubicado en la parte noroeste de la comunidad de Luis Moya Zacatecas, dentro de la UMA (Unidad de Manejo Sustentable) denominada Rancho Santa Teresa, cuyo objetivo fundamental es el uso, protección y restauración de hábitat para especies acuáticas, restringiéndose el acceso al ganado, a excepción de la temporada seca (febrero-junio).

Presenta una vegetación de matorral espinoso y nopalera siendo las principales especies el huizache (*Acacia* spp.; VI=51.44%; n=10) para el estrato arbóreo y el nopal (*Opuntia* spp.; VI=75.94%; n=5) en el estrato arbustivo. La vegetación acuática estuvo representada por tulares (*Typha* spp.) y *Spartina* spp. Respecto a su cobertura, la vegetación acuática emergente ocupó el 33.9%, la flotante el 0% y la sumergida el 60%.

La población del pato triguero en el embalse fue constante durante todo el estudio con un promedio de 102 individuos (rango de 40 a 191) y los mayores registros fueron durante los meses de junio a julio. Otras especies acuáticas acompañantes fueron: pato cucharón (*Anas clypeata*), cerceta café (*Anas cyanoptera*), pato chalcuán (*Anas americana*), cerceta aliazul (*Anas discors*), gallareta (*Fulica americana*) y pato pinto (*Anas strepera*).

2.3.2.3. Bordo Matanuzka.

Es un bordo artificial localizado dentro del municipio de Ojocaliente Zacatecas, cercano a la carretera Ojocaliente-Luis Moya y que pertenece a la región hidrológica del Salado, dentro de la cuenca Sierra de Rodríguez. Es un cuerpo de agua permanente que tiene como principal uso el riego de los cultivos de maíz, alfalfa y avena. Cuenta con una instalación de cercos alrededor del mismo, que evita la intromisión de ganado a la ribera del embalse, por lo que la vegetación ribereña se encuentra con escaso o nulo impacto. La vegetación se caracteriza por la presencia de matorral espinoso y nopalera, las principales especies arbóreas fueron sauce (*Salix* spp.; VI=37.81%; n=5) y mezquite (VI=30.71; n=1). La cobertura vegetal acuática alcanzó el 90%, caracterizado por tulares (*Typha* spp.) y *Spartina* spp. La vegetación acuática emergente ocupó el 47.8%, la flotante 0% y la sumergida el 14.3%.

Se obtuvo un promedio de 179.5 patos trigueros (rango de 56 a 308), siendo el periodo de mayor abundancia, los meses de abril y mayo. Otras especies asociadas fueron el pato cucharón (*Anas clypeata*) y la cerceta café (*Anas cyanoptera*).

2.3.2. Caracterización de hábitat del aguaje las Mangas.

Es un embalse temporal ubicado dentro de la zona oeste de la Sierra de Zacatecas, en el municipio de Guadalupe, en una zona de mesetas y llanuras bajas dentro de la región hidrológica del Salado. La principal actividad es la agricultura, con escasa presencia de ganado bovino. La vegetación dominante fue el pastizal natural, de manera que no se encontró un estrato arbustivo y arbóreo. La vegetación acuática se caracterizó por la presencia de varias especies de gramíneas. Relativo a su cobertura, la vegetación acuática emergente abarcó el 18.25%, sin vegetación flotante o sumergida.

Se observó un promedio de 95.75 individuos (rango de 0 a 260), con una mayor abundancia durante los meses de agosto a septiembre.

Tabla 2.3. Especies de árboles y arbustos identificadas en los bordos monitoreados en el Altiplano Zacatecano. El bordo el Maguey y el aguaje las Mangas no presentaron especies en los puntos de muestreo (estratos arbóreo y arbustivo).

Bordos					
Bordo El Manantial					
	N	DR (%)	FR (%)	CR (%)	VI (%)
Árboles					
Huizache (<i>Acacia</i> sp.)	10	62.5	54.54	37.29	51.44
Mezquite (<i>Prosopis</i> sp.)	1	6.25	9.10	1.76	5.71
Pirul (<i>Shinus</i> sp.)	5	31.25	36.36	60.95	42.85
Arbustos					
Nopal (<i>Opuntia</i> sp.)	5	50	83.33	94.49	75.94
Uña de gato (<i>Acacia greggi</i>)	5	50	16.67	5.51	24.06
Bordo Matanuzka					
	N	DR (%)	FR (%)	CR (%)	VI (%)
Árboles					
Álamo (<i>Populus</i> sp.)	2	20.76	22.22	4.68	15.89
Mezquite (<i>Prosopis</i> sp.)	1	2.89	11.11	78.13	30.71
Pirul (<i>Shinus</i> sp.)	2	20.05	22.23	4.51	15.59
Sauce (<i>Salix</i> sp.)	5	56.30	44.44	12.68	37.81

*DR = densidad relativa, FR = frecuencia relativa, CR = cobertura relativa y VI = valor de importancia.

Tabla 2.4. Frecuencia relativa de gramíneas y herbáceas en los humedales de estudio.

(%)	Presas			Bordos y Aguaje			
	Zacatecana	Chilitas	Bañuelos	Manantial	Matanuzka	Maguey	Mangas
Gramíneas	81.22	41.13	91.15	84.48	91.02	61.79	90.20
Herbáceas	18.78	58.87	8.85	15.52	8.98	38.21	9.80

2.3.3. Población del pato triguero

Se obtuvo un promedio de 830 patos trigueros (rango de 648 a 957) en los humedales censados. De acuerdo al tipo de humedal se distribuyeron de la siguiente forma: presas 207, bordos 527 y aguaje 96 individuos en promedio. El mayor tamaño poblacional fue en los bordos durante los conteos de junio-julio, agosto-septiembre y abril-mayo (542, 361 y 767 individuos, respectivamente) en comparación a las presas, que mostraron un menor número de individuos (155, 164 y 52 individuos, respectivamente).

2.3.4. Análisis estadísticos

Al comparar los cuatro censos realizados entre tipos de humedal, solamente se encontró en promedio un número significativamente mayor de patos trigueros en los bordos (255.6) que en las presas (17.33; $p < 0.05$; $n = 6$; Fig. 2.2), durante el censo de febrero-marzo.

El análisis de rangos de Spearman estableció una correlación negativa y significativa entre los individuos censados y la cobertura arbustiva en los meses de junio-julio ($r = -0.82$; $p = 0.025$; $n = 7$; Fig. 2.3); y una correlación positiva y significativa entre los individuos censados en agosto-septiembre y el porcentaje de vegetación acuática flotante ($r = 0.86$; $p = 0.014$; $n = 7$; Fig. 2.4).

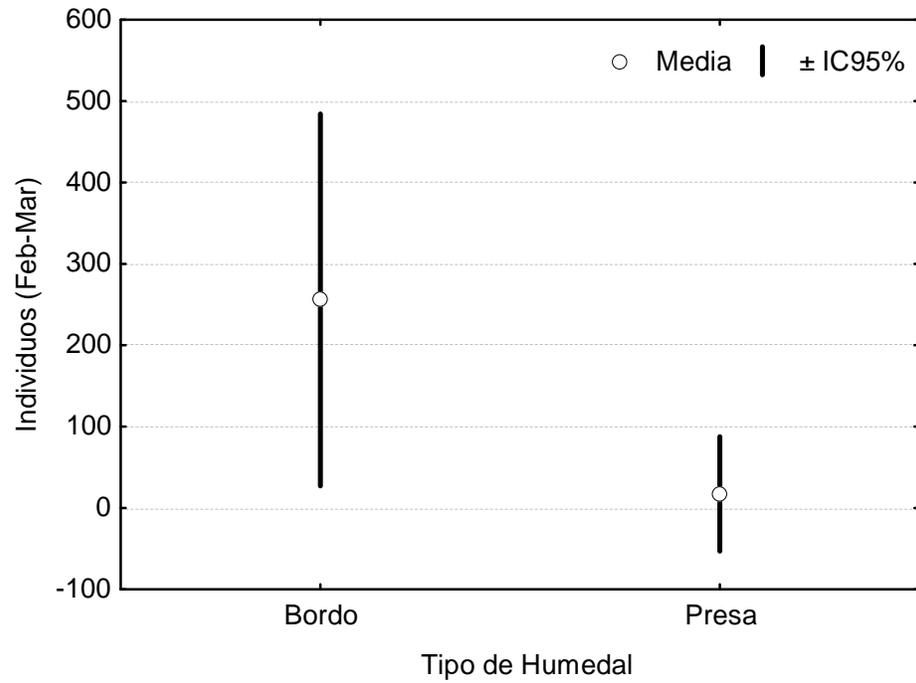


Figura 2.2. Promedio de individuos censados durante Febrero-Marzo por tipo de humedal.

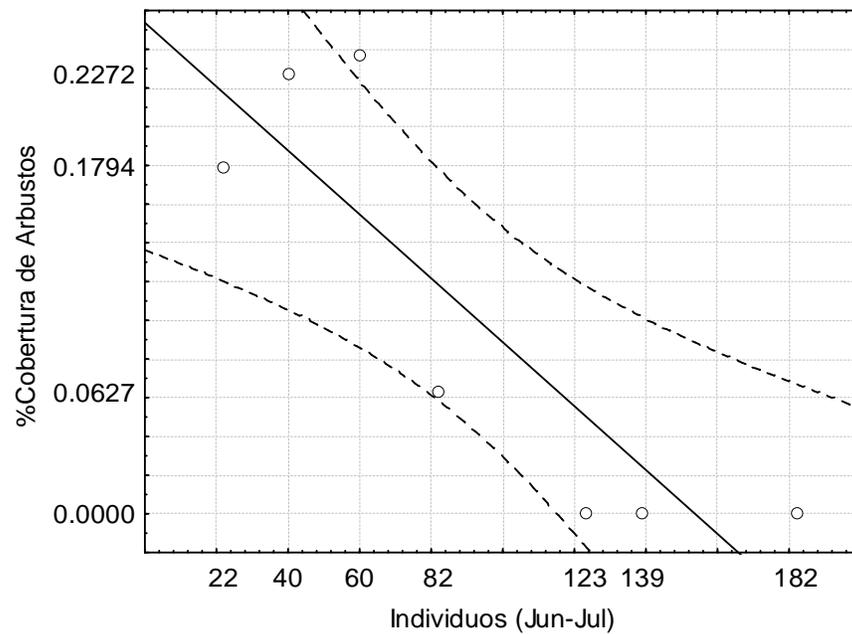


Figura 2.3. Correlación de Spearman entre los individuos censados durante junio-julio y el porcentaje de cobertura de arbustos.

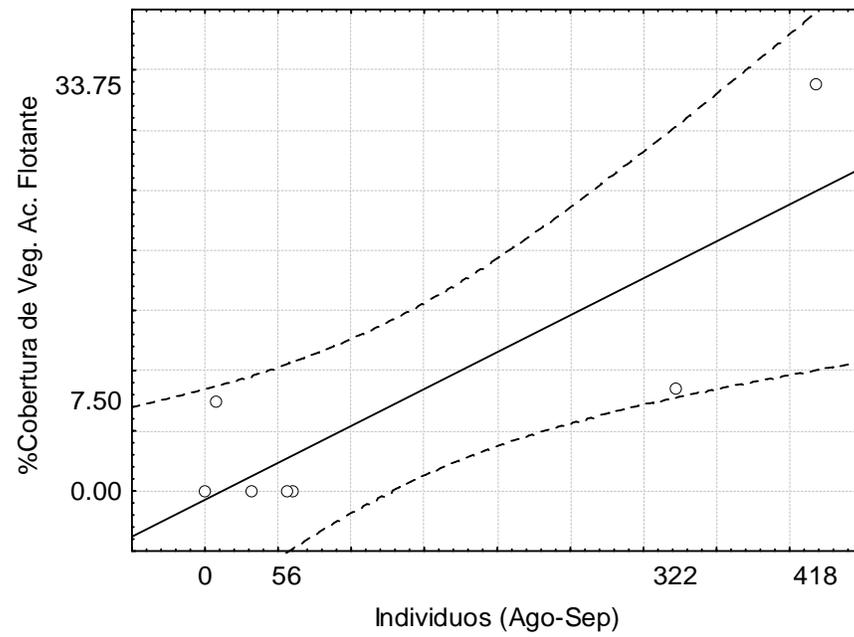


Figura 2.4. Correlación de Spearman entre los individuos censados durante Agosto-Septiembre y el porcentaje de cobertura de la vegetación acuática flotante.

2.4. DISCUSIÓN

Nuestros resultados indican que el hábitat del pato triguero en el Altiplano Zacatecano es similar al reportado por estudios anteriores para la especie (Hubbard, 1977; Swepston, 1979; Medina *et al.*, 2007). La composición de la vegetación adyacente estuvo constituida especies arbustivas y gramíneas, así como vegetación acuática. El número de patos fue significativamente mayor en los bordos que en las presas, únicamente durante el periodo migratorio de primavera, en el conteo de febrero y marzo. Estos datos indicaron que a pesar de la mayor disponibilidad de agua y espacio en las presas, fue evidente el mayor uso de los bordos por parte de la especie, lo anterior sugiere por un lado, la elección de cuerpos de agua con aguas someras por parte del pato triguero, como se ha descrito previamente (Leopold, 1959; Swepston, 1979). Nudds *et al.* (2000), establece que los embalses someros presentan una mayor diversidad vegetal debido a su conformación física, por su transición de gradientes de pradera a estepa. Medina *et al.* (2007) mencionan que los bordos y las represas de irrigación son los humedales seleccionados por el pato triguero por la probable evasión de un hábitat deteriorado. Asimismo, estos embalses mantienen un acceso restringido al ganado (bovino y equino) con lo que existe un beneficio para el crecimiento y conservación de la vegetación adyacente al embalse (Mellink, 1994; Medina *et al.*, 2007) y un menor disturbio. Además, debido a su propósito agrícola, los bordos se encuentran cercanos a las áreas de cultivo, las cuales podrían convertirse en un posible refugio para ésta y otras especies de aves de pastizal/humedal (Braun *et al.*, 1978) al proveer de agua y alimento durante periodos de sequía. Estos periodos son un factor limitante importante en la dinámica de las poblaciones de patos de superficie (Bethke y Nudds, 1995).

La relación positiva entre las poblaciones de patos de superficie y las áreas agrícolas ha sido ampliamente documentada (Greenwood *et al.*, 1995; Durham y Afton, 2003; Manley *et al.*, 2005), incluyendo al pato triguero (Swepston, 1979; Williams, 1980; Leopold, 1959). Scott y Reynolds (1984) determinan un comportamiento de adaptación del pato triguero en humedales donde la actividad agropecuaria se desarrolla, convirtiéndose en hábitats importantes para la supervivencia de sus poblaciones debido a la conservación de la vegetación adyacente y la posibilidad de

recursos alimentarios (Leopold, 1959). Sin embargo, un parámetro importante en el comportamiento de las poblaciones es la depredación de los patos de superficie originada por una disminución de la cobertura vegetal a causa de actividades agrícolas (Greenwood *et al.*, 1995). Otro factor que pudiera estar determinando el número bajo de individuos observados en las presas, es el disturbio causado por las actividades ganaderas y recreativas desarrolladas en estos cuerpos de agua. La presencia de ganado en los humedales se asocia a una disminución de la vegetación adyacente y un deterioro del hábitat debido al pisoteo y compactación del suelo alrededor del embalse. Braun *et al.* (1978) determina que las actividades ganaderas y los humedales son incompatibles ya que; el pastoreo es una actividad que causa severos daños en la vegetación de los pastizales, por lo que la exclusión del ganado debe ser aplicado en acciones de conservación del pato triguero en México (Riojas-López y Mellink, 2005). Ringelman (1992) define a la ganadería como factor de deterioro del hábitat de las especies acuáticas ya que ocasiona la erosión y la acumulación de sedimentos en los cuerpos de agua lo que causa severos daños al hábitat ribereño.

El número de patos observados en los embalses presentó una relación negativa y significativa con la cobertura del estrato arbustivo, principalmente en las presas; lo cual se explica por la posible transformación estructural que podría llevarse a cabo en estos embalses a causa de la ganadería (Middleton, 2002).

Los análisis realizados en el presente estudio indicaron una relación positiva entre el número de patos en los embalses durante agosto y septiembre y la cobertura vegetal acuática emergente en los humedales considerados. De acuerdo diferentes autores (Elmberg *et al.*, 1993; Nudds *et al.*, 2000; Butler y Taylor, 2005), la densidad y diversidad de especies de patos de superficie se ha correlacionado con la diversidad estructural de la vegetación acuática, así como a la abundancia de vegetación emergente. La vegetación acuática es un recurso importante para las especies de patos de superficie, ya que varios aspectos de su supervivencia dependen de este factor, como son los sitios de anidación, protección contra depredadores y cambios climáticos, así como el aislamiento visual de sus co-específicos (Kadlec y Smith, 1992). Otro aspecto que involucra la presencia de esta vegetación, es que forma parte del hábitat de la comunidad de invertebrados (Szalay y Resh, 2000; Marklund *et al.*, 2002) los cuales son un recurso alimentario importante para diversas especies de patos de superficie, principalmente durante el periodo reproductivo (Ringelman,

1992; Szalay y Resh, 2000). Lo anterior se corroboró por la presencia de diversas especies de invertebrados (caracoles de agua dulce, bivalvos y macroinvertebrados) en la dieta de la población de pato triguero de los embalses dentro del estudio (Mercado *et al.*, datos no publicados). En los bordos y la presa Bañuelos las especies de vegetación acuática emergente observadas fueron el tule (*Typha* sp.) y junco (*Juncus* sp.) las cuales, constituyen parte de la cobertura vegetal identificada como la seleccionada por el pato triguero (Leopold, 1959; Swepston, 1979), ya que depende de parches densos de vegetación emergente adyacente a las áreas de anidación y sin interrupción del ganado para su éxito reproductivo (Riojas y Mellink, 2005). En cuanto a las presas con excepción de Bañuelos y el aguaje las Mangas, la cobertura emergente estuvo formada por vegetación perenne que fue abundante durante un corto periodo posterior a las lluvias (septiembre a noviembre), y escasa en los meses de febrero a junio (sequía). Este tipo de vegetación ha sido descrito para el hábitat de otras especies de pato de superficie como es el tejano (*Anas fulvigula*), que habita áreas con una estructura de arbustos y pastizales perennes (Rorabaugh y Zwank, 1983) al igual que el pato golondrino (*Anas acuta*, McMaster *et al.*, 2005).

LITERATURA CITADA

- Aldrich JW, Baer KP. 1970. Status and speciation in the Mexican duck (*Anas diazi*). The Wilson Bulletin, 82 (1): 63-73.
- Armstrong DP, Nudds TD. 1985. Factors influencing invertebrate size distribution in prairie potholes and implications for coexisting ducks. Freshwat. Invertebr. Biol. 4: 41-47.
- Blanco D. Los humedales como hábitat de aves acuáticas. 1999. Pages 208-217. In: Málvarez A. Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología UNESCO para América Latina y el Caribe ORCyT. Montevideo-Uruguay.
- Bellrose FC. 1980. Ducks, geese and swans of North America, tercera edición. Stackpole Books, U. S. A., pp. 40.
- Bethke RW, Nudds TD. 1995. Effects of climate change and land use on duck abundance in Canadian prairie-parklands. Ecol Appl 5: 588-600.
- Braun CE, Harmon KW, Jackson JA, Littlefield CD. 1978. Management of national wildlife refuges in the United States: Its impacts on birds. Wilson Bull 90 (2): 309-321.
- Brennan LA, Kuvlesky WP. 2005. North American grassland birds: An unfolding conservation crisis?. J. Wildl. Manage. 69 (1): 1-13.
- Brower J, Zar J, von Ende C. 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology, cuarta edición. McGraw-Hill, Boston, Massachusetts, pp. 273.
- Butler RW, Taylor W. 2005. A review of climate change impacts on birds. USDA Forest Serv. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191.
- Clark RG, Shutler D. 1999. Avian habitat selection: pattern from process in nest-site use by ducks?. Ecol. 80 (1): 272-287.

- Cervantes M. Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. 2007. In: Sánchez O, Herzig M, Peters E, Márquez-Huitzil R, Zambrano L ed. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. México, D. F. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), pp. 37-67.
- Davis DA, Winstead RL. Estimación de tamaños poblacionales de vida Silvestre. 1987. In: Rodríguez TR ed. Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. The Wildlife Society, Maryland, pp. 233-258.
- DOF. 2010. Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda Sección. 30 de diciembre de 2010. México, D. F. p. 78.
- Duebber HF, Frank AM. 1984. Value of prairie wetlands to ducks broods. Wildlife Society Bulletin, 12: 27-34.
- Durham RS, Afton AD. 2003. Nest-site selection and success of mottled ducks on agricultural lands in southwest Louisiana. Wildl. Soc. Bull., 31 (2): 433-442.
- Elmberg J, Nummi P, Pöysä H, Sjöberg K. 1993. Factors affecting species number and density of dabbling duck guilds in North Europe. *Ecography* 16: 251-260.
- Ferrán AM. 2002. Curso de SPSS para windows. McGraw-Hill, España.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. México, D. F. pp. 217.
- Greenwood RJ, Sargeant AB, Johnson DH, Cowardin LM, Shaffer TL. 1995. Factors associated with duck nest success in the prairie pothole region of Canada. *J of Wildl Manage (Monography 128)* 59.
- Horn DJ, Phillips ML, Koford RR, Clark WR, Sovada MA, Greenwood RJ. 2005. Landscape composition, patch size, and distance to edges: interactions affecting duck reproductive success. *Ecol. Appl.* 15 (4): 1367- 1376.

- Hubbart JP. 1977. The biological and taxonomic status of the Mexican duck. Department of game & fish. New Mexico, pp.56
- Kadlec JA, Smith LM. Habitat Management for Breeding Areas. 1992. *In*: Batt BDJ, Afton AD, Anderson MG, Ankney CD, Johnson DH, Kadlec JA, Krapu GL eds. Ecology and Management of Breeding Waterfowl. University of Minnesota Press. Minnesota, pp. 590-610.
- Laskowski H. 1993. Dabbling Ducks. Maryland Cooperative Extension, Fact sheet 610. College Park, Maryland.
- Leopold A. 1959. Wildlife of Mexico, the game birds and mammals. University of California Press. Berkeley, CA., pp. 668.
- McMaster DG, Devries HJ, Davis SK. 2005. Grassland birds nesting in haylands of southern Saskatchewan: Landscape influences and conservation priorities. *J. Wildl. Manage.*, 69 (1): 211-221.
- Manley SW, Kaminski RM, Reinecke KJ, Gerard PD. 2005. Agronomic implications of waterfowl management in Mississippi ricefields. *Wildl. Soc. Bull.*, 33 (3): 981-992.
- Marklund O, Sandsten H, Hansson LA, Blindow I. 2002. Effects of waterfowl and fish on submerged vegetation and macroinvertebrates. *Freshw. Biol* 47: 2049-2059.
- Medina TSM, Márquez MO, García MG. 2007. Uso y selección de embalse por el pato triguero mexicano (*Anas diazi*) en la región del Llano, Aguascalientes-Jalisco, México. *Act. Zool. Mex.*, 23(2): 163-181.
- Mellink E. 1994. Grazing and Mexican ducks in central Mexico. *Euphonia* 3: 5-7.
- Middleton B. 2002. Non-equilibrium dynamics of sedge meadows grazed by cattle in southern Wisconsin. *Plant. Ecol.*, 161 (1): 89-110.
- Nudds TD, Elmberg J, Sjöberg K, Pöysä H, Nummi P. 2000. Ecomorphology in breeding holarctic dabbling ducks: the importance of lamellar density and body length varies with habitat type. *OIKOS*, 9 (3): 583-588.

- Pérez-Arteaga A, Gaston K, Kershaw M. 2002. Population trends and priority conservation sites for Mexican duck *Anas diazi*. *Bird Conserv. Intern.*, 12:35-52.
- Rial BA. 2006. Variabilidad espacio-temporal de las comunidades de plantas acuáticas en un humedal de los llanos de Venezuela. *Rev. de Biol. Trop. (International Journal of Tropical Biology and Conservation)*, 54 (2): 403-413.
- Ringelman JK. Identifying the Factors that Limit Duck Production. 1992. *In: Waterfowl Management Handbook*. Fish and Wildlife Service. Washington, D. C., pp. 1-8.
- Riojas-López ME, Mellink E. 2005. Potential for biological conservation on man-modified semiarid habitats in Northeastern Jalisco, Mexico. *Biodiv. and Conserv.* 14: 2251-2263.
- Rorabaugh JC, Zwank PJ. 1983. Habitat suitability index models: Mottled duck. U. S. Fish Wildl Serv FWS/OBS-82/10.52.
- Sánchez O. Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. 2007. *In: Sánchez O, Herzig M, Peters E, Márquez-Huitzil R, Zambrano L ed. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México, D. F. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), pp. 297.
- Scott NJ, Reynolds RP. 1984. Phenotypic variation of the Mexican duck (*Anas platyrhynchos diazi*) in Mexico. *The Condor*, 86: 266-274.
- Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*, tercera edición. W. H. Freeman, New York, pp.850.
- Swepton DA. 1979. Job No. 42. Mexican duck. Final report. Federal Aid Project no. W-103-R-9. Federal Aid in Wildlife Restoration ACT. Texas.

- Szalay FA, Resh VH. 2000. Factors influencing macroinvertebrate colonization of seasonal wetlands: responses to emergent plant cover. *Freshw. Biol.*, 45:295-308.
- Tavizón P, Flores R, Díaz M, Mondragón C. 1997. Gestión para la conservación del hábitat del pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*) en el estado de Zacatecas, México. En: XIV Congreso Nacional de Zoología SOMEXZOO Guanajuato, México.
- Tavizón P, Mondragón C, Méndez B, Flores R, Mercado M, Montañés R. 2000. Avances en la conservación del pato triguero. Documento del Subcomité Técnico Consultivo de Aves Acuáticas (Agua limpia).
- Williams SO. 1980. The Mexican duck in Mexico: Natural History, distribution, and population status. Thesis (PhD), Colorado State University, Fort Collins, E. U. A.
- Wilson MH, Ryan DG. 1997. Conservation of Mexican wetlands: role of the North American Wetlands Conservation Act. *Wild. Soc. Bull.*, 25:57-64.

CAPITULO 3

PRESENCIA DE HELMINTOS EN EL PATO TRIGUERO DEL ALTIPLANO ZACATECANO

RESUMEN

Las aves acuáticas son portadoras de parásitos que pueden afectar a las poblaciones de diferentes especies como la del pato triguero (*Anas diazi*) que se distribuye en el Altiplano Zacatecano. El presente estudio tuvo como objetivos 1) identificar las especies de helmintos presentes en la población de pato triguero en el Altiplano Zacatecano, y 2) comparar la composición de helmintos de acuerdo al sexo de los patos. Se recolectaron aleatoriamente 24 especímenes (14 machos y 10 hembras) de pato triguero en cuatro cuerpos de agua del Altiplano Zacatecano (presa La Zacatecana, bordo El Maguey, bordo Matanuzka y sistema de bordos de la UMA Los Jales). A cada espécimen recolectado se le realizó la necropsia para la obtención e identificación de parásitos presentes y para determinarle el grado de parasitosis. Como resultados fueron identificados ocho parásitos pertenecientes a cuatro clases: Trematoda (3), Nematoda (2), Acantocephala (2) y Cestoda (1); correspondientes a su vez a ocho familias: *Polymorphidae* (1), *Hymenolepididae* (1), *Psilostomidae* (1), *Paranfistomidae* (1), *Echinostomatidae* (1), *Trychostrongylidae* (1), *Trichuridae* (1) y *Echinorhynquidae* (1). El parásito con mayor prevalencia fue *Zygodotyle lunata* con 66.67%, mientras que las especies con menor prevalencia fueron *Echinostomum revolutum*, *Capillaria sp.* y *Polymorphus ondatrae* (4.17% para cada especie). La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis indicó no diferencia significativa ($p>0.05$) en la prevalencia de helmintos entre los sexos de anátidos, sin embargo, en la intensidad parasitaria por Clase de helminto entre sexos indicó una diferencia significativa ($p<0.05$) para trematodos, acantocéfalos y cestodos. Los resultados del presente trabajo concuerdan con los reportados por varios autores para diferentes especies de patos.

3.1. INTRODUCCIÓN

En el Altiplano Zacatecano existen hábitats importantes para varias especies de aves acuáticas, entre ellas el pato triguero (*Anas platyrhynchos diazi*); esta ave pertenece a los patos de superficie, denominados de esta forma por el hábito de alimentarse en la capa superior de los cuerpos de agua o en aguas poco profundas (Batt, 1992). El pato triguero (*A. p. diazi*) es una especie endémica de México (<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichas/doctos/aves.html>), en su área de distribución, aunque algunos autores describen desplazamientos locales temporales de acuerdo a la disponibilidad de agua y alimento (Johnsgard, 1961, Williams, 1980). Existe escasa información acerca de su biología y otros aspectos de la especie en México a pesar de su estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT-2010, donde se encuentra enlistada como amenazada (Pérez *et al.*, 2002); además se carece de información actualizada acerca de su fauna parasitológica.

3.1.1 Enfermedades parasitarias en aves silvestres

Las aves silvestres son huéspedes potenciales de diversos parásitos, por lo que la ocurrencia de parasitosis en éstas es una regla general (Fried y Franson, 1999). El desarrollo y localización de las parasitosis están determinados por una amplia gama de factores ambientales (Wobeser, 2007); algunos parásitos requieren la presencia de dos o más hospederos dada su adaptación a ciclos de vida que involucran diferentes ambientes bióticos (Olsen, 1974). La concentración de individuos en áreas pequeñas está relacionada con la fragmentación y pérdida del hábitat, lo que promueve el intercambio y transmisión de parásitos con mayor facilidad; como consecuencia se incrementa el potencial de estos patógenos por lo que pueden afectar la supervivencia de especies con distribución limitada o poblaciones pequeñas (Holmes, 1996). Los humedales del Altiplano Zacatecano presentan un deterioro ambiental progresivo debido a diversos procesos antropogénicos que se desarrollan a sus alrededores; por lo que la contaminación por la presencia de aguas negras, desechos mineros y la actividad agropecuaria son

factores que predisponen la generación de enfermedades parasitarias en las poblaciones de aves acuáticas.

3.1.2. Helmintos en aves acuáticas

Los helmintos son parásitos frecuentes en las aves acuáticas, que usualmente no producen efectos letales en sus poblaciones (Gray *et al.*, 1989); los trematodos, en particular, poseen ciclos de vida en los que generalmente requieren moluscos acuáticos como huéspedes intermediarios y a aves acuáticas como hospederos definitivos, por lo que los anátidos son huéspedes potenciales de estos parásitos. Los cestodos y acantocéfalos sólo en cargas altas son causa de impactos fisiológicos importantes en el ciclo de vida de las aves acuáticas (patos, gansos y cisnes), convirtiéndose en un factor predisponente para otras enfermedades (Fried y Franson, 1999). Para el pato triguero se reportan varias especies de trematodos, cestodos y acantocéfalos como las especies *Echinostoma revolutum*, *Zygocotela lunata*, *Cloacotaenia megalops*, *Hymenolepis* sp. entre otras (Farías y Canaris, 1986); por lo que existe la posibilidad de su presencia en el pato triguero en el Altiplano Zacatecano. La generación de conocimiento acerca de la biología de la población y del parásito permitirán predecir amenazas a especies y comunidades vulnerables (Smith *et al.*, 2006).

3.2 MÉTODOS

3.2.1. Área de estudio

Se colectaron 24 ejemplares de pato triguero (14 machos y 10 hembras) mediante cacería bajo un permiso especial de colecta científica (SEMARNAT-08-017) autorizado por la Dirección General de Vida Silvestre (DGVVS) obtenidos en un periodo entre mayo y agosto del 2005 en cuatro cuerpos de agua, seleccionados aleatoriamente en el centro del estado de Zacatecas, ubicados en la región fisiográfica de los Valles Centrales (Figura 3.1): Presa La Zacatecana (municipio de Guadalupe) y bordo El Maguey (municipio de Zacatecas), bordo Matanuzka en la parte sur del estado (municipio de Ojocaliente) y el sistema de bordos de la UMA Los Jales (municipio de Fresnillo, Tabla 3.1). La vegetación de la zona se compone de pastizal y matorral semiárido (Rzedowski, 1981). Los ejemplares fueron transportados al laboratorio para la identificación de parásitos.

Tabla 3.1. Coordenadas de ubicación de los cuerpos de agua del estudio en el Altiplano Zacatecano.

Cuerpo de agua	Coordenadas al centro del embalse
Bordo El Maguey	22° 48'05.28" N 102° 43'09.68" O
Presa La Zacatecana	22° 44'02.17" N 102° 27'05.32" O
Bordo Matanuzka	22° 28'43.55" N 102° 15'06.26" O
Sistema de bordos de La UMA Los Jales	23° 09'44.20" N 102° 51'05.50" O

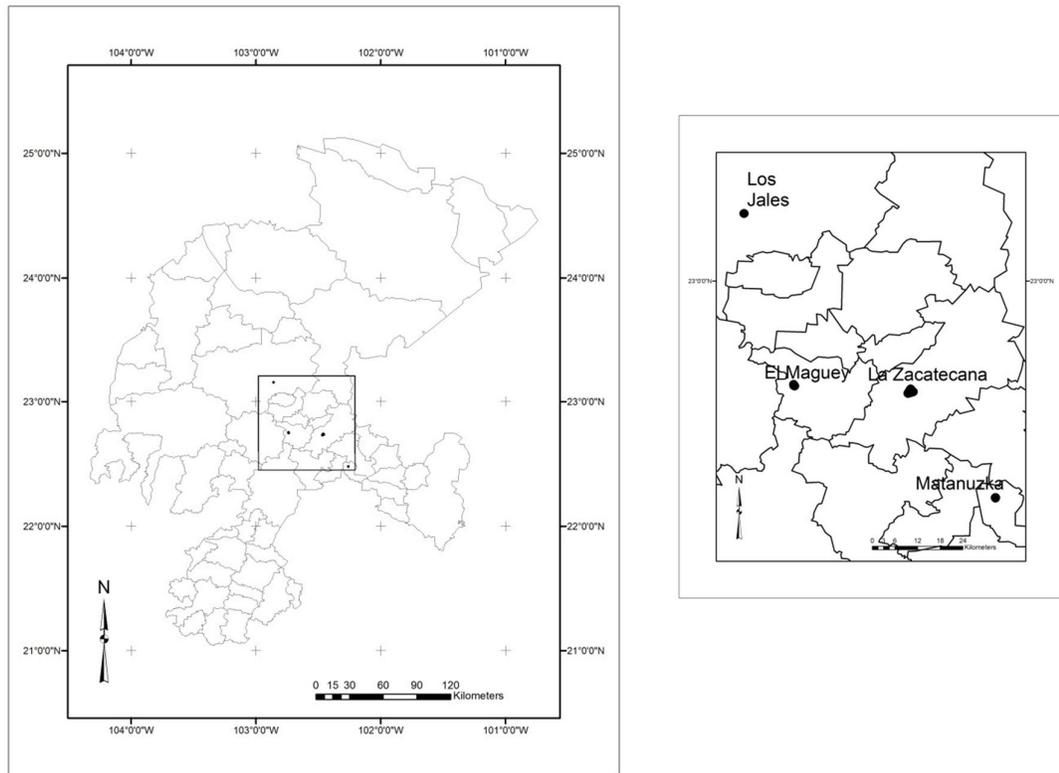


Figura 3.1. Mapa de ubicación de los embalses analizados en el Altiplano Zacatecano.

3.2.2. Recolección e identificación de parásitos

Cada ejemplar fue sometido a necropsia mediante los métodos de análisis de vísceras descritos por Hoeve y Scott (1988), Kalla *et al.* (1997) y Hung (2002), con las siguientes modificaciones: fueron diseccionados e identificados todos los órganos, colocados en contenedores separados con agua salina amortiguada estéril (pH 7.3) e inspeccionados con un microscopio estereoscópico marca Leica de luz reflejada (Wetzlar, Alemania). Órganos como la tráquea, esófago, ductos biliares, uréteres, así como el intestino delgado, grueso y ciegos se diseccionaron longitudinalmente para examinar el lumen. El revestimiento de la molleja se removió para inspeccionar debajo de la misma. La cloaca y la bursa se invirtieron para su análisis; los pulmones, hígado, corazón y cápsula renal sólo fueron separados para su inspección. En todos los casos, los parásitos fueron identificados en base a estudios

morfológicos detallados y claves de identificación para nemátodos (Schurmans, 1951; Yorke y Maplestone, 1926; Anderson, 1992), tremátodos (McDonald, 1981; Tantaleán *et al.*, 1992) y helmintos (Guillén y Morales, 2003). Los parásitos y ejemplares de pato triguero obtenidos fueron procesados para su conservación y se encuentran depositados en el Laboratorio de Biología de la Conservación de la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Se determinó la prevalencia, definida ésta como el número de hospederos infectados con al menos un parásito, dividido por el total de individuos analizados (Bush *et al.*, 1997) y presentada como porcentajes (%); de igual manera, la intensidad total parasitaria fue definida como número total de parásitos por huésped parasitado (Muñoz *et al.*, 2002). Los datos obtenidos no se ajustaron a una distribución normal, por lo que fueron sometidos a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la comparación de prevalencia e intensidad total parasitaria entre sexos del pato triguero (Gladden y Canaris, 2009). Los análisis estadísticos fueron aplicados usando el programa estadístico SPSS (Ferrán, 2002).

3.3 RESULTADOS

De los 24 ejemplares de pato triguero analizados, 20 individuos (83.33%) presentaron infección parasitaria por una o más especies de helmintos; los individuos restantes (16.67%, 4 individuos) no presentaron parásitos. Ocho especies de helmintos fueron identificadas en las que se incluyeron tres de trematodos (*Zygotocyle lunata*, *Echinostoma revolutum* y *Psilostomum ondatrae*), dos de nematodos (*Amidostomum anseris* y *Capillaria sp.*), dos de acantocéfalos (*Corynosoma sp.* y *Polymorphus boschadis*) y una de cestodo (*Hymenolepis megalops*) (Tabla 3.2). Las especies *Z. lunata*, *H. megalops* y *A. anseris* presentaron prevalencias altas con un 66.6%, 37.5% y 33.3%, respectivamente.

Tabla 3.2. Prevalencia de parásitos por especie y localización en el pato triguero del Altiplano Zacatecano.

Especies de helmintos	Órgano de localización	Prevalencia general (%)
Trematoda		
<i>Zygotocyle lunata</i>	Molleja	66.6
<i>Echinostoma revolutum</i>	Cloaca	4.1
<i>Psilostomum ondatrae</i>	Proventrículo	12.5
Total		83.3
Nematoda		
<i>Amidostomum anseris</i>	Intestino delgado y grueso	33.3
<i>Capillaria sp.</i>	Proventrículo	4.1
Total		37.5
Acanthocephala		
<i>Corynosoma sp.</i>	Intestino grueso	8.3
<i>Polymorphus boschadis</i>	Intestino grueso	4.1
Total		12.5
Cestoda		
<i>Hymenolepis megalops</i>	Cloaca y ciegos	37.5
Total		37.5

En el análisis de la intensidad total parasitaria por clase de helmintos se observaron 44 especímenes de trematodos, 27 de cestodos, 13 de nematodos y 4 de acantocéfalos. Por otra parte, se determinaron infecciones únicas, dobles y mixtas de

las ocho especies de parásitos identificados, en 9 (45%), 6 (30%) y 5 (25%) de las aves infectadas, con un rango de 1 a 4 especies de parásitos por hospedero y un rango de 1 a 14 parásitos por pato. La prevalencia en hembras del pato triguero fue del 80%, mientras que para los machos fue del 87.7% (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Prevalencia de helmintos de acuerdo al sexo del pato triguero del Altiplano Zacatecano

Especies de helmintos	Machos (%)	Hembras (%)
	n=14	n=10
Clase Trematoda		
<i>Zygodontia alternata</i>	78.5	50.0
<i>Echinostoma revolutum</i>	0	10.0
<i>Psilostomum ondatrae</i>	7.1	20.0
Clase Nematoda		
<i>Amidostomum anseris</i>	28.5	40.0
<i>Capillaria</i> sp.	7.1	0
Clase Acanthocephala		
<i>Corynosoma</i> sp.	7.1	10.0
<i>Polymorphus boschadis</i>	7.1	0
Clase Cestoda		
<i>Hymenolepis megalops</i>	42.8	30.0
Prevalencia de helmintos por sexo	87.7	80

Al aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis sobre los datos obtenidos, se determinó que no existe diferencia significativa ($p>0.5$) en la prevalencia de helmintos entre machos y hembras de los ejemplares analizados. Por otro lado, se identificó una diferencia significativa ($p<0.5$) en la prevalencia de las clases de trematodos, cestodos y acantocéfalos entre los sexos del pato triguero. Esta diferencia se repite en el análisis de la intensidad total parasitaria entre sexos, donde se obtuvo una diferencia significativa ($p<0.5$) para *Z. lunata* (trematoda), *Corynosoma* sp (acantocefala) e *H. megalops* (cestoda).

3.4 DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, los helmintos presentaron una alta prevalencia (83.33%) en los ejemplares de pato triguero analizados, resultados similares a los descritos por Farías y Canaris (1986), los cuales identificaron 25 especies de helmintos en el 79% (129 individuos) de pato triguero en el norte-centro de México (Aguascalientes, Jalisco, Durango y Chihuahua) y suroeste de EE UU (New Mexico y Texas) entre ellas a *Z. lunata*, *H. megalops* y *E. revolutum*; estos autores refieren una prevalencia para trematodos de 68.2%, cestodos 98.4%, acantocéfalos 6.9% y nematodos 13.1%. Por otra parte, Shaw y Kocan (1980) describen una prevalencia para helmintos de 47.8%, 72.4%, 26.1% y 20.3% para géneros de trematodos, cestodos, nematodos y acantocéfalos, respectivamente, en el 90.1% (71 patos) de ejemplares analizados de pato de collar (*Anas p. platyrhynchos*), pato calvo (*Anas americana*), cerceta de alas azules (*Anas discors*) y cerceta común (*Anas crecca*) en el centro de Oklahoma en EE UU. Las diferencias entre el número de especies de helmintos obtenidos en el presente estudio y los descritos en las publicaciones de los autores antes mencionados probablemente son debidas al tamaño de la muestra para cada uno de éstos; sin embargo, los porcentajes de prevalencia en los tres análisis son similares, con la excepción de los cestodos y trematodos, los cuales pueden ser explicados por la diferencia entre los periodos de muestreo y la localización de las áreas de estudio. El estudio se caracterizó por la presencia de infecciones mixtas de varias especies de helmintos presentes en un solo individuo, al respecto, Farjana *et al.* (2008) refieren la presencia de más de una especie de trematodos en un individuo de pato infectado, y que su densidad en el hospedero está relacionada con la presencia de moluscos acuáticos los cuales a su vez son huéspedes intermediarios de las especies de helmintos. Los cestodos son parásitos que se encuentran frecuentemente en la fauna silvestre, sin embargo, sólo las cargas parasitarias altas de éstos pueden disminuir la salud del huésped. Los acantocéfalos tienen como huésped intermediario algunas especies de crustáceos, por lo que se infiere que las aves acuáticas son huéspedes potenciales para estos helmintos; la mortalidad a causa de la infección por acantocéfalos solo ha sido reportada en patos en regiones árticas y ha sido atribuida a sus hábitos alimenticios

(Fried y Franson, 1999). Algunos autores afirman que la intensidad de las infecciones, la prevalencia y las especies de parásitos dependerán de las especies de hospederos examinadas y de la época de muestreo (Shaw y Kocan, 1980); así mismo que la eficiencia de dispersión de los patógenos se encuentra limitada por factores bióticos y abióticos del medio ambiente (Hubálek, 2004). Por ejemplo, Villatoro y Sáenz (2005) determinaron que el efecto de los patógenos sobre sus huéspedes podría cambiar en relación con los diferentes grados de conexión existente entre los fragmentos de hábitat remanente; debido a que los humedales del Altiplano Zacatecano están sujetos a alteraciones antropogénicas como las actividades salineras, las agropecuarias y a la contaminación por las escorrentías de aguas negras (rastros, desechos de las comunidades adyacentes y mineros); se espera, por ende, un incremento de la diversidad de parásitos y las consecuencias hacia las aves acuáticas (Spalding *et al.*, 1993, Santiago y Weis, 2008). De acuerdo al análisis estadístico, no se identificaron diferencias significativas en la prevalencia de helmintos entre machos y hembras, sin embargo, se identificó diferencia significativa en la prevalencia por clase de helminto entre macho y hembra de pato triguero en el Altiplano Zacatecano. Muniz-Pereira y Amato (1998) también reportaron diferencia significativa en la prevalencia de *H. megalops* entre hembras (83.3%) y machos (40%) del pato cariblanco (*Anas bahamensis*) y del pato brasileño (*Amazonetta brasiliensis*). Dichos autores postulan que diferencias en el aporte nutricional entre sexos de los anátidos es un factor que incrementa la posibilidad de infección de helmintos en las hembras, ya que por sus requerimientos nutricionales durante la época reproductiva aumentan el consumo de las diversas fuentes de alimentación, lo que las predispone a un mayor riesgo de contraer infecciones parasitarias al ingerir alimentos contaminados. Los resultados de Yousuf *et al.*, (2009) de un estudio en pato doméstico en semicautiverio parecen confirmar que la alta prevalencia de helmintos en las hembras es debido a los hábitos alimenticios y crianza de los polluelos. En contraste, Nowicki *et al.* (1995), en un estudio en Illinois, EE UU, para el ganso canadiense (*Branta canadensis*) encontraron que existen diferencias en la intensidad de las infecciones entre hembras y machos pero no en la prevalencia entre sexos.

LITERATURA CITADA

- Anderson RC. 1992. Nematode Parasites of Vertebrates. Their Development and Transmission. Department of Zoology University of Guelph. Ontario, Canada. pp: 545-550.
- Batt BDJ. 1992. Introduction, the waterfowl. *In*: Batt BDJ, Afton D, Anderson MG, Ankney CD, Johnson DH, Kadlec JA, Krapu GL. (Eds). Ecology and management of breeding waterfowl. University of Minnesota Press, Minneapolis. pp. 13-20.
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitol.* 83: 575-583.
- Farias JD, Canaris AG. 1986. Gastrointestinal helminths of the Mexican duck, *Anas platyrhynchos diazi* Ridgway, from north central Mexico and southwestern United States. *J. Wildl. Dis.*, 22: 51-54.
- Farjana T, Islam KR, Mondal MMH. 2008. Population density of helminths in ducks: effects of host's age, sex, breed and season. *Bangl. J. Vet. Med.* 6: 45-51.
- Ferrán AM. 2002. Curso de SPSS para Windows. Ed. McGraw-Hill, España, pp. 401.
- Fried M, Franson JC. 1999. Field manual of wildlife diseases: General field procedures and diseases of birds. US Geological Service, Biological Resources Division, Washington, D.C., pp. 424.
- Gladden BW, Canaris AG. 2009. Helminth parasites of the bufflehead duck, *Bucephala albeola*, wintering in the chihuahua desert with a checklist of helminth parasites reported from this host. *J. Parasitol.*, 95: 129-136.
- Gray CA, Gray PN, Pence DB. 1989. Influence of social status on the helminth community of late-winter mallards. *Can. J. Parasitol.*, 67: 937-944.

- Guillén G, Morales E. 2003. Primeros registros de helmintos parásitos en *Fulica ardesiaca* (Aves: Rallidae) para el Perú: Pantános de Villa-Lima. Rev. Perú Biol., 10: 203-208.
- Hoeve J, Scott ME. 1988. Ecological studies on *Cyathocotyle bushiensis* (Digenea) and *Sphaeridiotrema globulus* (Digenea), possible pathogens of dabbling ducks in Southern Quebec. J. Wildl. Dis., 24: 407-21.
- Holmes JC. 1996. Parasites as threats to biodiversity in shrinking ecosystems. Biodiv. Conserv., 5: 975-983.
- Hubálek Z. 2004. Ann annotated checklist of pathogenic microorganisms associated with migratory birds. J. Wildl. Dis., 40: 639-659.
- Hung NH. 2002. Study on tapeworms (class: Cestode) in duck in the Chau Thanh and O Mon districts of Cantho Province. 2002. Res. Topics Liv. Prod., 12: 220-225.
- Johsgard PA. 1961. Evolutionary relationship among the North American mallards. Auk, 78: 3-43.
- Kalla PI, Dimmick RW, Patton S. 1997. Helminths in Ruffed Grouse at the host's southeastern range boundary. J. Wildl Dis., 33: 503-510.
- Leopold AS. 1983. Fauna silvestre de México. 2da. ed. Pax-México. A.C., México, pp. 608.
- Mcdonald ME. 1981. Key to Trematodes reported in waterfowl. Resource publication 142, United States Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC., pp. 156.
- Muniz-Pereira LC, Amato SB. 1998. *Fimbriaria fasciolaris* and *Cloacotaenia megalops* (Eucestoda, Hymenolepididae), Cestodes from Brazilian Waterfowl. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 93: 767-772.
- Muñoz G, Valdebenito V, George-Nascimento M. 2002. La dieta y la fauna de parásitos metazoos del torito *Bovichthys chilensis* Regan 1914 (*Pisces: Bovichthyidae*) en la costa de Chile centro-sur: variaciones geográficas y ontogénicas. Rev. Chil. Hist. Nat. Santiago, 75: 661-671.

- Nowicki A, Roby DD, Wolf A. 1995. Gizzard nematodes of Canada Geese wintering in Southern Illinois. *J. Wildl. Dis.*, 31: 307-313.
- Olsen WO. 1974. *Animal parasites. Their life cycles and ecology.* University Park Press. Baltimore Maryland, pp. 562.
- Pérez AA, Gaston KJ, Kershaw WM. 2002. Populations trends and priority conservation sites for Mexican duck *Anas diazi*. *Bird Cons. Int.*, 12:35-52.
- Rzedowski J. 1981. *Vegetación de México.* Limusa. México 432 p.
- Santiago BC, Weis JS. 2008. Increased abundance of snails and trematode parasites of *Fundulus heteroclitus* (L.) in restored New Jersey wetlands. *Wetlands. Ecol. Manage.*, 16: 173-182.
- Schurmans JH. 1951. Nematodes parásitos de anfibios, pájaros y mamíferos de la República Argentina. *Act. Zool. Lilloana*, 32: 315-400.
- Shaw MG, Kocan AA. 1980. Helminth fauna of waterfowl in central Oklahoma. *J. Wildl. Dis.*, 16: 59-62.
- Smith KF, Sax DE, Lafferty KD. 2006. Evidence for the role of infectious disease in species extinction and endangerment. *Conserv. Biol.*, 20: 1349-1357.
- Spalding MG, Bancroft GT, Forrester DJ. 1993. The epizootiology of eustrongylidosis in wading birds (Ciconiiformes) in Florida. *J. Wild. Diseas.* 29: 237-249.
- Tantaleán M, Sarmiento L, Huiza A. 1992. Digeneos (Trematoda) del Perú. *Boletín de Lima*, 80: 47-84.
- Villatoro FP, Sáenz JC. 2005. La fragmentación del hábitat impactos sobre la dinámica huésped-parásito de la avifauna en paisajes agropecuarios de Esparza Costa Rica. *Bol. Asoc. Ornitol. de Costa Rica Rev. Ornitol. Costa Rica*, 9: 3-5.
- Williams S. 1980. *The Mexican duck in Mexico: natural history, distribution, and population status.* Thesis (PhD), Colorado State University.

Wobser AG. 2007. Disease in wild animals. Investigation and management. Springer. New York, pp.400.

Yorke W, Maplestone PA. 1926. The nematode parasites of vertebrates. J. and A. Churchill (eds), London, pp. 541.

Yousuf MA, Das Anisuzzaman PM, Banowary B. 2009. Gastro-intestinal helminths of ducks: Some Epidemiologic and pathologic aspects. J. Bangl. Agril. Univ., 7: 91-97.

CONCLUSIONES

Los análisis genéticos realizados muestran evidencia de dos haplotipos divergentes presentes en las poblaciones de pato triguero del Altiplano Zacatecano; arreglos genéticos similares a los ya descritos en estudios anteriores para la misma especie (*A. diazi*) y especies afines (*A. fulvigula* y *A. rubripes*).

La varianza genética observada entre las poblaciones analizadas, sugiere el desarrollo de òcuellos de botellaö entre estas; probablemente como consecuencia de factores ambientales que ocurren en la región, lo que limita la dispersión de individuos y la conexión entre poblaciones; este proceso se refuerza por la dinámica de poblaciones pequeñas la cual, es una característica de la biología del pato triguero; y una causa de su estatus como especie amenazada.

La falta de una estructura filogenética en las poblaciones analizadas, indica la presencia de flujo genético entre las mismas; la distribución de los haplotipos identificados en la región y la presencia de haplotipos únicos para cada zona de estudio, sugieren la inferencia de comportamientos de dispersión de los individuos característicos de las especies de patos de superficie (filopatría) en su estructura genética poblacional.

La expansión poblacional del pato triguero ocurrió hace 89, 000 millones de años, periodo en el cual se conformaron los grupos divergentes de haplotipos A y B observados en el presente estudio.

El hábitat del pato triguero en el Altiplano Zacatecano presenta una composición a base de gramíneas y arbustivas con características similares a lo establecido en estudios anteriores para la especie, y en donde se establece además la importancia de una cobertura vegetal acuática para la sobrevivencia de sus poblaciones.

Se observó la presencia de un mayor número de patos triguero en los embalses identificados físicamente como bordos, que aquellos clasificados como presas; esta selección de embalses ha sido descrita en los antecedentes bibliográficos como parte de la biología de la especie; en los que se sugiere esta preferencia debido a su conformación y diversidad vegetal y menor impacto ambiental por el ganado.

La presencia de cubierta vegetal acuática es un factor positivo importante para la presencia de pato triguero en los embalses del Altiplano Zacatecano; lo anterior probablemente debido a que produce una mayor presencia de invertebrados que conforman parte de la dieta alimenticia de la especie.

Los helmintos identificados en el pato triguero del Altiplano Zacatecano son parásitos comunes para varias especies de patos de superficie; la similitud entre estas parasitosis observadas y las descritas en otras partes de México y EE UU sustentan la hipótesis de una estrecha relación entre la distribución de los helmintos y la posibilidad de su transmisión durante el proceso de migración, ya que el área del Altiplano Zacatecano forma parte de los hábitats invernales de varias aves acuáticas dentro de la ruta migratoria central en el territorio mexicano.

Las prácticas ineficientes del manejo y aprovechamiento no sustentable de los humedales potencializan la transmisión de los parásitos en los hábitats de las aves acuáticas; las actividades antropogénicas han modificado los humedales del Altiplano a

tal grado que pueden provocar un incremento en la intensidad y desarrollo de las parasitosis en el pato triguero y otras especies acuáticas. La presencia de estas especies de helmintos es la evidencia del desarrollo de sus ciclos biológicos en el área, lo cual es un factor de riesgo para las poblaciones de pato triguero en los humedales de la región.

APÉNDICE A

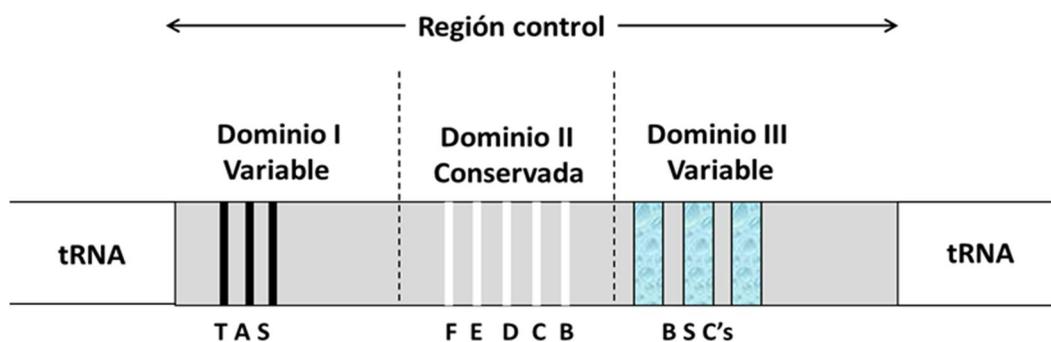


Figura 1. Estructura general de la región control mitocondrial en vertebrados. Las flechas indican la localización del origen de la replicación de la hebra H y el promotor para la transcripción de las hebras L y H, Terminación asociada a la secuencia (TAS), cajas de secuencias conservadas en el dominio central (F hasta B) y bloques de secuencias conservadas (BSC \emptyset) (Ruokonen y Kvist, 2002).

APÉNDICE B



Bordo Matanuzka



Bordo El Manantial



Bordo El Maguey

Figura 3. Vegetación adyacente en los embalses clasificados como bordos en el Altiplano Zacatecano.



Presa Bañuelos



Presa La Zacatecana



Presa Chilitas

Figura 4. Vegetación adyacente en los embalses clasificados como presas en el Altiplano Zacatecano.



Aguaje Las Mangas

Figura 5. Vegetación adyacente en el embalse clasificado como aguaje en el Altiplano Zacatecano.

APÉNDICE C

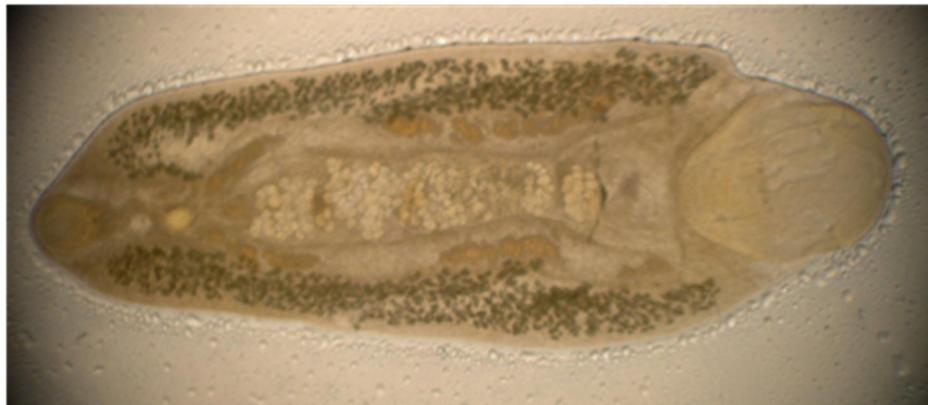


Figura 6. Helminto (trematodo) de la especie *Zygocotyle lunata* localizado en el intestino grueso de pato triguero en la zona de estudio.



Figura 7. Helmintos (cestodo) de la especie *Hymenolepis megalops* localizados en la cloaca de pato triguero en la zona de estudio.



Figura 8. Helmintos (trematodo) de la especie *Echinostoma revolutum* localizado en la cloaca de pato triguero en la zona de estudio.



Figura 9. Helmintos (acantocephala) de la especie *Corynosoma* sp localizado en intestino grueso de pato triguero en la zona de estudio.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Marisa Mercado Reyes

Candidata para el Grado de

Doctora en Ciencias con Acentuación en Manejo de Vida Silvestre y Desarrollo
Sustentable

Tesis: ECOLOGÍA Y GENÉTICA DE LA CONSERVACIÓN DEL PATO TRIGUERO
Anas platyrhynchos diazi EN EL ALTIPLANO ZACATECANO

Campo de estudio: Ecología y Genética de la Conservación

Datos personales: Nacida en Zacatecas, Zac., el 5 de Octubre del 1969, hija de Germán Mercado Ovalle y Micaela Reyes Gutiérrez.

Educación: Médico Veterinario Zootecnista egresada de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas, grado obtenido el diciembre de 1993.

Maestra en Producción Animal en Zonas Áridas egresada de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas, grado obtenido el junio de 2002.

Experiencia profesional: Docente Investigador de Tiempo Completo de la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas desde Octubre de 1994.