



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Determinación de Áreas Importantes para la
Conservación de las Aves en el Valle de Zapotitlán
Salinas, Puebla: Un enfoque Bioclimático.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

Laura Domínguez Canseco

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARIA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA

MÉXICO, D.F.

MARZO, 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis hijas: Elisa y Paula

A la memoria de quien compartió sueños, amor y vida: Roberto

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, en particular al Posgrado en Ciencias Biológicas por ser la institución a la que le debo mi formación profesional.

A los integrantes de mi comité tutorial, Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga, Dr. Oswaldo Téllez Valdés y Dr. Alfonso Valiente Banuet quienes me guiaron para concluir este trabajo, mi más sincero agradecimiento.

A Adolfo por su honestidad y a César por su comprensión.

Esta tesis es el producto del trabajo de muchas personas cuyo amor a las aves y la meticulosa dirección de la Dra. María del Coro Arizmendi durante décadas generaron la información que aquí se analiza.

A mi familia, por soportar mis ausencias, a mi madre por su apoyo; a Roberto☩ por su comprensión, por compartir este sueño llamado biología y esta aventura llamada vida; gracias.

A mis amigos de hoy y de siempre.

Toda mi gratitud y respeto a quien sembró en mí el interés por la ornitología y todo lo que esta área de estudio implica, a quien significa para mí una guía y ejemplo a seguir en lo profesional y en lo personal. Gracias Coro.

ÍNDICE

CONTENIDO	PAG.
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Objetivos.....	4
Área de Estudio	5
Metodología.....	11
Resultados	16
Discusión y Conclusiones.....	27
Literatura Citada	29
Anexo.....	34

RESUMEN

El manejo adecuado de las Áreas Naturales Protegidas, depende entre otras cosas de la identificación de zonas con alta riqueza específica y de la distribución de especies endémicas o protegidas. La cuenca baja del Valle de Zapotitlán Salinas presenta un mosaico de ambientes tal, que permite la presencia de una gran diversidad de aves, algunas de ellas reúnen ambas condiciones y protección. A través de un modelo bioclimático, determinamos áreas importantes para su conservación a partir de la identificación de "hot spots". Utilizamos registros obtenidos durante 1988-2000 de las 131 especies de aves que viven en la zona de estudio, definimos 10 localidades y determinamos para cada una la longitud, latitud y altitud. Generamos el perfil bioclimático de cada especie y obtuvimos siete grupos cuya distribución varía de mayor temperatura y menor humedad a menor temperatura y mayor humedad, esto coincide con el hecho de que en el Valle imperan dos condiciones climáticas bien diferenciadas, una más húmeda y menos caliente, y otra más caliente y seca. Cada grupo presenta especies cuyos gremios difieren al igual que su temporalidad, encontrándose elementos de zonas áridas y elementos ocasionales, solo cuatro grupos presentaron especies endémicas. El modelo bioclimático resaltó la importancia de las condiciones climáticas, la diversidad específica y los endemismos.

ABSTRACT

Sound management of Natural Protected Areas relies on the identification of high-specific richness areas and on the distribution of endemic and protected species. Due to the presence of an environmental mosaic in the low basin of the Zapotitlán de las Salinas Valley a great diversity of avian species can be found, some of which are both endemic and protected. Using a bioclimatic model, we defined important conservation areas from "hot spots". We used records from 1988 to 2000 for the 131 species found in the study area. For 10 selected localities we obtained longitude, latitude and altitude and we produced a bioclimatic profile for each species. We found seven groups whose distribution changed from higher temperature and lower humidity to lower temperature and higher humidity. This pattern corresponds with two clear-cut conditions in the Valley, a cold-humid one and a hot-dry one. Each group presented species of different guilds and seasonality, and arid zone species and eventual ones and only four groups presented endemic species. The bioclimatical model remarked the importance of the climatic conditions, the specific diversity and the endemism.

INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas en nuestro país ocupan más del 60% del territorio y están representadas por los desiertos Sonorense, y Chihuahuense y las zonas áridas de Querétaro, Hidalgo y Puebla (Rzedowski, 1968; Challenger, 1998). Estos ambientes representan un reto para la supervivencia de los seres vivos que en ellos habitan dados los factores climáticos, geomorfológicos e hidrológicos que los caracterizan (Evenari, 1985). La flora y fauna que allí se encuentra desarrolla hábitos y selecciona hábitats que les permiten enfrentarse a las temperaturas extremas y a la escasez de agua (Evenari, 1985). En estos ambientes la diversidad se define por la incidencia de la temporada de lluvias o por la disponibilidad de agua, de tal manera que localmente se presentará una mayor riqueza de especies en las depresiones y corredores que reciban agua de zonas adyacentes (Noy-Meir, 1985). Se ha observado que la riqueza de especies se correlaciona con la estructura y diversidad de la vegetación y la incidencia de la lluvia (Noy-Meir, 1985; Challenger, 1998). Para las aves en particular, las interacciones bióticas actúan como filtros que seleccionan las especies más aptas para sobrevivir en los ambientes desérticos modificando en consecuencia la composición y estructura de las comunidades en estos ecosistemas (Wiens, 1991).

Serventy (1971) menciona que la avifauna que se encuentra en ambientes desérticos se deriva de avifaunas vecinas, lo que explica el hecho de que el número de especies “típicas” (especiación y endemismos) de estas zonas sea reducido, a lo cual se suman los eventos climáticos ocurridos durante el Pleistoceno en el que muchas zonas áridas, particularmente en América del Norte quedaron aisladas y con una superficie relativamente reducida.

Las variaciones espaciales y temporales en los desiertos son una influencia determinante en la dinámica de las comunidades que en ellos habitan, generando parches con productividad bien diferenciada; siendo la avifauna capaz de “seguir” estos parches trazando patrones de distribución definidos (Wiens, 1991).

Una zona que ejemplifica la diversidad y complejidad de los desiertos mexicanos es la región semiárida de Tehuacán-Cuicatlán. Esta se encuentra ubicada entre los estados de Puebla y Oaxaca y presenta características bióticas y abióticas de alta complejidad haciéndola la más diversa de Norteamérica (Osorio-Beristain *et al*, 1996; Valiente-Banuet *et al*, 2000; Casas *et al*, 2000; De la Maza-Elvira, 2001; Dávila *et al*, 2002). Arizmendi y Dávila (2001) sugieren que la diversidad biológica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán no está determinada únicamente por las condiciones de aridez, y dada la ubicación de este desierto “tropical” se presentan características tales como una alta predecibilidad de las lluvias y la estabilidad térmica que favorecen la complejidad estructural y diversidad vegetal presentes. Además, por su posición latitudinal esta zona colinda con regiones más húmedas, representando un corredor altitudinal estacional para la fauna voladora.

En un estudio realizado por Arizmendi y Espinoza de los Monteros (1996), indican que el Valle de Tehuacán incluye más especies de aves (90 especies) que los desiertos Sonorense y Chihuahuense. Del total de especies 48 son residentes, 42 son migratorias (latitudinales, altitudinales y transitorias) y 11 especies son endémicas siendo la mayoría habitantes de la cuenca del Balsas. En cuanto al gremio alimentario, predominan los insectívoros seguidos por los frugívoros-granívoros. Destaca el hecho de que la avifauna del valle está compuesta por elementos característicos de los desiertos de Norte América y por elementos de sistemas húmedos y tropicales como la selva baja caducifolia (Arizmendi y Espinoza de los Monteros, 1996).

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán, fue decretado en febrero de 1998 como Reserva de la Biosfera por el gobierno mexicano y la UNESCO (Dávila *et al*, 2002), y en el 2000 se considera como Área de Importancia para la Conservación de las Aves de México bajo la categoría **G-2** que indica es un sitio que mantiene poblaciones significativas de un grupo de especies de distribución restringida o endémica (menor a 50 000 km²) (Arizmendi & Márquez-Valdelamar, 2000).

En este estudio se presenta un análisis acerca de la distribución de la avifauna del Valle de Zapotitlán Salinas, la cual es una cuenca interior del Valle de Tehuacán-

Cuicatlán que se caracteriza por ser un mosaico de comunidades vegetales con una alta diversidad vegetal. Con base en el programa BIOCLIM, se hace una propuesta para determinar los sitios con mayor riqueza específica (*hot spots*) para la conservación de las aves sin perder de vista a la comunidad como unidad de conservación. Este se basa en el análisis matemático del cambio de variables climáticas a lo largo y ancho de una región determinada, estimando parámetros derivados de dichas variables al considerar puntos específicos dentro de la región. Este programa permite generar la distribución potencial de taxa derivados de la superficie climática de la región bajo estudio (Houlder *et al*, 2001).

Según lo anterior podemos suponer que las aves que se localizan en el Valle de Zapotitlán Salinas no presentan una distribución homogénea, por lo tanto, existen sitios en los que la diversidad y endemismos son sobresalientes. Si observamos los patrones que indican una relación positiva de la diversidad con la cantidad de humedad presente a lo largo del año cabe esperar que las zonas más húmedas y menos calientes del Valle sean las que tengan mayor diversidad y endemismos de aves. Para esto, se propone determinar áreas de importancia para la conservación de las aves mediante el análisis de sus patrones de distribución, y de la determinación de los patrones bioclimáticos prevalentes en la zona de estudio.

OBJETIVOS

1. Utilizando medidas de presencia y abundancia estacional de las aves del Valle de Zapotitlán Salinas asociados a datos climáticos (temperatura y precipitación) y topográficos, utilizando un modelo bioclimático (BIOCLIM), generar mapas de distribución potencial para cada especie de ave registrada.
2. Sobreponiendo los mapas de distribución potencial de las especies, determinar las áreas con mayor riqueza específica, representando los sitios importantes para la conservación de la diversidad avifaunística.
3. Utilizando la misma metodología anterior pero considerando solo a las especies endémicas y bajo alguna categoría de protección, determinar los sitios importantes para la conservación de dichas especies.

ÁREA DE ESTUDIO

El Valle de Zapotitlán Salinas se localiza al suroeste de la ciudad de Tehuacán, enclavado en la porción suroccidental del Valle de Tehuacán (Díaz, 1991), formando parte de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán–Cuicatlán. Está limitado por las Sierras de Atzingo y Miahuatepec al oriente, los cerros Chacateca y Pajarito al norte, los cerros Gordo y Otate al poniente y con los cerros Yistepec y Acatepec al sur (Osorio-Beristain, 1996). Tiene una superficie aproximada de 269 Km² y se ubica entre los 18°24' y 18°12' latitud norte y entre los 97°24' y 97°36' longitud oeste (García, 2001) (Figura 1).

Clima

El Valle de Tehuacán junto con el Valle de Cuicatlán, constituyen las dos unidades fisiográficas de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Rzedowski, 1978). A esta provincia se le denominó región árida poblana (Miranda, 1955 en Díaz, 1991), y dada su colindancia con diferentes cadenas montañosas, se encuentra relativamente aislada de la faja continua de las zonas áridas presentes en el Altiplano Mexicano (Díaz, 1991). El Valle de Zapotitlán es considerado como

una región semiárida, debido principalmente a que la Sierra Madre Oriental, y específicamente la Sierra de Zongolica constituyen una barrera para los vientos húmedos del Golfo de México, formando así una sombra de lluvia para el Valle (Díaz, 1991).

El clima general corresponde al tipo BS₀hw(e)g w”, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973); que se caracteriza por ser seco con lluvias en verano, con dos máximos de lluvia (junio y septiembre) separados por dos estaciones secas (canícula bien definida a mitad del periodo de lluvias; Valiente, 1991; Díaz, 1991). La temperatura media anual oscila entre los 18 y 22.7°C y la precipitación anual oscila entre los 375 y 450 mm (Valiente, 1991) (Figura 2).

Fisiografía, Geología y Suelos

Fisiográficamente el Valle de Zapotitlán pertenece a la Sierra Madre del Sur, a la Provincia de las Sierras Centrales de Oaxaca (Alta Mixteca) y al Sistema ecogeográfico Zapotitlán (Barrera, 2001; García, 2001). Entre las principales geoformas que caracterizan al área están los depósitos aluviales, laderas, zonas planas, cerros, barrancas, cuevas y serranías con suelos derivados de lutitas, areniscas y calizas (Barrera, 2001; García, 2001). Algunas elevaciones propias de la Sierra de Zapotitlán son: la de Atzingo y Miahuatepec al este, los Cerros Pajarito y Chacateca al norte, el Cerro Corral de piedra al sur y el Cerro de la Mesa al norte (Zavala, 1982).

El valle adquirió la mayor parte de sus rasgos estructurales debido a diversos procesos tectónicos, destacándose dos plegamientos importantes; ocurridos, el primero a fines del Paleozoico y el segundo a finales del Cretácico, este último le da la configuración actual al Valle (García, 2001).

La geología del Valle está dominada por asociaciones de rocas sedimentarias como: calizas, lutitas, conglomerados y areniscas (Barrera, 2001; García 2001). El complejo basal de la zona, está formado por rocas metamórficas constituidas principalmente por esquistos de clorita y sericita, así como por rocas ígneas intrusivas que afloran en lomeríos redondos. Están representados en el área el

periodo Jurásico y Cretácico; el primero formado por rocas continentales (Formación Matzitzi) y el segundo con mayor extensión constituido por rocas marinas que descansan discordantemente sobre las rocas del Jurásico y las metamórficas del Complejo Basal (Zavala, 1982).

También se encuentran rocas del Cretácico inferior y medio, en laderas y cimas de cerros, mientras que en las partes bajas se presentan depósitos de materiales no consolidados del Cuaternario tardío (Oliveros-Galindo, 2000).

Los suelos del valle de Zapotitlán son someros en laderas y profundos en las partes bajas del Valle (Rzedowski, 1978; García, 2001), pedregosos y halomórficos, derivados principalmente de evaporitas cálcicas, donde suelen ser muy abundantes las sales, como los carbonatos y el sodio (Díaz, 1991). Los tipos de suelo registrados para la zona (según FAO-UNESCO, 1980) son litosoles, rendzinas, vertisoles, xerosoles, regosoles y fluvisoles cálcicos, derivados principalmente de rocas sedimentarias calizas y evaporitas del Cretácico Inferior y Medio, comprendiendo las formaciones Zapotitlán, Miahuatepec, San Juan Raya y Cipiapa (Díaz, 1991).

Hidrología

El Valle pertenece a la Cuenca Alta del Papaloapan en su mayor parte (Miranda, 1948; Oliveros-Galindo, 2000; García, 2001) y solo en el extremo suroeste a la Cuenca del Balsas (Miranda, 1947; Oliveros-Galindo, 2000; García, 2001). Se encuentra irrigado por el Río Zapotitlán, que junto con el Río Tehuacán forman el Río El Salado, uno de los principales afluentes del Papaloapan (Ramírez, 1996; Oliveros-Galindo, 2000). La Cuenca del Río Zapotitlán está conformada por dos valles, el valle de Santa Ana (cuenca alta) y el valle de Zapotitlán Salinas (cuenca baja) que colinda al noroeste con el primero (Barrera, 2001). En la región suroeste de Zapotitlán se presentan varios arroyos, de los cuales destacan el Acatepec y las Manzanas (Oliveros-Galindo, 2000). Neri (2000 en García, 2001), indica que la subcuenca baja del valle de Zapotitlán Salinas está dividida en 12 microcuencas y que se encuentra en la madurez de su evolución.

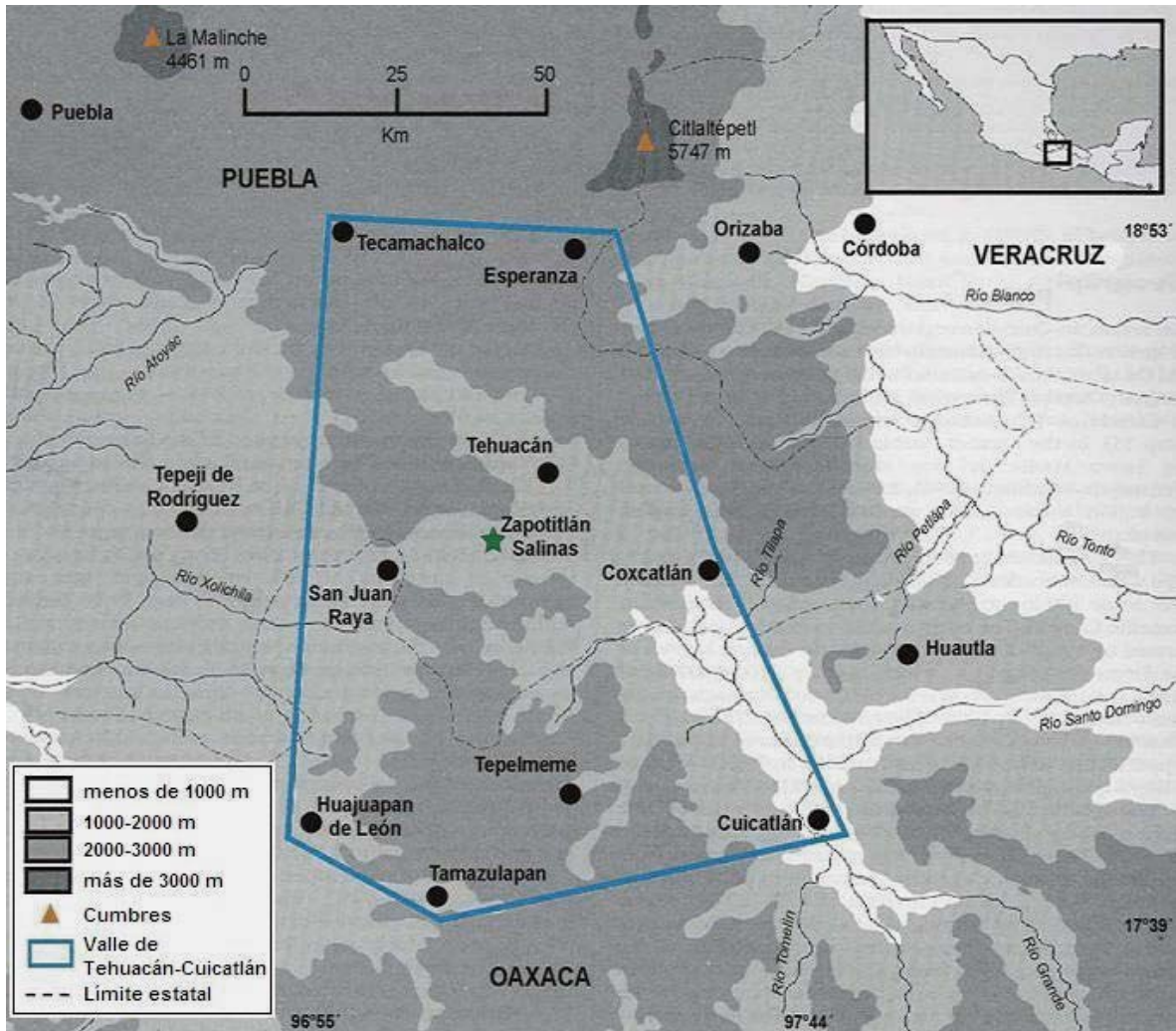


Figura 1. Localización del Valle de Zapotitlán Salinas.

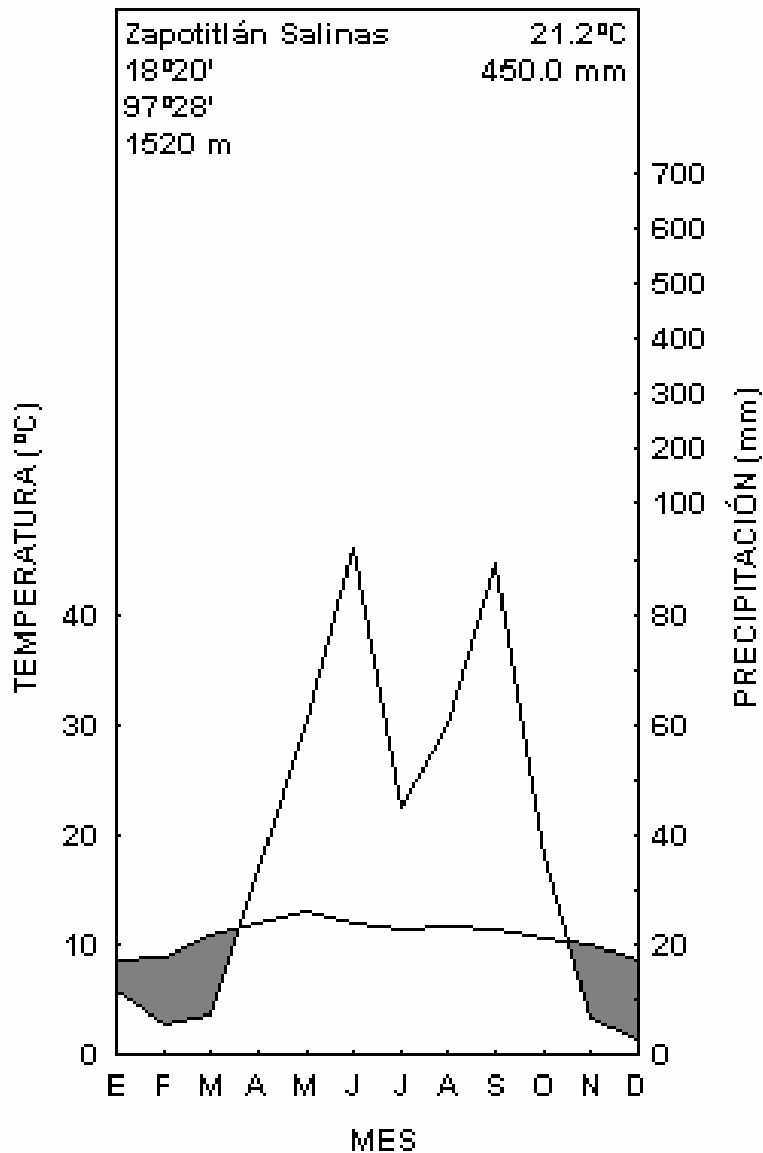


Figura 2. Diagrama ombrotérmico del Valle de Zapotitlán Salinas.

Vegetación y Fauna

La vegetación del Valle es considerada como Matorral Xerófilo (Rzedowski, 1978) dada la presencia de elementos de porte arbustivo presentes en las zonas áridas y semiáridas de México. La vegetación del Valle de Zapotitlán se puede dividir en cuatro unidades fisonómicas, considerando el aspecto dado por las especies más conspicuas (Zavala, 1982): *i) Matorral espinoso*. Ocupa más del 50% del Valle,

distribuyéndose en las partes bajas y de poca pendiente. Los elementos que se observan son leguminosas, agaves, cactus y árboles de talla pequeña. *ii) Tetechera*: Ocupa aproximadamente el 25% de la superficie del Valle, encontrándose en terrenos accidentados con pendientes medias de 9° y superficies pedregosas. Los elementos que abundan en esta categoría son los pertenecientes a la especie *Neobuxbaumia tetetzo* (tetecho). *iii) Cardonal*: Ocupa una extensión menor al 15%, situándose en terrenos similares a las tetecheras pero de pendiente más pronunciada. El elemento más sobresaliente es la especie *Cephalocereus columna-trajani* (cardón blanco). *iv) Izotal*: Ocupa una porción menor al 3%. Las especies características son la *Beaucarnea gracilis* (sotolín), *Corton ciliato-glanduliferus* (San Nicolás), *Agave kerchovei* y *Myrtillocactus geometrizans*. Además se pueden identificar la *v) Selva baja Perennifolia* con espinas laterales (Mezquital), *vi) Matorral espinoso* con espinas laterales y Candelilla de *Euphorbia antisyphilitica* (Oliveros-Galindo, 2000).

En la parte alta de las montañas se encuentra el matorral esclerófilo perennifolio denominado *mexical*, el cual se considera está constituida por arbustos perennifolios con hojas esclerófilas que no suelen sobrepasar los 2 metros de altura y se localiza entre los 1900 y 2400 m de altitud (Valiente-Banuet *et al*, 2000).

En cuanto a la riqueza faunística se registra la presencia de diversos grupos de insectos, como chinches, hormigas, termitas y abejas (Arizmendi y Dávila, 2001; Dávila *et al*, 2002). Sobre los vertebrados del Valle de Zapotitlán Salinas, se reportan 7 especies de anfibios y 33 especies de reptiles (Lemos *et al*, 2005; Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayen, 2006). En relación a la avifauna se registra la presencia de 91 especies (Arizmendi y Espinoza de los Monteros, 1996), para los mamíferos terrestres se reportan 38 especies, y se registran 34 especies de murciélagos cifra equiparable a la reportada para las selvas bajas caducifolias (37 especies) (Arizmendi y Dávila, 2001; Dávila *et al*, 2002).

METODOLOGÍA

Los registros utilizados en este trabajo fueron obtenidos durante los años 1988-2000. Para ello se emplearon censos de transecto de longitud y amplitud fija según la técnica propuesta por Emlen (1971, 1977), censos de parcelas circulares de radio fijo según la técnica propuesta por Hutto (1986) y captura con redes de niebla.

En cada una de las localidades se realizaron los tres métodos de registro. Los censos se realizaron utilizando un transecto de 2000 m de largo y 50 m de ancho que disecta los bosques de cactáceas durante los años 1989-1990, realizando un censo por mes. Las parcelas circulares se aplicaron en la zona de mezquiales y de selva baja caducifolia entre 1997 y 2000. Se realizaron un total de 40 puntos de conteo de 50 m de diámetro que se censaron de manera bimensual durante un año. La captura de individuos se realizó utilizando 6 redes ornitológicas de 12 m de largo por 3 m de alto que se colocaron entre la vegetación durante cada mes en que se hicieron los censos.

La identificación de las especies así como algunos datos de su distribución, hábitat y nomenclatura, están basados en los trabajos de Arizmendi y Valiente-Banuet (2006), Peterson y Chalif (1989), Howell and Webb (1995) y el Check-List de la American Ornithologists' Union (AOU, 1998).

En cuanto al *estatus* se siguieron las siguientes categorías: **Residente (R)**: especie que puede ser observada durante todo el año; **Migratoria (M)**: especie que puede ser observada una determinada época del año a lo largo de varios meses. Se identifica bajo el término de **Endémica** a la especie cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito a México y **Cuasiendémica** a la especie cuya distribución se traslapa un poco dentro de países vecinos.

Para determinar el gremio alimentario se siguió lo propuesto por Arizmendi y Espinoza de los Monteros (1996): **Carnívoro (C)**, especie que se alimenta de vertebrados a los que captura vivos; **Carroñero (Cc)**, especie que se alimenta de vertebrados muertos; **Insectívoro (I)**, especie que se alimenta de insectos;

Invertebrados (In), especie que se alimenta de invertebrados; **Granívoro (G)**, especie que se alimenta de semillas; **Frugívoro (F)**, especie que se alimenta de frutos; **Nectarívoro (N)**, especie que se alimenta de néctar y **Omnívoro (O)**, especie que consume distintos recursos de los arriba citados.

En cuanto a las categorías de riesgo y endemismo, se manejan los criterios incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2001: En **peligro de extinción (P)**, **Amenazada (A)**, **Sujeta a protección especial (Pr)**, **Probablemente extinta en el medio silvestre (E)**; en la lista roja de especies amenazadas del mundo de la IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources): **Extinta (EX)**, **Extinta en la naturaleza (EW)**, **En peligro crítico (CR)**, **En peligro (EN)**, **Vulnerable (VU)**, **Amenazada (NT)**, **Preocupación menor (LC)**, **Datos insuficientes (DD)**, **No evaluada (NE)**, así como las categorías I, II y III de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

Análisis de datos

El programa BIOCLIM forma parte de un paquete de cuatro programas¹ (ANUCLIM 5.1; Houlder *et al*, 2001) que describen matemáticamente el cambio de variables climáticas a lo largo y ancho de una región determinada, estimando parámetros derivados de dichas variables al considerar puntos específicos dentro de la región. Este programa genera parámetros bioclimáticos (alrededor de 35) derivados de la superficie climática², los cuales permiten determinar la distribución potencial de las especies a estudiar (Houlder *et al*, 2001).

El conjunto de parámetros de los diferentes puntos de registro generan un perfil para cada una de las especies estudiadas. Este perfil incluye un rango de valores porcentuales que van del máximo al mínimo (Cuadro 2). La combinación de los parámetros dentro de cada rango (por arriba o debajo del 50%) es la que determinará la amplitud climática de cada especie (distribución potencial).

¹ ESOCLIM, BIOCLIM, BIOMAP, GROCLIM.

² La **superficie climática** se genera con el programa ANUSPLIN (Hutchinson, 1999) a partir de promedios mensuales de variables climáticas de puntos localizados dentro de la región a estudiar. Estos puntos se especifican con los valores de latitud, longitud y altitud.

Los archivos generados por el programa BIOCLIM se procesan en otro programa del paquete llamado BIOMAP el cual compara el perfil bioclimático de los puntos, sobre una cuadrícula a escala determinada, generando la distribución espacial potencial de una especie o un ensamble de especies. Para lo anterior emplea dos archivos generados por el programa BIOCLIM: uno determina el perfil estadístico de los parámetros bioclimáticos calculados, el segundo genera una lista de los parámetros climáticos calculados para cada punto del área estudiada.

Por lo anterior, se definieron 10 localidades o puntos derivadas de los diferentes métodos de registro y se determinó para cada uno en mapas a escala 1:250000, la longitud, la latitud y altitud (Figura 3); con estas variables se generó una base de datos que se utilizó para determinar el perfil bioclimático de cada especie (Cuadro 1).

La presencia de las especies en las 10 localidades muestreadas generó 67 combinaciones diferentes. Cabe señalar que las especies para las cuales se tuvo un solo punto de registro fueron eliminadas, ya que para generar el perfil bioclimático se requiere un mínimo de dos puntos de referencia. Los datos de cada registro se procesaron en el programa BIOCLIM, el cual para este trabajo consideró 17 parámetros climáticos (Cuadro 2).

Cuadro 1. Coordenadas geográficas medidas en decimales de grado para cada punto muestreado en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla.

No. de Localidad	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
1	-97.4568138	18.329438	1495
2	-97.488975	18.31305	1491
3	-97.480094	18.3240083	1464
4	-97.454277	18.3252083	1427
5	-97.488111	18.2914694	1563
6	-97.446911	18.335022	1700
7	-97.455227	18.3242138	1425
8	-97.615827	18.288738	1822
9	-97.4631	18.324	1444
10	-97.4737972	18.3273916	1472

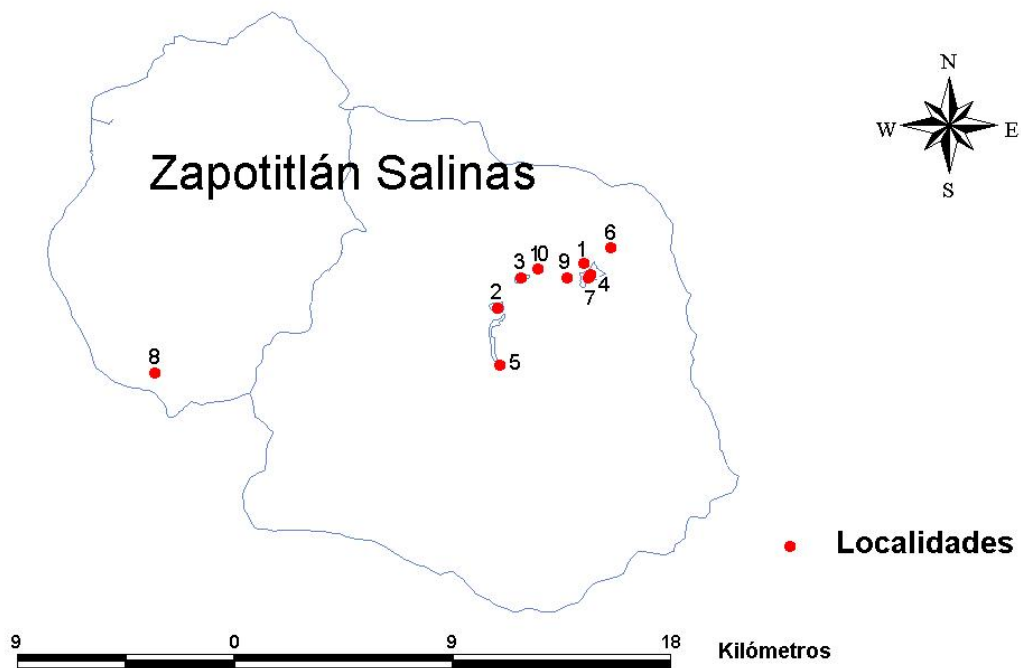


Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla.

Cuadro 2. Parámetros generados por el modelo para cada especie. Cada perfil bioclimático incluye Promedio (Prom), Desviación estándar (DS), valores máximo (MAX.) y mínimo (MIN.), y los valores porcentuales de la localización de la especie.

<i>Amazilia violiceps</i>		Prom	DS	MIN.	2.50%	5%	10%	25%	50%	75%	90%	95%	97.50%	MAX.
Parámetros climáticos														
Temperatura promedio anual (°C)		20.2	0.68	19	19.1	19.1	19.1	20.3	20.5	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
Intervalo promedio diario (Promedio(período max-min))		14.8	0.1	14.7	14.7	14.7	14.7	14.8	14.8	15	15	15	15	15
Isotermalidad 2/7		0.66	0	0.65	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Temperatura Estacional (C de V)		0.65	0.01	0.63	0.63	0.63	0.63	0.65	0.65	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Temperatura máxima del período más cálido		31.3	0.63	30.2	30.2	30.3	30.3	31.2	31.5	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8
Temperatura mínima del período más frío		8.7	0.61	7.6	7.6	7.7	7.7	8.7	9	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
Intervalo de la temperatura anual (5-5)		22.6	0.09	22.4	22.4	22.4	22.4	22.6	22.6	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7
Temperatura promedio del cuarto más húmedo		21.6	0.53	20.7	20.7	20.7	20.7	21.5	21.6	22	22	22	22	22
Temperatura promedio del cuarto más seco		17.8	0.73	16.5	16.5	16.6	16.6	17.8	18.1	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3
Temperatura promedio del cuarto más cálido		22.5	0.71	21.2	21.3	21.3	21.3	22.6	22.8	23	23	23	23	23
Temperatura promedio del cuarto más frío		17.5	0.61	16.5	16.5	16.5	16.5	17.4	17.8	18	18	18	18	18
Precipitación anual		466	29.2	441	441	442	443	446	463	515	515	515	515	515
Precipitación del período más húmedo		29	2.5	27	27	27	27	28	28	33	33	33	33	33
Precipitación Estacional (C de V)		100	1.52	98	98	98	98	100	101	102	102	102	102	102
Precipitación del cuarto más húmedo		235	17.7	221	221	222	222	224	232	263	265	265	265	265
Precipitación del cuarto más cálido		174	27	157	157	158	159	162	166	222	222	222	222	222
Precipitación del cuarto más frío		12	1.35	11	11	11	11	11	11	14	14	14	14	14

RESULTADOS

Se registró la presencia de 130 especies de aves en el Valle de Zapotitlán Salinas que se agrupan en 13 órdenes y 36 familias. De éstas, 18 especies se consideran endémicas o cuasiendémicas a México y 14 se encuentran bajo alguna categoría de protección en la NOM-059, IUCN ó CITES. 83 especies son residentes y 48 migratorias (Anexo 1). En cuanto al gremio alimenticio encontramos 9 especies carnívoras, 2 carroñeras, 72 insectívoras, 3 se alimentan de invertebrados, 23 granívoras, 4 frugívoras, 7 nectarívoras y 10 omnívoras (Anexo 1).

Para realizar el análisis bioclimático se consideraron 89 especies que representan el 67.9% del total de los registros y se agrupan en 12 (92.3%) órdenes y 29 (80.5%) familias. Con los datos obtenidos del perfil bioclimático de cada especie se realizó un análisis de conglomerados y se generó un fenograma de la distribución climática considerando las 67 combinaciones (Anexo 1). Los grupos resultantes se muestran en la Figura 4 y se componen de entre 7 y 31 especies de aves que comparten características bioclimáticas similares.

El programa BIOCLIM creó para cada especie un perfil bioclimático (distribución potencial) mismo que se utilizó para elaborar los mapas correspondientes a cada grupo, superponiendo la distribución potencial de cada una de ellas (Figura 5).

Cada mapa indica el rango de valores porcentuales considerado por el modelo para cada parámetro climático de las especies de cada grupo (Cuadro 2). De tal manera que el rango 0-100% representa la distribución más amplia y considera los valores máximos y mínimos de cada variable; y por lo tanto el rango 25-75% representa la distribución más restringida para las especies.

El análisis de Componentes principales resultante de los valores de los parámetros climáticos de cada especie, explica una varianza del 77.18% para los componentes 1 y 2 (Cuadro 4). El primer componente indica un gradiente climático que varía de la temperatura más caliente con menor humedad a la menos cálida con mayor humedad, mientras que el segundo componente considera o pondera la oscilación de la temperatura tanto en el día como anual. La grafica permite

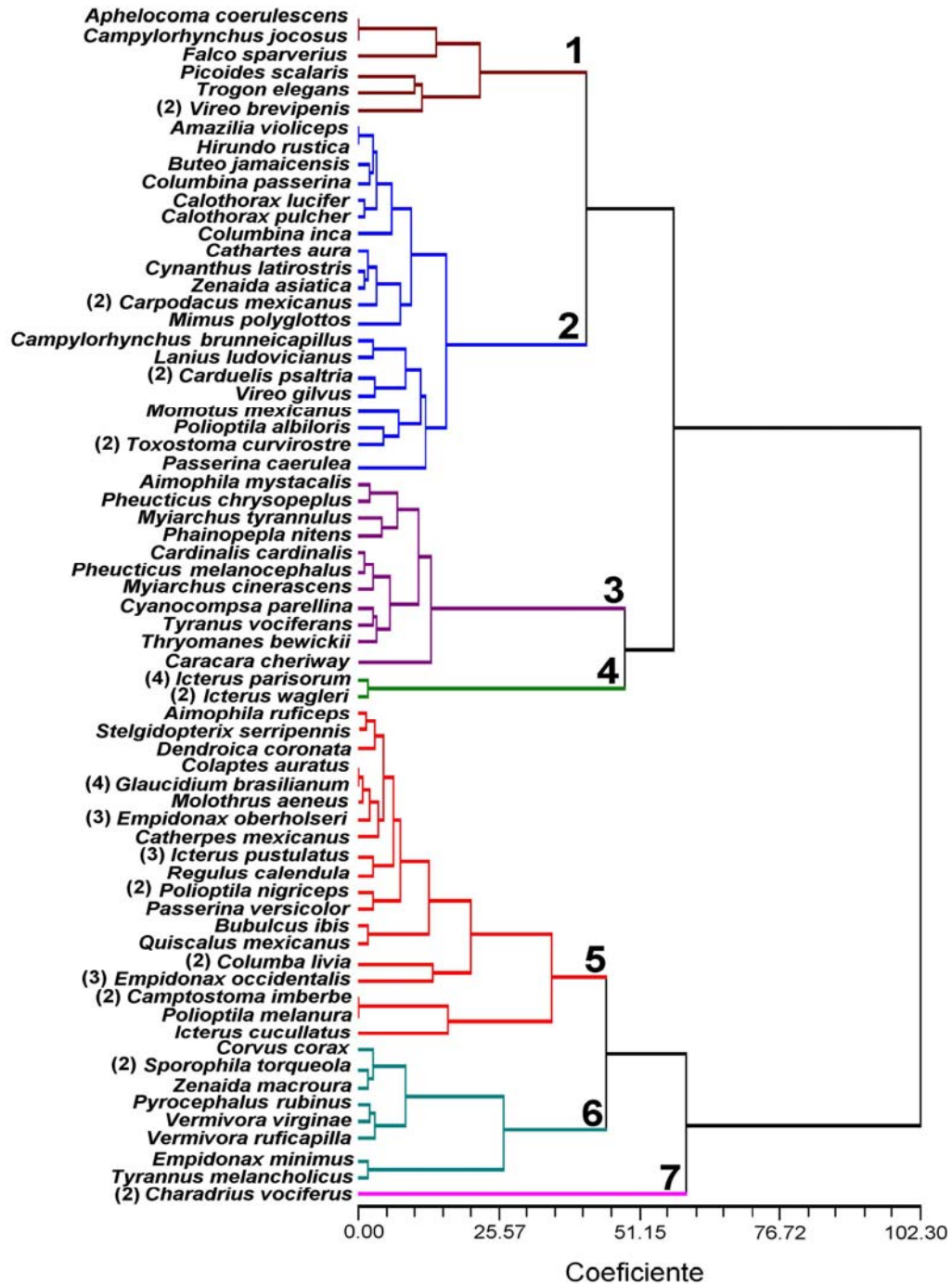


Figura 4. Fenograma de similitud climática de la avifauna del Valle de Zapotitlán Salinas, usando el programa NTSYSpc, versión 2.02c (1986-1998). Entre paréntesis se indica el número de especies que comparten el mismo perfil bioclimático.

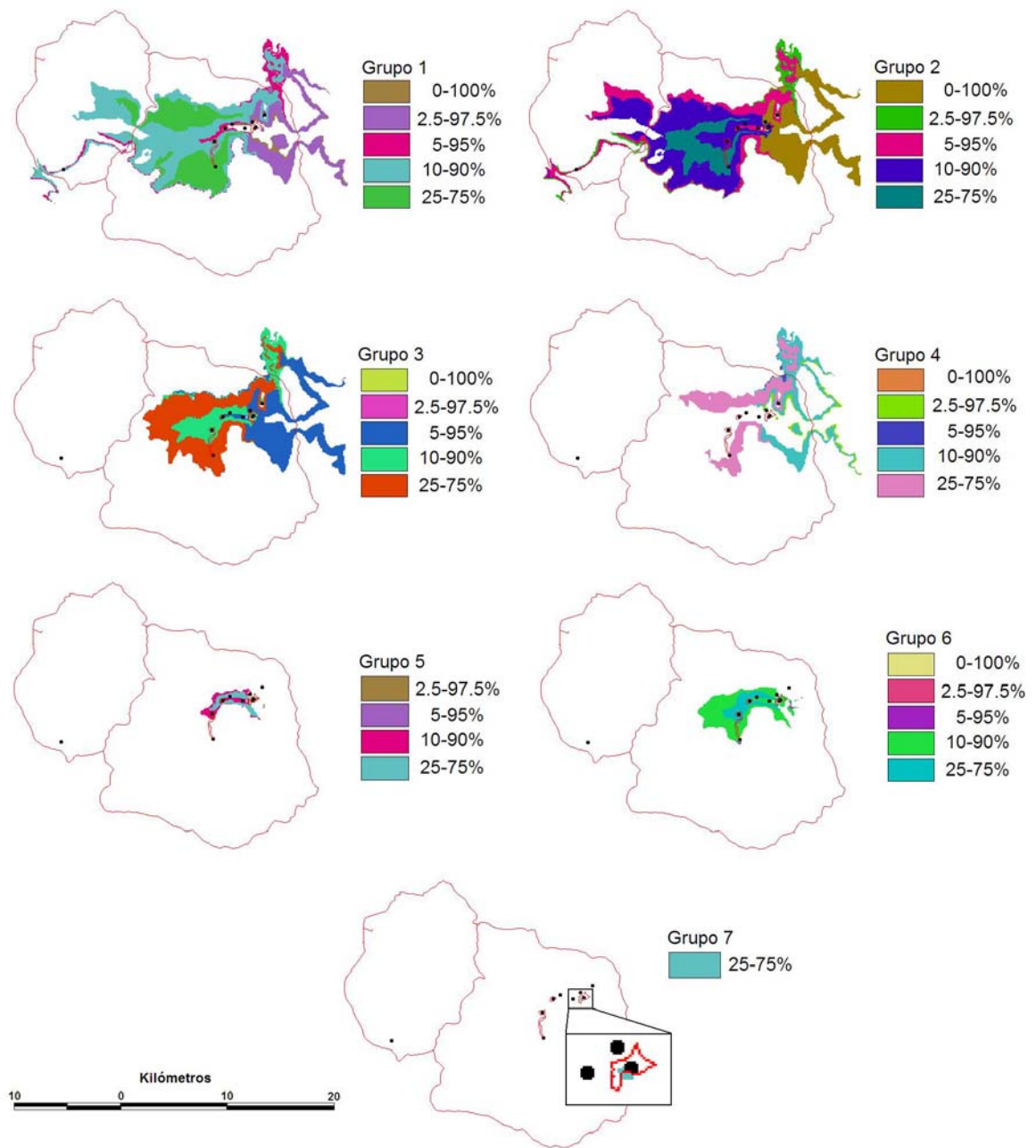


Figura 5. Distribuciones potenciales para las especies de aves de cada grupo a partir de los perfiles bioclimáticos.

Cuadro 4. Resultados del Análisis de Componentes principales para las 17 variables que influyen en la distribución climática de los grupos.

Componentes Principales	P1	P2
EigenValor:	42.9559	22.6482
Porcentaje: Varianza	50.5364	26.6449
Porcentaje acumulado:	50.5364	77.1813
Eigenvectores:		
Temperatura promedio anual (°C)	0.14721	0.00529
Intervalo promedio diario (Promedio(periodo max-min))	0.09285	0.02675
Isotermalidad 2/7	0	0
Temperatura Estacional (C de V)	0.11816	0.03813
Temperatura máxima del periodo más cálido	0.14525	0.00898
Temperatura mínima del periodo más frío	0.14817	-0.00205
Intervalo de la temperatura anual (5-6)	0.11207	0.00795
Temperatura promedio del cuarto más húmedo	0.12816	-0.02888
Temperatura promedio del cuarto más seco	0.14706	-0.00147
Temperatura promedio del cuarto más cálido	0.14752	0.00114
Temperatura promedio del cuarto más frío	0.14642	0.00618
Precipitación anual	-0.14754	-0.02252
Precipitación del periodo más húmedo	-0.12759	0.02549
Precipitación Estacional (C de V)	0.14049	-0.00503
Precipitación del cuarto más húmedo	-0.14621	-0.01794
Precipitación del cuarto más cálido	-0.13267	0.00418
Precipitación del cuarto más frío	-0.14123	0.00969

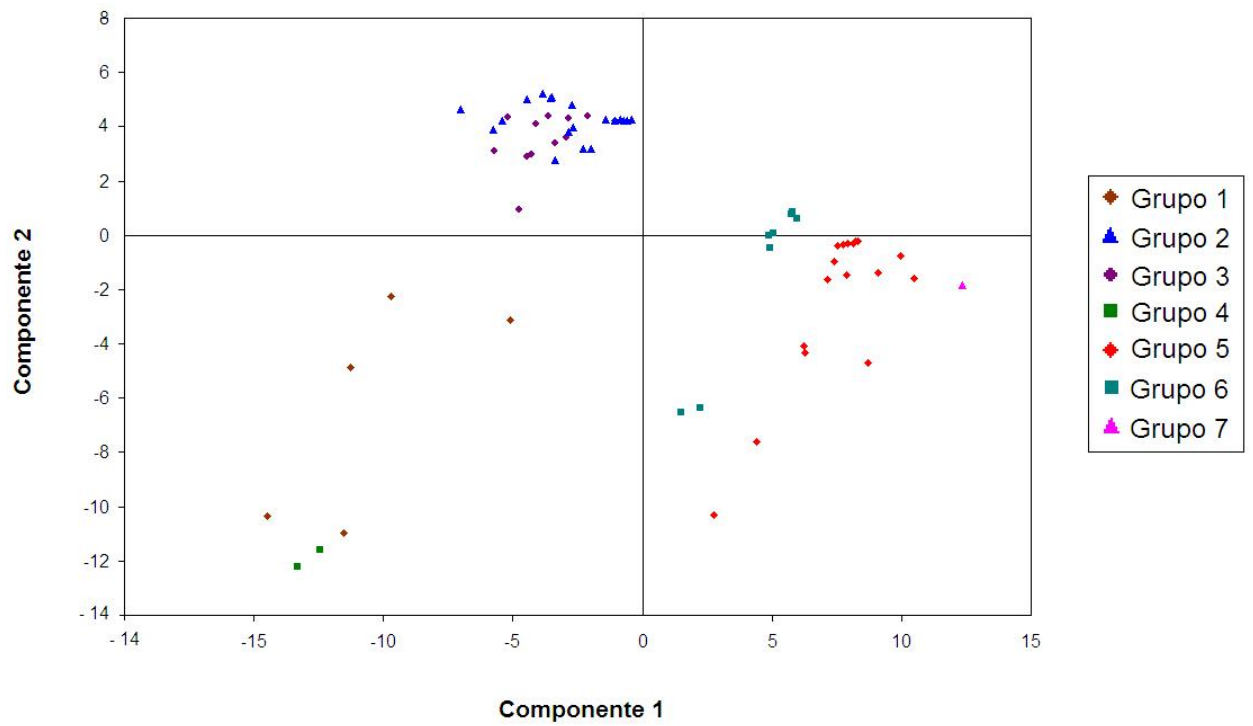


Figura 6. Gráfica de los puntos obtenidos en el análisis de Componentes Principales indicando los puntos para las especies de cada grupo.

diferenciar dos grupos climáticamente diferentes (Figura 6), uno constituido por los grupos 1, 2, 3 y 4, (de aquí en adelante llamado grupo 1) y el otro por los grupos 5, 6 y 7 (de aquí en adelante llamado grupo 2). El primer grupo climático (grupos 1, 2, 3 y 4) parece tolerar más las temperaturas altas y la poca humedad con fluctuaciones a lo largo del día. El segundo grupo climático (grupos 5, 6 y 7) se encuentra en el rango de menor calor con mayor humedad y fluctuaciones a lo largo del año.

En los mapas de distribución potencial obtenidos del modelo (Figura 7) se aprecia que los grupos 1, 2, 3 y 4 (Grupo climático 1) se distribuyen más ampliamente dentro del valle que los grupos 5, 6 y 7 (Grupo climático 2) cuyos mapas muestran un rango considerablemente más reducido. El grupo 2 está restringido a los márgenes del río Salado que corre en esta cuenca, mientras que el grupo 1 se encuentra distribuido en lomeríos que rodean la cuenca. Los márgenes del río están dominados por una vegetación siempre verde caracterizada por la presencia de Mezquites (*Prosopis laevigata*), mientras que en los alrededores dominan diversas formaciones vegetales, todas ellas dominadas por cactáceas columnares (Valiente-Banuet et al 2000).

Considerando el total de especies endémicas incluidas en el análisis el grupo climático 1 contiene el 91.6% de las especies (11 especies); mientras que la mayor proporción de especies migratorias están incluidas en el grupo 2 representadas por 18 especies que corresponde al 78.26% del total identificado bajo esta categoría (Figura 8; Tabla de contingencia $X^2 = 16.69$, $gl = 1$, $p = 0.001$). Las especies residentes aparentemente se encuentran distribuidas en todo el gradiente.

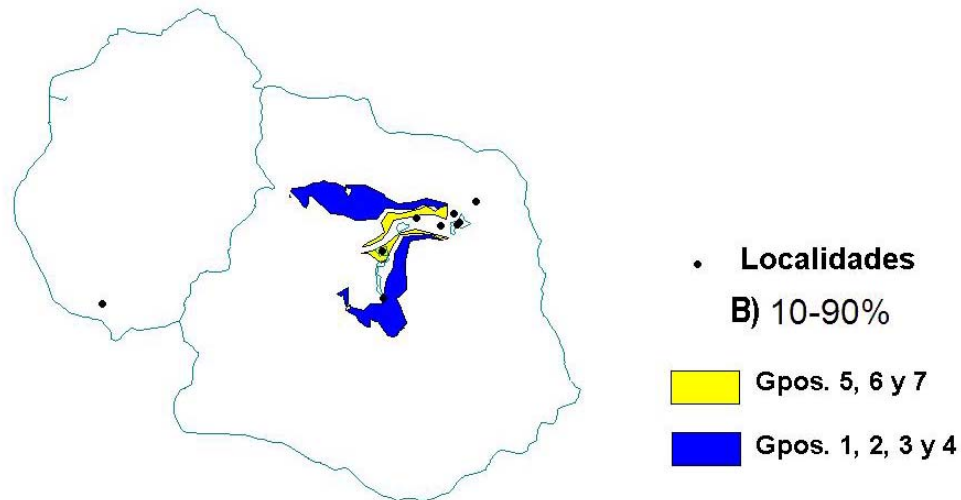
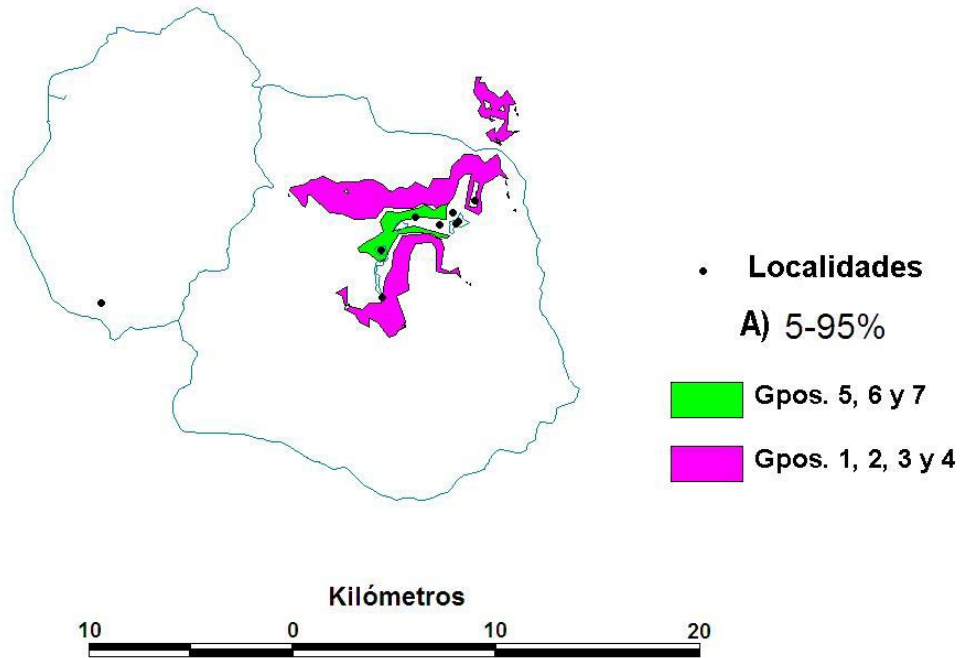


Figura 7. Mapas de las zonas que climáticamente son más representativas en el Valle de Zapotitlán Salinas para la conservación de las aves considerando los rangos climáticos intermedios de los valores climáticos en los cuales se distribuyen.

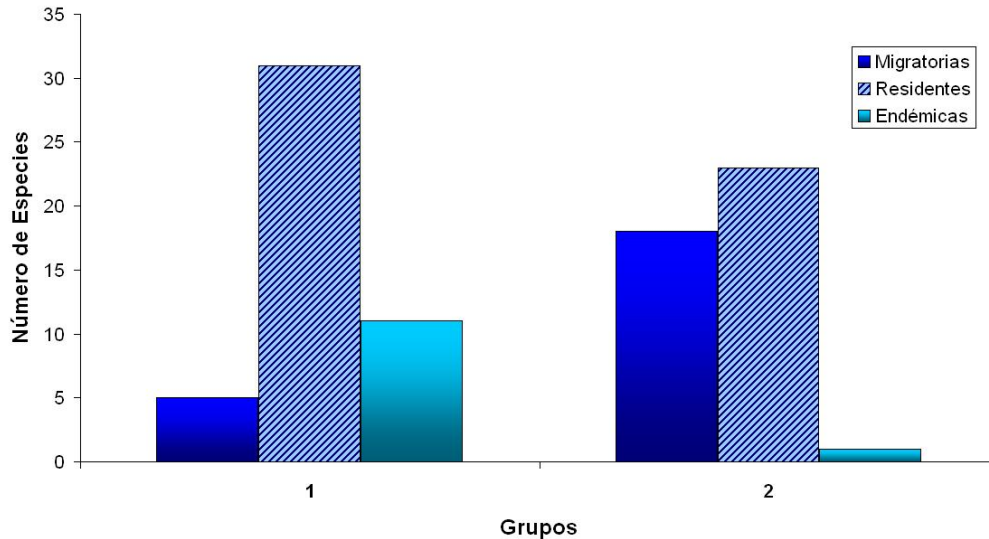


Figura 8. Especies residentes, migratorias y endémicas contenidas en cada grupo.

Dentro del grupo 1, las familias más frecuentes son la Columbidae, Trochilidae, Tyrannidae, Vireonidae, Cardinalidae, e Icteridae; mientras que en el grupo 2 (grupos 5, 6 y 7) son las familias Charadriidae, Tyrannidae, Parulidae e Icteridae, (Figura 9, Anexo 1).

En términos de gremio alimenticio, el grupo 1 incluye 4 especies carnívoras, 2 carroñeras, 20 insectívoras, 3 omnívoras, 6 granívoras, 2 frugívoras y 10 nectarívoras; en el grupo climático 2 se encuentran 2 especies carnívoras, 31 insectívoras, una que se alimenta de invertebrados, 2 omnívoras, 5 granívoras y una frugívora (Figura 10). Ambos grupos incluyen especies consideradas bajo alguna categoría de protección, sin embargo el grupo 1 es considerablemente más representativo en el número de especies protegidas (Figura 11).

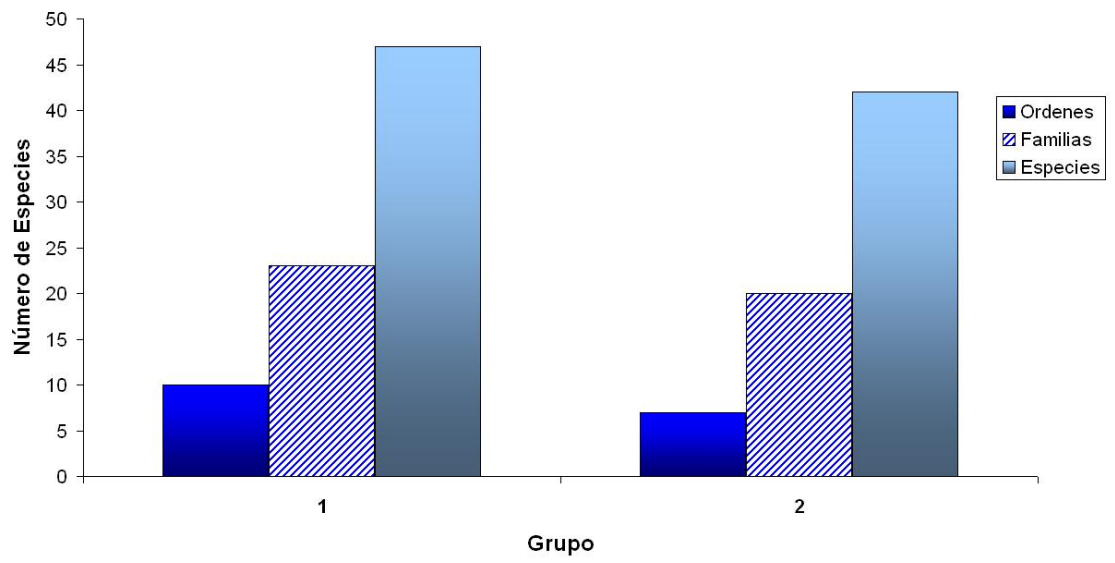


Figura 9. Proporción taxonómica (Orden, Familia y Especie) de cada grupo determinado por el modelo.

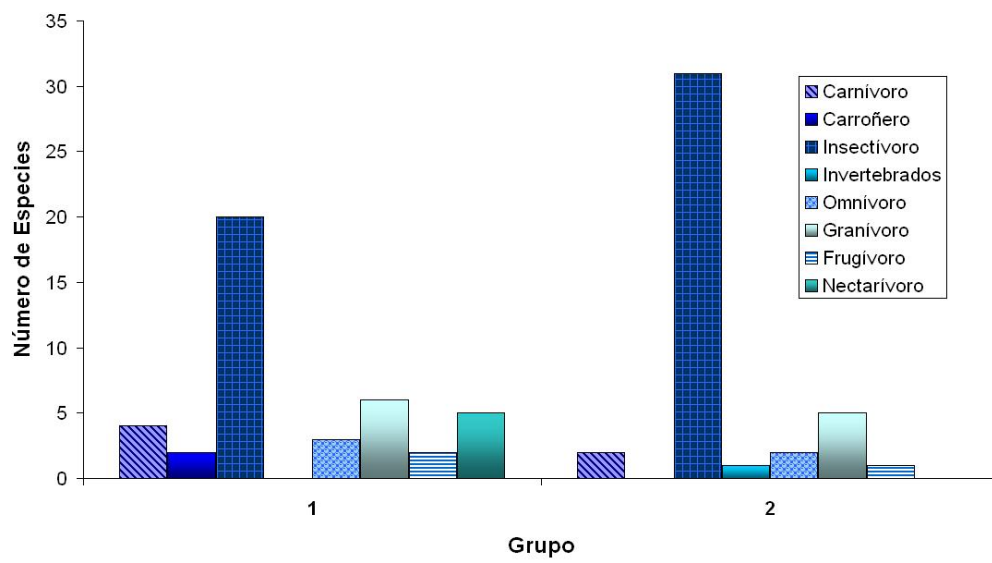


Figura 10. Gremio alimenticio de las especies contenidas en cada grupo.

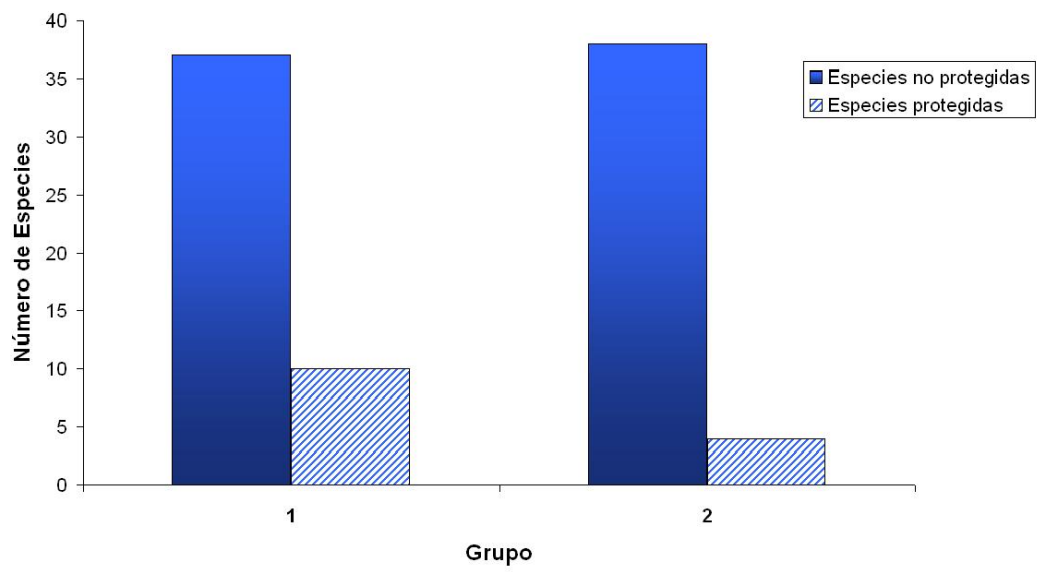


Figura 11. Especies consideradas bajo algún criterio de protección dentro de cada grupo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente trabajo se muestra que la cuenca del Río Salado en el Valle de Zapotitlán Salinas Puebla predominan dos grandes condiciones climáticas capaces de ser reconocidas por las aves. Una estrechamente asociada a los ambientes riparios (calido-húmeda) y la otra (calido-seca) ampliamente extendida a las laderas de las montañas.

En la primera dominan los mezquites los cuales presentan hojas a lo largo del año (grupo 2) y en la segunda dominan los bosques de cactáceas columnares. Las asociaciones que se forman son heterogéneas pero es claro, que por ejemplo, las especies migratorias más comunes en la zona se asocian durante su corta estadía a las zonas más húmedas formando parte del grupo 2. Esto se ha reportado previamente para otras zonas de Norteamérica en donde los corredores riparios representan sitios críticos para la conservación de la avifauna (Johnson et al.1977, Stevens et al.1977, Knopf et al.1988, Channey et al.1990, Krueper 1993, Dobkin et al.1998, Krueper et al.2003) y en otras regiones del mundo, donde la composición de la avifauna riparia es muy diferente a la de zonas adyacentes (Woinarski *et al*, 2000). De hecho en un trabajo en donde se evalúa la importancia de los mezquiales para la conservación de las aves en zonas áridas se concluye (Arizmendi et al en prensa 2008) que los mezquiales son sitios importantes porque albergan un porcentaje alto de la avifauna regional, incluyendo muchas especies migratorias latitudinale.

Las especies migratorias que llegan a la cuenca del río Salado se han caracterizado como especies que usan pocos ambientes durante su estancia, siendo las especies residentes mucho mas generalistas en el uso local del hábitat (Arizmendi et al en prensa). Los datos presentados aquí corroboran esta esta hipótesis utilizando para ello el análisis un enfoque climático.

Las especies residentes y endémicas presentaron en general un rango de distribución más amplio en la escala local. Esto puede deberse a un uso más completo del paisaje y a movimientos locales que le permiten a este grupo de

especies sobrevivir en estos ambientes durante todo el año afrontando las condiciones de aridez (Wiens, 1991; Brändle and Brandl, 2001).

La heterogeneidad microambiental ha sido considerada por varios autores (Cody, 1981; Noy-Meir, 1985, Wiens, 1991) como la base de la alta biodiversidad de aves encontrada en los desiertos de Norteamérica. El uso que las aves residentes y endémicas dan al gradiente ambiental estudiado en este trabajo corrobora esta hipótesis siendo solamente las especies que se distribuyen en la zona por espacios cortos de tiempo las que utilizan ambientes restringidos. Las especies residentes en general utilizan a lo largo del año los diferentes ambientes presentes en el Valle, aprovechando los recursos que de manera estacional existen en los diferentes micrositios.

Implicaciones para la conservación

Conocer la distribución de las especies a partir de variables climáticas permite una aproximación para conocer las condiciones que imperan en una determinada localidad o región y la relación que las especies guardan con su entorno.

Particularmente el programa empleado en este trabajo permitió optimizar los datos y predecir la distribución potencial de las aves dentro del valle, generando mapas con áreas o superficies de terreno concretas que facilitan la toma de decisiones para la conservación de las especies (Nix, 1986; Lindenmayer *et al*, 1991; Fischer *et al*, 2001).

Los resultados de este trabajo pueden ser extrapolados a otras zonas climáticamente semejantes en la reserva en donde esperaríamos la presencia de las especies de aves que caracterizan a estos grupos climáticos o predecir su distribución ante variaciones climáticas drásticas (Téllez-Valdés y Dávila, 2003). Utilizando estos datos podrían generarse sitios de importancia para la conservación de las aves dentro de la reserva lo cual ayudaría a generar un plan de manejo y a determinar zonas núcleo. Las cuencas de los diferentes arroyos deberían ser consideradas por su composición avifaunística como sitios prioritarios dentro de la reserva.

LITERATURA CITADA

- American Ornithologists' Union. 1998. *Check-list of North American birds 7th edition*. Washington, D.C.: The American Ornithologists' Union.
- Arizmendi, M.C. y A. Espinoza de los Monteros. 1996. Avifauna de los bosques de Cactáceas columnares del Valle de Tehuacan, Puebla. *Acta Zoológica Mexicana* **67**: 25-46.
- Arizmendi, M.C. y L. Márquez-Valdelamar (Eds.). 2000. *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México*. CIPAMEX, A.C. México. 440 pp.
- Arizmendi, M.C. y P. Dávila. 2001. *El Valle y su riqueza biológica*. En: Fundación ICA, A.C., Fomento Cultural Banamex, A.C. y Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán, A.C. (Eds.) *El valle de Tehuacán-Cuicatlán, patrimonio natural y cultural*. México. Pp 70-89.
- Arizmendi, M.C. y A. Valiente-Banuet. 2006. *Aves de la Reserva de la Biosfera Tehuacan-Cuicatlán*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología, UNAM; Facultad de Estudios Superiores – Iztacala, UNAM; CONABIO, Fundación para la Reserva de la Biosfera Tehuacan Cuicatlán, A.C. 162 pp.
- Arizmendi Ma. Del Coro, Patricia Dávila, Angélica Estrada, Elsa Figueroa, Laura Márquez-Valdelamar, Rafael Lira, Oswaldo Oliveros-Galindo¹ & Alfonso Valiente-Banuet. (aceptado dic 2007) Riparian mesquite bushes are important for bird conservation in tropical arid Mexico. En prensa en: *Journal of Arid Environments*.
- Barrera, C.C. 2001. *Descripción y regionalización fisiográfica del valle de Zapotitlán*, Puebla. Tesis de Licenciatura. FES-Iztacala, U.N.A.M. México.
- Brändle, M. and R. Brandl. 2001. Distribution, abundance and niche breadth of birds: scale matters. *Global Ecology & Biogeography*. **10**: 173-177.
- Canseco-Márquez, L. y M.G. Gutiérrez-Mayen. 2006. *Guía de Campo de los Anfibios y Reptiles del Valle de Zapotitlán, Puebla*. BUAP-Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., México. 78 pp.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO, México.
- Channey, E.W., Elmore W and WS Pratts. 1990. *Livestock grazing on the western riparian areas*. US Environmental Protection Agency. Denver Colorado.
- Cody, M.L. 1981. Habitat selection in birds: The roles of vegetation structure, competitors, and productivity. *BioScience*. **31**: 107-113.

- Dávila, P., M.C. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J.L. Villaseñor, A. Casas and R. Lira. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Biodiversity and Conservation* **11**: 421-442.
- De la Maza-Elvira, R.G. 2001. *El Valle de Tehuacán-Cuicatlán, biodiversidad y ecosistemas*. En: Fundación ICA, A.C., Fomento Cultural Banamex, A.C. y Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán, A.C. (Eds.) *El valle de Tehuacán-Cuicatlán, patrimonio natural y cultural*. México. Pp 20-51.
- Díaz, P.G.M. 1991. Efectos dependientes de la densidad en una cactácea columnar (*Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg) del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México.
- Dobkin D.S., A.C. Rich and W.H. Pyle. 1998. Habitat and avifaunal recovers from livestock grazing in a riparian meadow system of the northwestern Great Basin. *Conservation Biology* **12**(1):209
- Emlen, J.T. 1971. Estimating breeding densities of birds derived from transect counts. *Auk* **88**: 323-342.
- Emlen, J.T. 1971. Estimating breeding season bird densities from transect counts. *Auk* **94**: 455-468.
- Evenari, M. 1985. *The Desert Environment*. In: Evenari, M., Noy-Meir, I., Goodall, D.W. (Eds) *Hot Deserts and Shrublands*. Elsevier, New York. P.p. 1-22.
- Fischer, J., D.B. Lindenmayer, H.A. Nix, J.L. Stein and J.A. Stein. 2001. Climate and animal distribution: a climatic analysis of the Australian marsupial *Trichosurus caninus*. *Journal of Biogeography*. **28**: 293-304.
- García-Martínez, M.G. 2001. Mapeo y caracterización de las terrazas aluviales del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. FES-Iztacala, U.N.A.M. México.
- Houlder, D., M. Hutchinson, H. Nix and J. McMahon. 2001. *ANUCLIM 5.1 User's guide*. The Australian National University-Centre for Resource and Environmental Studies (CRES). 85 pp.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. 851 pp.
- Hutchinson, M.F. 1999. *ANUSPLIN User guide version 4.0*. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, Canberra.
- Hutto, R.L.; S.M. Pletschet and P. Hendricks. 1986. A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *Auk* **103**: 593-602.

- Johnson, R.R. and D.A. Jones. 1977. *Importance, preservation and management of riparian habitats a symposium*. General technical report RM 43. Forest Service. Fort Collins Colorado.
- Knopf, F.L., R.R. Johnson, T.Rich, F.B. Samson and R.Z. Szaro. 1988. Conservation of riparian ecosystem in the United States. *Willson Bulletin* **100**: 272-284.
- Krueper, D.J. 1993. *Effects of landuse practices on western riparian ecosystems* In: D.M. Finch and P.W. Stangel (eds). *Status and management of neotropical migratory birds*. General Technical report RM 229. Us Forest Service. Fort Collins Colorado.
- Krueper, D., J. Bart and T. Rich. 2003. Response of vegetation and breeding birds to the removal of cattle on the San Pedro River Arizona (USA). *Conservation Biology* **17**(2):607-615
- Lindenmayer, D.B., H.A. Nix, J.P. McMahon, M.F. Hutchinson and M.T. Tanton. 1991. The conservation of Leadbeater's possum *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modeling. *Journal of Biogeography*. **18**: 371-383.
- Miranda, F. 1948. Datos sobre la vegetación en la Cuenca del Papaloapan. *Anales del Instituto de Biología*. UNAM. **19**: 333-364.
- Nix, H.A. 1986. A biogeographic analysis of Australian Elapid Snakes. In. Atlas of Elapid Snakes of Australia. (ed.) Longmore pp. 4-15. Australian Flora and Fauna Series Number 7. Australian Government Publishing Service: Canberra.
- Noy-Meir, I. 1985. *Desert Ecosystem structure and function*. In: Evenary, M., Noy-Meir, I., Goodall, D.W. (Eds) *Hot Deserts and Shrublands*. Elsevier, New York. P.p. 93-104.
- Oliveros-Galindo, O. 2000. Descripción estructural de las comunidades vegetales en las terrazas fluviales del Río Salado en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Tesis de Licenciatura Campus-Iztacala U.N.A.M. México. p.84.
- Osorio-Beristain, O. 1996. Descripción de la vegetación en los alrededores del cerro Cutac, en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM. México.
- Osorio-Beristain, O, A. Valiente-Banuet, P. Dávila y R. Medina. 1996. Tipos de vegetación y diversidad β en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Boetín de la Sociedad Botánica de México* **59**: 35-58.

- Peterson, R.T. y E.L. Chalif. 1989. *Aves de México*. Editorial Diana, México. 473 pp.
- Ramírez, A. 1996. Contribución al conocimiento de la flora medicinal de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 94pp.
- Rzedowski, J. 1968. Las Principales zonas Áridas de México y su Vegetación. *BIOS. Esc. Nac. Cienc. Biol.* México. 1(1):4-24.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México.
- Serventy, D.L. 1971. Biology of Desert birds. In: Farner, D.S. and Q.R. King (Eds.). *Avian Biology*. Academic Press, New York and London.
- Stevens, L., B.T. Brown, J.M. Simpson and R.R. Johnson. 1977. *The importance of riparian habitats to migrating birds*. In: Johnson R.R. and A. Jones (eds). *Importance, preservation and management of riparian habitat*. General technical report RM43. United States Department of Agriculture. Forest Service, Rocky Mountain forest and range experiment station. Fort Collins, Colorado pp. 156-164.
- Téllez-Valdés, O. and P. Dávila-Aranda. 2003. Protected Areas and Climate Change: a case study of the cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology*. **17** (3): 846-853.
- Valiente, L. 1991. Patrones de precipitación en el Valle semiárido de Tehuacan, Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 65 pp.
- Valiente-Banuet, A., A. Casas, A. Alcántara, P. Dávila, Noe Flores-Hernández, M.C. Arizmendi, J. Ortega Ramírez and. 2000 La Vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **67**: 24-74.
- Wiens, J.A. 1991. The Ecology of desert communities. In: Polis, G.A. (Ed.). *The Ecology of Desert communities*. The University of Arizona Press, USA. Pp. 1-26.
- Woinarski, J.C.Z., C. Brock, M. Armstrong, C. Hempel, D. Cheal and K. Brennan. 2000. Bird distribution in riparian vegetation in the extensive natural landscape of Australia's tropical savanna: a broad-scale survey and analysis of a distributional data base. *Journal of Biogeography*, **27**: 843-868.
- Woolrich-Piña, G.A., L. Oliver-López y J.A. Lemos-Espinal. 2005. *Anfibios y Reptiles del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla*. UNAM-CONABIO, México. 54 pp.

Zavala, J. 1982. Estudios ecológicos en el valle semiárido de Zapotitlán, Puebla. I. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia ausencia de las especies. *Biotica* 7(1): 99-120.

ANEXO 1

Lista de Aves del Valle de Zapotitlán Salinas. Las especies en color rojo no fueron incluidas en el análisis bioclimático. Abreviaturas: **Grupclim**= Grupo climático en el que se incluyen. **GREMIO**: C= Carnívoro, Cc= Carroñero, I= Insectívoro, In= Invertebrados, G= Granívoro, F= Frugívoro, N= Nectarívoro, O= Omnívoro. **ESTATUS**: R= Residente, M= Migratoria. (*)= Endémica o Cuasiendémica. En la columna de **PROTECCIÓN** se indica la institución que incluye a esa especie bajo alguna de sus categorías: NOM-059= Norma Oficial Mexicana-059-SEMARNAT-2001, IUCN= Red Data Book de la IUCN, CITES= Tratado Internacional de Especies en Peligro de Flora y Fauna Silvestres (CITES).

		Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
CICONIIFORMES					
Ardeidae					
	<i>Ardea alba</i>		O	M	
	Garza grande o garzón blanco				
	Great Egret				
	<i>Bubulcus ibis</i>	5	I	R	CITES
	Garza garrapatera				
	Cattle Egret				
Cathartidae					
	<i>Coragyps atratus</i>	4	Cc	R	
	Zopilote negro				
	Black Vulture				
	<i>Cathartes aura</i>	2	Cc	R	
	Aura cabecirroja				
	Turkey Vulture				
FALCONIFORMES					
Accipitridae					
	<i>Buteogallus anthracinus</i>		C	M	NOM-059, CITES
	Aguililla negra menor				
	Common Black-Hawk				
	<i>Parabuteo unicinctus</i>	5	C	M	NOM-059, CITES
	Aguililla cinchada				
	Harris's Hawk				

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
<i>Buteo jamaicensis</i>	2	C	R	CITES
Aguililla coliroja o Aguililla ratonera Red-tailed Hawk				
Falconidae				
<i>Caracara cheriway</i>	3	C	R	CITES
Caracara común Crested Caracara				
<i>Herpetoteres cachinnans</i>		C	M	CITES
Guaco Laughing Falcon				
<i>Falco sparverius</i>	1	C	R	CITES
Cernícalo chitero American Kestrel				
<i>Falco peregrinus</i>	5	C	M	NOM-059, CITES
Halcón peregrino Peregrine Falcon				
GALLIFORMES				
Cracidae				
<i>Ortalis poliocephala</i>	4	O-H	R*	
Chachalaca mexicana West Mexican Chachalaca				
Odontophoridae				
<i>Cyrtonyx montezumae</i>		O-H	R	NOM-059, CITES
Codorniz de Moctezuma Montezuma Quail				
CHARADRIIFORMES				
Charadriidae				
<i>Charadrius vociferus</i>	7	In	R	
Chorlito tildío Killdeer				
Recurvirostridae				
<i>Himantopus mexicanus</i>		In	M	
Monjita, Avoceta, Candelero Black-necked Stilt				

Subgrupclim GREMIO ESTATUS PROTECCIÓN

Scolopacidae

Actitis macularius

In

M

Playero alzacolita

Spotted Sandpiper

COLUMBIFORMES

Columbidae

*Columba livia**

5

G

R

Paloma común

Rock Pigeon

Zemaida asiatica

2

G-F

R

Paloma de alas blancas

White-winged Dove

Zenaida macroura

6

G-F

R

Paloma huilota

Mourning Dove

Columbina inca

2

G-F

R

Tórtola colilarga

Inca Dove

Columbina passerina

2

G-F

R

Tórtola común

Common Ground-dove

CUCULIFORMES

Cuculidae

Piaya cayana

O

R

Cuco ardilla

Squirrel Cuckoo

Geococcyx velox

4

O

R

Correcaminos menor

Lesser Roadrunner

STRIGIFORMES

Tytonidae

Tyto alba

C

R

CITES

Lechuza de campanario

Barn Owl

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
Strigidae				
<i>Glaucidium brasilianum</i>	5	I-C	R	CITES
Tecolotito común				
Ferruginous Pygmy-Owl				
<i>Micrathene whitneyi</i>		I-C	R	CITES
Tecolotito enano				
Elf Owl				
CAPRIMULGIFORMES				
Caprimulgidae				
<i>Nyctidromus albicollis</i>		I	R	
Tapacaminos picuyo, Pochocuete				
Common Pauraque				
<i>Caprimulgus ridgwayi</i>		I	R	
Préstame-tu-cuchillo				
Buff-collared Nightjar				
APODIFORMES				
Apodidae				
<i>Streptoprocne semicollaris</i>		I	M*	NOM-059
Vencejo nuquiblanco				
White-naped Swift				
Trochilidae				
<i>Cynanthus sordidus</i>	2	N	R*	CITES
Colibrí prieto				
Dusky Hummingbird				
<i>Cynanthus latirostris</i>	2	N	R	CITES
Chuparrosa matraquita, Colibrí piquiancho				
Broad-billed Hummingbird				
<i>Amazilia violiceps</i>	2	N	R*	
Chupaflor corona azul				
Violet-crowned Hummingbird				
<i>Lampornis clemenciae</i>		N	M	CITES
Colibrí serrano gorjazul, Colibrí garganta azul				
Blue-throated Hummingbird				

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
<i>Calothorax lucifer</i> Tijereta norteña, Colibrí lucifer Lucifer Hummingbird	2	N	M	CITES
<i>Calothorax pulcher</i> Tijereta Oaxaqueña, Colibrí oaxaqueño Beautiful Hummingbird	2	N	R*	CITES
<i>Archilochus colubris</i> Chupaflor rubí, Colibrí garganta rubí Ruby-throated Hummingbird		N	M	CITES
TROGONIFORMES				
Trogonidae				
<i>Trogon elegans</i> Trogón elegante Elegant Trogon	1	F-I	R	
CORACIIFORMES				
Momotidae				
<i>Momotus mexicanus</i> Pájaro reloj Russet-crowned Motmot	2	I-F	R*	
PICIFORMES				
Picidae				
<i>Melanerpes hypopolius</i> Carpintero del Balsas Gray-breasted Woodpecker	2	I-F	R*	
<i>Melanerpes aurifrons</i> Cheque Golden-fronted Woodpecker		I-F	R	
<i>Picoides scalaris</i> Carpintero listado, Carpintero mexicano Ladder-backed Woodpecker	1	I-F	R	

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
<i>Colaptes auratus</i>	5	I-F	R	
Carpintero collarejo, Carpintero de pechera				
Northern Flicker				
PASSERIFORMES				
Tyrannidae				
<i>Campostoma imberbe</i>	5	I	R	
Mosquerito silbador				
Northern Beardless-Tyrannulet				
<i>Xenotriccus mexicanus</i>	4	I	R*	NOM-059, IUCN
Papamoscas pardo oscuro,				
Mosquero del Balsas				
Pileated Flycatcher				
<i>Empidonax minimus</i>	6	I	M	
Mosquerito mínimo				
Least Flycatcher				
<i>Empidonax wrightii</i>	5	I	M	
Mosquero gris				
Gray Flycatcher				
<i>Empidonax oberholseri</i>	5	I	M	
Mosquero obscuro				
Dusky Flycatcher				
<i>Empidonax occidentalis</i>	5	I	M	
Mosquero barranqueño				
Cordilleran Flycatcher				
<i>Sayornis nigricans</i>	7	I	R	
Mosquero negro				
Black Phoebe				
<i>Sayornis phoebe</i>		I	M	
Mosquero Fibí				
Eastern Phoebe				
<i>Sayornis saya</i>		I	M	
Mosquero llanero				
Say's Phoebe				
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	6	I	R	
Papamoscas rojo, Mosquero				
cardenalito				
Vermilion Flycatcher				

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	5	I		R
Copetón triste				
Dusky-capped Flycatcher				
<i>Myiarchus cinerascens</i>	3	I		M
Copetón ceñizo o cenizo				
Ash-throated Flycatcher				
<i>Myiarchus crinitus</i>		I		M
Copetón viajero				
Great Crested Flycatcher				
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	3	I		R
Copetón común, Copetón Tirano				
Brown-crested Flycatcher				
<i>Pitangus sulphuratus</i>	5	I		R
Luis Grande				
Great Kiskadee				
<i>Myiozetetes similis</i>	5	I		M
Luis, Mosquero picudo				
Social Flycatcher				
<i>Tyrannus melancholicus</i>	6	I		R
Madrugador abejero, Tirano tropical				
Tropical Kingbird				
<i>Tyrannus vociferans</i>	3	I		M
Madrugador chilero, Tirano de Cassin				
Cassin's Kingbird				
<i>Tyrannus crassirostris</i>		I		M
Madrugador piquigrueso				
Thick-billed Kingbird				
<i>Tyrannus verticalis</i>	5	I		M
Madrugador avispero, Tirano Occidental				
Western Kingbird				
Lanidae				
<i>Lanius ludovicianus</i>	2	C-I		R
Verdugo				
Loggerhead Shrike				

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
Vireonidae				
<i>Vireo brevipennis</i>	1	I-F	R*	
Vireo gusanero, Vireo pizarra Slaty Vireo				
<i>Vireo griseus</i>		I-F	M	
Vireo ojiblanco, Vireogrisáceo White-eyed Vireo				
<i>Vireo nelsoni</i>	1	I-F	R*	NOM-059
Vireo enano Dwarf Vireo				
<i>Vireo solitarius</i>	5	I-F	M	
Vireo solitario Blue-headed Vireo				
<i>Vireo gilvus</i>	2	I-F	M	
Vireo gorjeador Warbling Vireo				
Corvidae				
<i>Calocitta formosa</i>		O	R	
Urraca copetona, Urraca hermosa cariblanca White-throated Magpie-Jay				
<i>Aphelocoma californica</i>	1	O	R	IUCN
Chara azuleja Florida Scrub-Jay				
<i>Corvus corax</i>	6	O	R	
Cuervo común, Cacalote, Cuervo grande Common Raven				
Hirundinidae				
<i>Tachycineta thalassina</i>		I	M	
Golondrina violeta, Golondrina cariblanca Violet-green Swallow				
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	5	I	R	
Golondrina aliserrada norteña Northern Rough-winged Swallow				

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
<i>Hirundo rustica</i>	2	I		R
Golondrina ranchera				
Barn Swallow				
Troglodytidae				
<i>Campylorhynchus jocosus</i>	1	I		R*
Matraca del Balsas				
Boucard's Wren				
<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	2	I		R
Matraca grande, Salta pared				
Cactus Wren				
<i>Salpinctes obsoletus</i>	5	I		R
Saltapared roquero, Cucarachero				
Rock Wren				
<i>Catherpes mexicanus</i>	5	I		R
Saltapared risquero, Saltapared barranquero				
Canyon Wren				
<i>Thryothorus felix</i>		I		R*
Saltapared feliz				
Happy Wren				
<i>Thryomanes bewickii</i>	3	I		R
Saltapared tepetatero				
Bewick's Wren				
<i>Troglodytes aedon</i>		I		M
Saltapared cucarachero, Matraquita				
House Wren				
Regulidae				
<i>Regulus calendula</i>	5	I		M
Reyesuelo rojo				
Ruby-crowned Kinglet				
Sylviidae				
<i>Polioptila caerulea</i>	2	I		R
Perlita común, Pispirría, Perlita				
Grisilla				
Blue-gray Gnatcatcher				

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
<i>Polioptila melanura</i>	5	I		M
Perlita colinegra				
Black-tailed Gnatcatcher				
<i>Polioptila nigriceps</i>	5	I		R*
Perlita gorrinegra				
Black-capped Gnatcatcher				
<i>Polioptila albiloris</i>	2	I		R
Perlita cejiblanca, Pispirría				
White-lored Gnatcatcher				
Mimidae				
<i>Mimus polyglottos</i>	2	I-F		R
Centzontle				
Northern Mockingbird				
<i>Toxostoma ocellatum</i>		I-F		R*
Cuitlacoche pinto o manchado				
Ocellated Thrasher				
<i>Toxostoma curvirostre</i>	2	I-F		R
Cuitlacoche común, Cuitlacoche piquicurvo				
Curve-billed Thrasher				
<i>Bombycillidae</i>				
<i>Bombycilla cedrorum</i>		F-I		M
Chinito				
Cedar Waxwing				
Ptilonotidae				
<i>Phainopepla nitens</i>	3	F-I		R
Capulinerero negro				
Phainopepla				
Parulidae				
<i>Vermivora celata</i>	5	I-N		M
Gusanero de coronilla, Chipe corona naranja				
Orange-crowned Warbler				
<i>Vermivora ruficapilla</i>	6	I-N		M
Verdín de mono				
Nashville Warbler				

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
<i>Vermivora virginiae</i>	6	I-N	M	
Gusanero de anteojos blancos				
Virginia's Warbler				
<i>Parula pitaiyumi</i>		I	R	
Parula tropical				
Tropical Parula				
<i>Dendroica coronata</i>	5	I	M	
Verdín aceitunero				
Yellow-rumped Warbler				
<i>Dendroica nigrescens</i>		I	M	
Verdín de garganta negra				
Black-throated Gray Warbler				
<i>Dendroica virens</i>		I	M	
Verdín de pecho negro				
Black-throated Green Warbler				
<i>Mniotilta varia</i>		I	M	
Mezclilla, Chipe trepador				
Black-and-white Warbler				
<i>Oporornis tolmiei</i>		I	M	NOM-059
Verdín				
MacGillivray's Warbler				
<i>Wilsonia pusilla</i>	6	I	M	
Pelusilla				
Wilson's Warbler				
<i>Basileuterus rufifrons</i>		I	R	
Larvitero, Chipe gorrirrufo				
Rufous-capped Warbler				
Emberizidae				
<i>Sporophila torqueola</i>	6	G	M	
Semillero collarejo				
White-collared Seedeater				
<i>Pipilo albicollis</i>		I-F	R*	
Rascador oaxaqueño				
White-throated Towhee				

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
<i>Aimophila humeralis</i> Zacatonero pechinegro, Zacatonero de collar Black-chested Sparrow		G	R	
<i>Aimophila mystacalis</i> Zacatonero patilludo, Zacatonero bigote blanco Bridled Sparrow	3	G	R*	
<i>Aimophila ruficeps</i> Zacatonero de corona rojiza Rufous-crowned Sparrow	5	G	R	
<i>Aimophila notosticta</i> Zacatonero oaxaqueño Oaxaca Sparrow		G	R*	NOM-059, IUCN
<i>Spizella passerina</i> Chimbitito común, Gorrión cejiblanco Chipping Sparrow		G	R	
<i>Chondestes grammacus</i> Gorrión torito, Gorrión arlequín Lark Sparrow		G	M	
Cardinalidae				
<i>Cardinalis cardinalis</i> cardenal norteco, Copetoncito Northern Cardinal	3	G-I-F	R	
<i>Pheucticus chrysopheplus</i> Picogruoso amarillo Yellow Grosbeak	3	G-I-F	R*	
<i>Pheucticus melanocephalus</i> Tigrillo, Picogruoso tigrillo Black-headed Grosbeak	3	G-I-F	R	
<i>Cyanocompsa parrellina</i> Picogordo acahualero, Azulejito, Colorín azulinegro Blue Bunting	3	G-F	R	
<i>Passerina caerulea</i> Picogordo azul, Azulejo maicero Blue Grosbeak	2	G-F	R	

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
<i>Passerina cyanea</i>		G-F	M	
Colorín azul				
Indigo Bunting				
<i>Passerina versicolor</i>	5	G-F	R	
Colorín morado				
Varied Bunting				
<i>Passerina ciris</i>		G-F	M	IUCN
Colorín sietecolores				
Painted Bunting				
Icteridae				
<i>Quiscalus mexicanus</i>	5	O	R	
Zanate				
Great-tailed Grackle				
<i>Molothrus aeneus</i>	5	G-I	R	
Tordo ojirrojo				
Bronzed Cowbird				
<i>Icterus wagleri</i>	4	I-F	R	
Bolsero de Wagler, Calandria Palmera				
Black-vented Oriole				
<i>Icterus spurius</i>		I-F	M	
Bolsero castaño, Calandria huertera				
Orchard Oriole				
<i>Icterus cucullatus</i>	5	I-F	M	
Bolsero o Calandria Zapotera, Hooded Oriole				
<i>Icterus pustulatus</i>	5	I-F	R	
Bolsero dorsirayado, Calandria de fuego				
Streak-backed Oriole				
<i>Icterus bullockii</i>		I-F	M	
Bolsero de Bullock				
Bullock's Oriole				
<i>Icterus parisorum</i>	4	I-F	M	
Bolsero o Calandria tunera Scott's Oriole				

	Subgrupclim	GREMIO	ESTATUS	PROTECCIÓN
Fringillidae				
<i>Euphonia elegantissima</i>	5	F-I		R
Monjita elegante, Eufonia capucha azul				
Elegant Euphonia				
<i>Carpodacus mexicanus</i>	2	G		R
Gorrión Mexicano				
House Finch				
<i>Carduelis psaltria</i>	2	G		R
Dominico				
Lesser Goldfinch				
Passeridae				
<i>Passer domesticus*</i>	5	O		R
Gorrión inglés				
House sparrow				