



30377
2
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FES IZTACALA

DISTRIBUCIÓN DE LA AVIFAUNA CON
RESPECTO A LA FRUCTIFICACIÓN DE SEIS
ARBUSTOS DE LA VEGETACIÓN ESCLERÓFILA
PERENNIFOLIA DEL VALLE DE TEHUACÁN,
PUEBLA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)
P R E S E N T A
BLANCA CLAUDIA PRADO HERRERA

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. MA. DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA

MÉXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

PAGINACION

DISCONTINUA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
COORDINACIÓN**

Notaría de la Coordinación de Posgrados de la UNAM
UNAM e Instituto de Estudios Jurídicos y Sociales
CALLE DE LA UNAM, S/N. PO BOX 703
CITAJUÁ, PUEBLA, MÉXICO
Blanca Claudia Prado
Herrera
RECIBIÓ 25/11/03
FIRMAS

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
P r e s e n t e

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 10 de febrero de 2003, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del alumno(a) Prado Herrera Blanca Claudia, con número de cuenta 89062287, con la tesis titulada: "Distribución temporal de la avifauna con respecto a la fructificación de seis arbustos de la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán, Puebla", bajo la dirección del(a) Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga.

Presidente:	Dr. Alfonso Valiente Banuet
Vocal:	Dr. Adolfo Navarro Sigüenza
Secretario:	Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga
Suplente:	Dra. Alma Orozco Segovia
Suplente:	Dra. Kathleen Ann Babb Stanley

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 14 de octubre de 2003.

Dr. Juan José Morrone Lupi
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

TRABAJA CON
FAMILIA DE ORIGEN

B

Reconocimientos

Este trabajo fue dirigido por la Dra. Ma. del Coro Arizmendi Arriaga, Tutora principal, el Dr. Alfonso Valiente Banuet y la Dra. Alma Orozco miembros del Comité Tutorial.

Quiero agradecer a los integrantes del Jurado Dr. Adolfo Navarro y M. en C. Kathleen Ann Babb por sus sugerencias y correcciones que mejoraron el presente trabajo.

Agradezco a la Dra. Patricia Dávila Aranda por facilitarme el equipo y las instalaciones de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) de la FES Izcala UNAM y especialmente a la Biól. Margarita por su ayuda en los análisis bromatológicos.

Al Dr. Pedro Jordano por revisar mi anteproyecto y por el envío de su tesis Doctoral.

A Javier Espinosa Cruickshank del Sistema Meteorológico Nacional.

Este estudio fue financiado con recursos otorgados para el proyecto DGAPA IN-207798 y por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza proyecto A1-97/36. Mi agradecimiento a Fundación Telmex y Hombre-Naturaleza por haberme otorgado una beca durante el período de mis estudios.



Agradecimientos

A mi hija Atzin

Por ser el milagro más hermoso de mi vida

A mi madre Lidia

Por tu ejemplo y por todo aquello que solo una madre sabe dar y sin palabras para definirlo

A mi esposo Teo

Por ser mi apoyo más real, aceptarme y por haberme dado lo que más adoro

A mi abuelita Coy, Rubén, Brenda, Norma, Angelito, Diana y Gabriela

A la Dra. Ma. del Coro y al Dr. Alfonso Valiente

Por su gran apoyo, paciencia y confianza

A Olga García y Rocio José

A Erica, Israel, Germán, Octavio, Miguel, Hortensia, Raúl, Ricardo, Raúl jr. y especialmente a Alejandra, Gustavo, Doña Elvira y Demetrio por su apoyo y cariño.

A todos mis amigos, por ser los hermanos que uno puede escoger

Y especialmente a todos aquellos que me ayudaron con sus ideas y el trabajo de campo

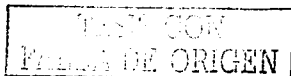
Olga García, Rocio José Jacinto, Juan Martínez, Dulce García, Guillermo Sánchez, Héctor Moya, Yadira León, Laura Márquez, Angélica Estrada, Elsa Figueroa, Mónica Pérez, Rodolfo Reséndiz, José Soriano, Gabriel Gutiérrez, Tere Rodríguez, Alejandro Medina, Rosario Vázquez, René Juárez, Angélica Doroteo, Manuel Alberto Rojas, Leticia Ríos, Héctor Godínez, Lugin Sortibrán y Adolfo Vital



INDICE

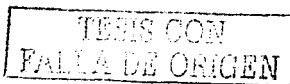
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Hipótesis.....	9
Objetivo y metas.....	10
Área de estudio.....	10
Método.....	13
Censado de aves.....	13
Variación de la riqueza de aves durante el periodo de estudio.....	16
Registro fenológico de los arbustos.....	16
Observaciones de interacción entre las aves y los frutos de los arbustos.....	17
Valoración del contenido nutritivo de los arbustos.....	19
Resultados.....	21
Avifauna identificada en el área de estudio.....	21
Variación de la riqueza de aves durante el periodo de estudio.....	24
Fenología de los arbustos.....	32
Observación del forrajeo de aves.....	35
Valoración nutritiva de los frutos.....	37
Discusión.....	41
Avifauna del Mexical.....	41
Variación de la avifauna con respecto a los meses de estudio y a la fructificación.....	42
Observaciones de interacción ave-arbusto.....	45

Calidad nutritiva de los frutos e interacciones ave-arbusto en otras áreas del mundo con vegetación esclerófila perennifolia.....	48
Factores históricos.....	52
Conclusiones.....	54
Literatura citada.....	55
Apéndice I.....	68



Resumen

Durante la época de fructificación, es común observar un incremento en la abundancia de las aves, relacionado con la cantidad de recursos que desencadena dicho patrón. La vegetación esclerófila perennifolia de la Cuenca del Mediterráneo, se ha reportado como una fuente rica en la producción de frutos, principalmente para aves migratorias. En México, esta vegetación, específicamente para el Valle de Tehuacán, contiene arbustos con frutos carnosos aparentemente atractivos para ser consumidos por aves. Esta característica debería ser determinante en el incremento del número de aves con dieta frugívora durante la fructificación. Por tanto, el objetivo de este trabajo, fue registrar los cambios en la riqueza de aves a lo largo de siete meses durante la fructificación de los arbustos *Rhus standleyi*, *R. virens*, *Comarostaphylis polifolia*, *Citharexylum oleinum*, *Amelanchier denticulata* y *Garrya ovata*, así como analizar la composición nutrimental de sus frutos. Se identificaron 50 especies, de 44 géneros y 22 familias de aves, de las cuales veintidós son nuevos registros para el Valle. *Rhus virens*, *Comarostaphylis polifolia*, *Citharexylum oleinum* y *Amelanchier denticulata* presentaron fructificación secuencial. Sin embargo la interacción de las aves con los frutos fue prácticamente nula, excepto por *Catharus guttatus*, que interactuó con los frutos de *C. oleinum* en una ocasión. Los frutos analizados de *R. virens*, *A. denticulata*, *C. polifolia* y *C. oleinum*, presentaron diferencias en su contenido nutrimental en comparación a los de la Cuenca del Mediterráneo. Los frutos de estas especies también presentaron taninos, que pudieran influir en la preferencia de las aves por estos frutos. Posiblemente, los factores históricos, evolutivos y fisiológicos en las aves y plantas sean parte importante en la relación de interacción.



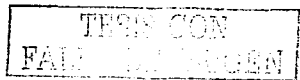
Introducción

La frugivoría es la alimentación a base de frutos que presentan muchos grupos de vertebrados. Este tipo de dieta permite a las plantas que sus semillas se dispersen lejos de la planta parental estableciéndose en nuevas áreas (Snow 1981). En varios casos estas semillas, solamente pueden empezar su germinación al ser manipuladas por los consumidores (Levey 1987, Fleming 1991, Witmer y Soest 1998).

Dentro del grupo de las aves, un 16.3% del total de todas las familias existentes, presentan dietas frugívoras, perteneciendo en su gran mayoría al orden de los Passeriformes (Fleming 1991). Aunque todavía es un tema sujeto a discusión, se ha observado que las plantas desarrollan características importantes en las flores ó frutos para atraer a las aves, y ser polinizadas ó dispersadas por ellas (Fleming 1991). Una de ellas es la formación de flores con colores llamativos, como los rojos y rosas, que a través de la visión de las aves, se presentan en colores muy llamativos y atractivos, ó las formas acampanadas de las flores, relacionadas con los picos de los colibríes (Grant 1968, Johnsgard 1983). En el caso de los frutos, estos son carnosos, de colores rojos y negros, generalmente bayas y drupas que atraen a las aves permitiendo la dispersión de sus semillas al ser consumidas (Howe y Smallwood 1982, Wheelwright 1985, Levey 1987, Willson y Whelan 1989, Fleming 1991, Peakall y Handel 1993, Tiffney y Mazer 1995, Westoby *et al.* 1997, Wilkinson *et al.* 1997). Estas características constituyen el llamado "síndrome de ornitoria" (Foster 1987).

Además del color, los típicos frutos dispersados por aves presentan características que propician su elección (Stapanian 1982 a y b). Estas características son:

1) La composición química del fruto, que se asocia con la estrategia digestiva del ave para digerir y absorber los lípidos y carbohidratos (Witmer y Soest 1998), cuyos componentes son



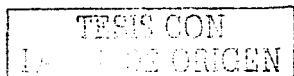
esenciales para las aves en épocas reproductivas (Martínez del Río y Karasov 1990, Loiselle y Blake 1991).

2) El tamaño del fruto, que está asociado a la manera de manipulación que utiliza el ave para consumirlo, y cuyo proceso, puede llegar a causar daños en el fruto (Levey 1987).

3) La abundancia del fruto, ya que ésta influye de manera muy importante en las épocas reproductivas de las aves por la cantidad de recursos disponibles, además, tal acontecimiento también influye en la presencia de aves de distintos gremios alimenticios asociados a la fructificación (Baird 1980, Fernández 1982, Levey y Moermond 1984, Herrera 1985, Johnson *et al.* 1985, Avery y Riper 1989, Willson *et al.* 1989, Willson y Whelan 1990, Loiselle y Blake 1991, Poulin *et al.* 1992, Estades 1997, Parrish 1997).

El incremento en el número de aves a lo largo del año, se da principalmente por las migraciones, ya sea latitudinales, dadas por cambios climáticos en su lugar de origen, ó locales, que generalmente son movimientos más cortos a lo largo de distintos tipos de vegetación, los cuales, son asociados con aves de dietas frugívoras y nectarívoras que se mueven en busca de alimento (Ornelas y Arizmendi 1995, Estades 1997, Parrish 1997). Estos movimientos, generalmente representan un gasto energético muy grande, por lo que el alimento que ellos buscan, debe tener un alto contenido energético que compense el tiempo y energía que ellas emplean para consumirlo (Kendeigh 1970, Levey y Moermond 1984, Johnson *et al.* 1985, Carey 1996). Esta relación puede implicar una forma de presión selectiva de las aves hacia las plantas, ya que las aves preferirán aquellos frutos que satisfagan sus necesidades fisiológicas (Moermond y Denslow 1983, Johnson *et al.* 1985).

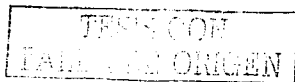
La relación entre las aves y los frutos en ambientes tropicales, ha sido ampliamente estudiadas, y sería complejo citar todos los trabajos que se han realizado en esos hábitats, pero en general se conoce que las interacciones más estrechas entre aves y plantas se dan en estos



ambientes (Snow 1981, Howe y Smallwood 1982, Boucher y Keeler 1982, Jordano 1984, Herrera 1985, Fleming 1991, Loiselle y Blake 1991).

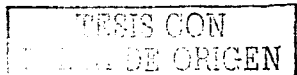
En zonas áridas, la relación entre la vegetación y las aves también es muy estrecha, especialmente porque algunas cactáceas necesitan de las aves para la dispersión de sus semillas. Esta dispersión permite que las semillas se puedan establecer bajo la sombra de arbustos llamados nodrizas, evadiendo así, las condiciones de temperatura y sequía tan extremas que se presentan en los suelos de las zonas áridas (ver Valiente-Banuet y Ezcurra 1991, Valiente y Arizmendi 1997, Godínez 2000). En el Valle de Tehuacán, específicamente, se ha estudiado que frutos de algunas cactáceas como *Myrtillocactus geometrizans* (Pérez 2000) y *Stenocereus pruinosus* (García 2000) son consumidos por aves, y sus semillas, al ser defecadas, muestran un incremento en la germinación, y en el caso de la cactácea columnar *Neobuxbaumia tetetzo*, las aves son una vía muy importante para el establecimiento de sus semillas (Godínez 2000).

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es un área muy heterogénea, ya que las diferencias de altitud y geomorfología, crean un mosaico de condiciones ambientales donde se desarrollan veintinueve asociaciones vegetales (Valiente-Banuet *et al.* 2000). Dentro de ellas, destacan varias especies endémicas y dominantes que se encuentran en las tetecheras, bosques de cactáceas columnares, los mezquiales, selvas bajas caducifolias, izotales, comunidades boscosas de Montaña, bosques de galería, tulares, matorrales rosulifolios, matorrales espinosos y el Mexical ó vegetación esclerófila perennifolia. Este último tipo de vegetación ha sido recientemente descrita para el Valle (ver Valiente-Banuet *et al.* 1998), se encuentra en las áreas más altas y templadas entre los 1900 y los 2400 msnm, colindando, por arriba de su cota altitudinal, con los bosques de pino-encino y por debajo, con el matorral rosulifolio y los matorrales de *Gochmathia hypoleuca*. (Valiente-Banuet *et al.* 2000).



Para otras áreas del mundo, esta vegetación se ha descrito como una fuente muy importante en la producción de frutos para las aves, especialmente para las aves migratorias (Avery y Riper 1989, Debussche *et al.* 1987, Debussche e Isenmann 1989, French 1991, 1992, Herrera y Jordano 1981, Herrera 1978, 1982, 1984a, 1984b, 1985, 1998, Jordano 1984, 1987, 1992, 1995, Keeley 1991).

Esta área de matorral, dependiendo del país donde se encuentra, es nombrada de diferentes formas: maquia para la cuenca del Mediterráneo, que comprende en su mayor parte España, seguida del Sureste de Francia, Italia e Israel; malle para Australia, fynbos para Sudáfrica, chaparral para California y matorral para Chile (Di Castri 1981, Fuentes 1994). Ciertamente son cinco las áreas distribuidas a lo largo del cinturón Mediterráneo entre los 30° y 40° Ny S, y a las cuales se les atribuyó su expansión, en base a la distribución del clima Mediterráneo (figura 1). Este tipo de clima generalmente corresponde a veranos extremadamente secos con altas temperaturas e inviernos fríos y húmedos (Axelrod 1958, 1973, Raven y Axelrod 1978, Cody y Mooney 1978), aunque también, hay que tomar en cuenta las diferencias locales como la cercanía de las costas, desiertos, montañas y la perturbación humana (Parsons 1976). Para México ésta vegetación se presenta en Baja California bajo un clima Mediterráneo y en Tehuacán, Puebla, en condiciones de clima seco (García 1997). Sin embargo estás dos áreas no son las únicas donde se llega a distribuir este tipo de vegetación, ya que ésta se puede distribuir a lo largo de cadenas montañosas de los estados de Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Durango, México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas (Valiente *et al.* 1998) (figura 2).



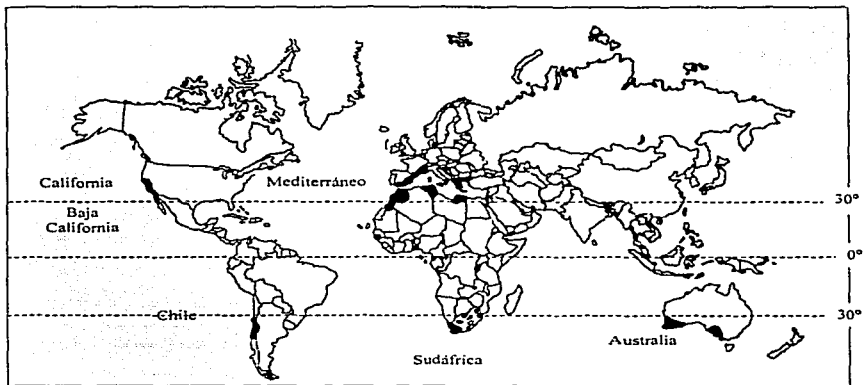


Figura 1. Las cinco áreas de clima Mediterráneo del mundo. Datos obtenidos de Cowling *et al.* 1996.

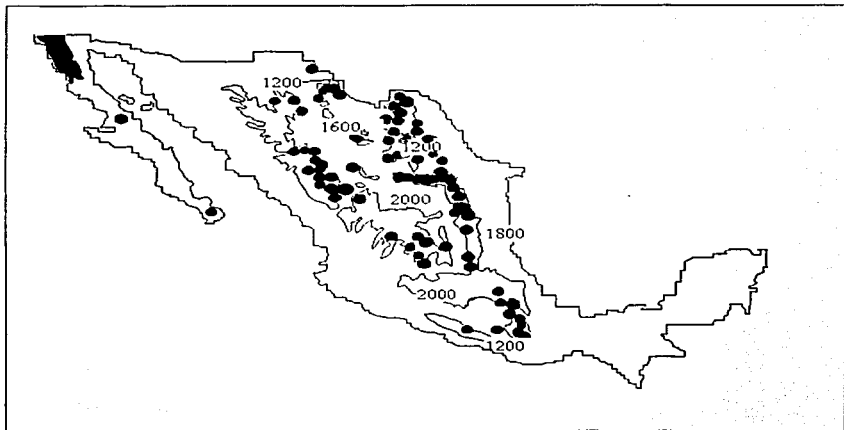


Figura 2. Distribución de las localidades de la vegetación esclerófila perennifolia en México. Imagen tomada de Valiente-Banuet *et al* 1998.

La vegetación esclerófila perennifolia, apareció durante el Pleistoceno tardío, presentando su mayor extensión y dominancia durante el Terciario (Axelrod 1973). Muchas de las especies vegetales presentes hoy en día en dichas áreas, son sobrevivientes de un cambio de clima semihúmedo al clima árido, por lo que generalmente, encontramos este tipo de vegetación en áreas de transición a dichos ambientes (Axelrod 1958, 1966). Los géneros de plantas más importantes, por mencionar algunos, son *Pinus*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Yucca*, *Quercus*, *Bursera*, *Rhus*, *Amelanchier* y *Arctostaphylos* principalmente (e.g. Axelrod 1958, Raven y Axelrod 1978).

La interacción ave-fruto en este tipo de ambientes, ha sido ampliamente estudiada en España (Herrera y Jordano 1981, Herrera 1978, 1982, 1984a, 1984b, 1985, 1998, Jordano 1984, 1987, 1992, 1995). Dentro de esta área, específicamente para el área de Doñana, se conoce que cerca de un 80% de las especies vegetales son dispersadas por aves (Jordano 1984). Estos frutos son de gran importancia para especies migratorias pertenecientes a las familias Turdidae y Sylviidae. Incluso se han encontrado relaciones morfológicas muy específicas entre el fruto y el tamaño del pico y el aparato digestivo de aves residentes (Herrera 1978, 1984a, Jordano 1984, 1992).

Al sur de Francia, también reconocen la importancia de los frutos en la dieta de las aves, e incluso, identifican a *Sylvia melanocephala*, *S. cantillans*, *S. hortensis* y *S. undata* como las principales aves dispersoras, al igual que en Doñana, España (Debussche *et al.* 1987, Debussche e Isenmann 1983). En Australia y Nueva Zelanda las aves también son importantes en el consumo de los frutos de los arbustos de esta vegetación, y se enfatiza la importancia que hay entre la morfología del fruto y el ave, así como la influencia de la producción de frutos sobre la abundancia de los dispersores (French 1992). En Chile, se piensa que el recurso de los frutos es una fuente importante en la alimentación de las aves, sin embargo, no se han realizado estudios más detallados al respecto (ver Fuentes 1992, Fuentes *et al.* 1984, Estados 1997). En California, por ejemplo, la relación entre la abundancia del recurso alimenticio y la abundancia de las aves si se ha estudiado, y se registra un incremento en el número de las aves con respecto a la abundancia de los frutos (Avery y Ripper 1989).

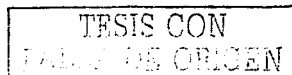
En la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán, un 28% del total de las especies de arbustos presentan frutos carnosos, de los cuales un 54% se relacionan con el síndrome de ornitocoria (Flores 1996). Dentro de los arbustos que presentan dicha característica, y de los cuales son las más dominantes (Flores 1996), se encuentran *Rhus virens* y *Rhus standleyi*

(Anacardiaceae), cuyo género es reconocido por presentar frutos dispersados por aves frugívoras especializadas (Snow 1981), *Comarostaphylis polifolia* (Ericaceae), *Amelanchier denticulata* (Rosaceae), *Garrya ovata* (Garryaceae) y *Citharexylum oleinum* (Verbenaceae) cuyos frutos son dispersados por aves frugívoras no especializadas (Snow 1981). Estos géneros han sido clasificados como "Fósiles vivientes" por Axelrod (1958) dado que han sobrevivido a cambios ambientales tan extremos que han restringido la presencia de la vegetación en la que se desarrollan.

Dado que el Mexical es un tipo de vegetación en donde se presenta una alta proporción de arbustos con frutos carnosos, y con aparente síndrome de ornitocoria, éste debe ser un factor importante de atracción para las aves frugívoras, esperando que cuando los frutos carnosos son abundantes, el número de especies de aves frugívoras se incremente, por lo que en este trabajo se pretende medir el cambio de la riqueza de aves con distintos tipos de dieta, durante siete meses a lo largo de un año, en función de la época de fructificación de *Rhus virens*, *Rhus standleyi*, *Comarostaphylis polifolia*, *Amelanchier denticulata*, *Garrya ovata* y *Citharexylum oleinum*, así como analizar las posibles relaciones entre las aves que incluyen en su dieta frutos y el contenido nutritivo de los frutos producidos por los seis arbustos.

Hipótesis

Al presentarse un aumento en la cantidad de frutos con síndrome de ornitocoria en seis arbustos dominantes de la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán, se esperaría un incremento en la riqueza específica de las aves con dieta frugívora.



Objetivos

Objetivo principal

Conocer si la fructificación en el Mexical es un factor determinante en la distribución de las aves del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Metas

Dado que la avifauna que se presenta en la vegetación esclerófila perennifolia se desconoce, es necesario identificar su composición específica y los cambios que presenta de manera estacional.

Analizar si durante siete meses del año hay cambios en la presencia y riqueza de las aves, y si estos se correlacionan con la fructificación de los seis arbustos seleccionados y con la presencia de aves con dietas frugívoras.

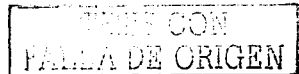
Determinar mediante observaciones directas que especies de aves interactúan con los seis arbustos estudiados y como se dan estas interacciones.

Examinar la calidad nutritiva de los frutos de las seis especies de arbustos examinadas.

Área de estudio

El Valle de Tehuacán se encuentra en la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán, al sureste de Puebla y Noroeste de Oaxaca entre los 17° 39' y 18° 53' de latitud norte y los 96° 55' y 97° 44' de longitud oeste con cerca de 10, 000 Km² (Dávila *et al.* 1993).

Dentro de este Valle, en el macizo montañoso a los 18° 38' N y 97° 27' O, a 2350 y 2450 m.s.n.m se encuentra el Cerro Zotoltepec con una vegetación de matorral esclerófilo perennifolio (figura 3), que se desarrolla en suelos pocos profundos con gran cantidad de materia orgánica



(INEGI 1987). Presenta 400 mm de precipitación promedio anual y 14.6°C como promedio de temperatura anual (Flores 1996). De manera local y por factores edáficos, existen manchones de *Brahea nitida* y *B. dulcis*. A partir de estudios realizados, el Mexical de Tehuacán ocupa el segundo lugar a nivel mundial en cuanto a niveles de diversidad, después del matorral chileno (Cowling *et al.* 1996, Valiente-Banuet *et al.* 1998). Su clima es de tipo seco (Bs) (García 1997). Dentro de las especies dominantes de plantas, sin importar la forma de dispersión son: *Quercus sebifera*, *Rhus virens*, *R. standleyi*, *Cercocarpus fothergilloides*, *Vuquelinia australis*, *Comarostaphylis polifolia*, *Xerospirea hartwegiana*, *Amelanchier denticulata*, *Brahea nitida*, *Ferocactus haematacanthus*, *Agave stricta*, *Bursera fagaroides* y *Corton hypoleucus* (Flores 1996, Valiente-Banuet *et al.* 2000).

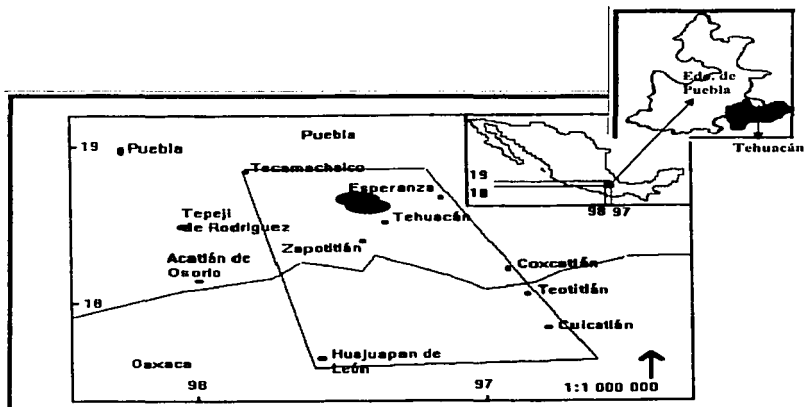


Figura 3. Ubicación del área de estudio dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. El cerro Zotoltepec es señalada con los óvalos oscuros.

Método

Censado de Aves

Se realizaron veintiocho censos de aves durante siete meses de 1999-2000. Estos meses fueron, enero y noviembre dentro de los meses más fríos, abril, uno de los meses más secos, junio y julio, meses con mayor precipitación, y agosto y septiembre, como los más cálidos. Los datos de las condiciones climáticas de cada mes están basadas en el diagrama ombrotérmico de Tehuacán (Rzedowski 1981) (figura 4).

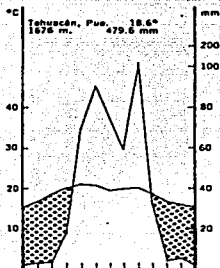


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de Tehuacán, Puebla. Figura tomada de Rzedowski 1981.

Los censos de aves se realizaron utilizando el método de parcelas circulares propuesto por Hutto (Hutto *et al.* 1986). Cada parcela fue de un diámetro de 10 metros, y se ubicaron seis a lo largo de un transecto, separados a su vez, por un mínimo de 100 metros. Estas medidas se determinaron así, dado a los suelos accidentados y el tamaño achaparrado de los arbustos del área de estudio. Las observaciones se hicieron diariamente por cada salida que fue alrededor de cuatro días, estas observaciones se realizaron a partir de las 6:00 hrs hasta aproximadamente las 10:00 hrs por la mañana y 16:00-18:00 hrs por la tarde. El comienzo de las observaciones dependió de las condiciones climáticas del área, que generalmente, por las mañanas, eran muy frías, húmedas y con algunas ráfagas de viento. Todas las observaciones y condiciones climáticas fueron registradas en hojas de observación específicas para registros de aves, facilitadas en el curso-taller de técnicas para el monitoreo de poblaciones de aves Neotropicales. En dichas hojas se anotó la hora de observación, el punto donde se observó la especie, el sexo, cuando éste era posible de determinar, la especie, si ésta se encontraba fuera del diámetro de observación, el sustrato donde perchaba y observaciones especiales. También se anotaron las condiciones climáticas del día de observación, la intensidad del viento, que se clasificó como ausente, moderado y fuerte, la presencia de niebla y el nombre del observador.

Las aves se identificaron con ayuda de binoculares (10X25) y de guías especializadas (Peterson y Chalif 1989, National Geographic 1994 y Howell y Webb 1995). Durante el muestreo, se utilizaron cuatro redes ornitológicas por cada salida, para complementar los censos de los siete meses de estudio. De las redes solo se registraron los datos generales de la especie capturada y la fecha de colecta, siendo el ave liberada posteriormente. En algunos casos, se colectaron especies que no habían sido registradas anteriormente en el Valle ó aquellas con hábitos frugívoros, para identificar el contenido estomacal, y comprobar si había consumo de frutos ó semillas de los arbustos estudiados (Tomback 1975).



Las aves de interés fueron atrapadas en las redes y colectadas, sacrificándolas por asfixia. Posteriormente se prepararon en piel para ingresarlas próximamente a una colección científica. Algunos de los ejemplares que fueron colectados durante el mes de enero, se ingresaron a la colección ornitológica del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM. El aparato digestivo de cada ejemplar, fue extraído y conservado en un frasco con alcohol al 70% para luego analizarlo en el laboratorio con un microscopio estereoscópico.

Después de identificar y clasificar a las especies de acuerdo a la lista del American Ornithologist'S Union 1998, se agruparon de acuerdo al tipo de dieta, basando la clasificación en la propuesta por Necedal (1984) y en resultados de Arizmendi y Espinosa de los Monteros (1996), Prado (1998), García (2000) y observaciones personales. La dieta se clasificó en carnívoro, carroñero, insectívoro, nectarívoro, frugívoro, granívoro y omnívoro. Si alguna especie de ave contaba con dos tipos distintos de dietas, entonces la clasificación era asignada comenzando con la dieta más frecuente, por ejemplo frugívoro-insectívoro.

La estacionalidad se clasificó en: **Residente**, que es la especie que se reproduce en el área y puede ser observada todo el año, **Migratoria**, especie que no se reproduce en la zona pero puede ser observada en la zona durante varios meses, especialmente en el invierno, y **Migratoria local**, especie que se mueve altitudinalmente generalmente siguiendo la abundancia de los recursos entre los hábitats (Arizmendi y Espinosa de los Monteros 1996).

Para determinar posibles movimientos de intercambio entre la avifauna del Mexical y otra área de Tehuacán se aplicó el coeficiente de Sorensen (Franco 1989), el cual considera el número de especies, su ausencia o presencia en cada una de las dos áreas a comparar, y cuya fórmula se expresa:

$$C_s = (2c / a + b) (100)$$

Donde:

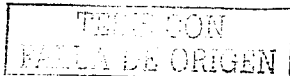
- a) número de especies en la comunidad ó muestra 1.
- b) número de especies en la comunidad ó muestra 2.
- c) número de especies que se presentan en ambas comunidades ó muestras.

Variación de la riqueza de aves durante el periodo de estudio

Para todos los análisis se utilizó la riqueza de aves observada. El análisis seleccionado para encontrar diferencias en la riqueza de aves por mes, fue el análisis de varianza de observación única (ver Zar 1984 y Wayne 1988) en virtud de que en este análisis, cada respuesta u observación se categoriza de acuerdo con un solo criterio de clasificación: el tratamiento al cual pertenece (Wayne op cit.). Para este análisis se agruparon las aves de acuerdo a su dieta, como primer criterio de clasificación y su presencia a lo largo siete meses de estudio como segundo.

Registro fenológico de los seis arbustos

Las especies de los arbustos se eligieron a partir del estudio realizado por Flores (1996) y en la información de los ejemplares del Herbario del Instituto de Biología (MEXU) de la UNAM. Esta revisión permitió confirmar, si los frutos de las especies presentaban características atractivas para ser consumidos por las aves (frutos carnosos como drupas y bayas de colores llamativos). Estas especies se seleccionaron por ser las más abundantes, ya que esto permitiría contar con un número representativo de muestra. El número de los arbustos y las especies son las siguientes: nueve individuos de *Rhus standleyi* y veinticuatro de *R. virens* (Anacardiaceae), doce individuos de *Comarostaphylis polifolia* (Ericaceae), diecisiete de *Garrya ovata* (Garryaceae),



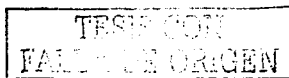
once individuos de *Amelanchier denticulata* (Rosaceae). y catorce individuos de *Citharexylum oleinum* (Verbenaceae). El número de arbustos se basó en su presencia dentro de los transectos ubicados para su registro y que no necesariamente eran los mismos transectos para el censo de las aves.

Dentro del área de estudio se colocaron 9 transectos permanentes (10 m x 1.25 m, dentro de un área total de 1.0125 ha) donde abundaban los arbustos de interés (Jordano 1984, Loiselle y Blake 1994). Dichos transectos se colocaron fijos con el fin de mantener un seguimiento de los mismos individuos durante el tiempo de estudio. A cada individuo se le colocó una lámina de metal con un código, indicando la especie, el número de transecto y el número de individuo dentro del transecto.

Cuando algún individuo de los arbustos marcados presentaba frutos, se registraba en una hoja especial y se describían las características sobresalientes que presentara cada fruto, como parasitación o algún tipo de maltrato físico en su cáscara.

Observaciones de interacción entre las aves y los frutos de los arbustos

En la época de fructificación, se realizaron observaciones por diez minutos en algún arbusto con frutos. Este tiempo se determinó con base en estudios realizados en el área de Doñana, España, con el mismo tipo de vegetación (Jordano 1984). La observación por 10 minutos en cada arbusto, permitió reducir el margen de error de escoger un individuo con frutos en mal estado y poco visitado, además de aumentar la probabilidad de elegir arbustos en diferentes condiciones, como aquellos que se encontraban en zonas abiertas y aquellos rodeados de cobertura vegetal.



Las observaciones se realizaron durante la mañana y la tarde en 18 individuos de *R. virens* durante abril y junio, 15 en noviembre, 9 individuos de *R. standleyi* durante enero, abril y noviembre, 14 individuos de *C. polifolia* en enero, 19 en junio y julio y 18 en agosto, 10 individuos de *A. denticulata* durante agosto, septiembre y noviembre, 14 individuos de *G. ovata* durante el abril y junio y por último 15 individuos de *C. oleinum* durante junio, julio, agosto y septiembre y 17 en noviembre. Se acumuló un total de 3 horas para *R. virens* en abril y junio, 7.5 horas en noviembre, 4.5 horas en *R. standleyi* en enero, abril y noviembre, 6.9 horas para *C. polifolia* en enero, 9 horas en junio y julio y 9.48 horas agosto, 4.8 horas en *A. denticulata* en agosto, septiembre y noviembre, 6.9 horas en abril y 5 horas en junio para *G. ovata* y 4.6 horas para *C. oleinum* en junio y julio y 6 horas en agosto y septiembre. Cabe mencionar que estos arbustos no necesariamente estaban presentes dentro de los transectos marcados para el estudio, ya que eran seleccionados por la cantidad de frutos. Esta observación se llevó a cabo para identificar las especies de aves que se alimentaban de los frutos, tratando de registrar a su vez, la forma de manipuleo de los frutos, es decir, si estos eran tragados, regurgitados ó depredados (Tomback 1975, Herrera y Jordano 1981, Herrera 1984a, 1984 b).

Posteriormente se aplicó un análisis de correlación lineal simple con una ANOVA de regresión, entre la riqueza de aves y la presencia de arbustos fructificando dentro de los transectos durante los meses de muestreo. Cabe señalar que dentro de este análisis se excluyeron las aves carnívoras, carroñeras, nectarívoras y las exclusivamente insectívoras, ya que generalmente no se espera un aumento de ellas durante la época de fructificación (Cody 1985, Levey y Stiles 1992).

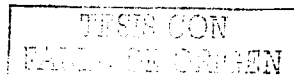


Valoración del contenido nutritivo de los frutos

En época de fructificación los frutos de cada especie eran colectados aleatoriamente de individuos no marcados dentro de la zona, con el fin de no interferir y alterar los datos del ciclo de fructificación de los individuos que se estaban registrando en el transecto fijo. Los frutos colectados fueron congelados y almacenados en bolsas de plástico, y antes de ser analizados se les extrajo la semilla, ya que la semilla contiene otra calidad nutritiva que en este trabajo no se determinó (Debussche *et al.* 1987).

La calidad de los frutos se evaluó para comparar su calidad nutritiva, ya que este es un factor determinante en la preferencia de las aves. Esta calidad se analizó determinando el peso seco y el peso fresco de la pulpa y su contenido de proteínas (método de Kjeldahl, (Osborne 1986), carbohidratos (método de Antrona de Clegg (French 1987), lípidos (método de arrastre de grasas) y nitrógeno (método de Kjeldahl) (Osborne 1986, Foster 1987, French 1991). Cabe señalar que los métodos fueron ajustados para el tamaño de muestra del fruto con el que se contaba, para este caso, fue de 1gr, que es el mínimo admitido para la exactitud de estos análisis.

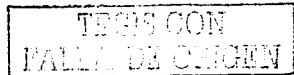
Para cuantificar las proteínas se utilizó el factor de corrección de 5.7 (que es una de las constantes utilizadas para este análisis), y para carbohidratos las lecturas de las soluciones se realizaron con 630 nm (ver Osborne 1986). Así mismo se realizó un hemoanálisis para la identificación de taninos en la pulpa de cada especie de fruto (Dey y Harbone 1989). Este análisis consistió en pesar 1 gr de la muestra disuelta en 10 ml de agua destilada, calentando la solución cerca de 30 minutos. Se utilizó 1 ml de esta solución y se le agregó 2 ml de sangre humana fresca disuelta en 100 ml de agua destilada. Después se centrifugó la solución a 5000 rpm durante 10 min. Esta valoración de taninos es solo para determinar la presencia de éstos, ya que es difícil



extraer su carácter fenólico al ser compuestos complejos y difíciles de especificar (Bruneton 1991).

Para conocer si la calidad del contenido nutrimental de los frutos (lípidos, proteínas y carbohidratos), era similar a la de frutos consumidos por aves en otras áreas con este tipo de vegetación, se usaron datos obtenidos en el área de Doñana, España y Sur de Francia (Jordano 1984, Debussche *et al.* 1987), ya que son los únicos trabajos que presentan este tipo de análisis para frutos. Los porcentajes obtenidos para la Cuenca del Mediterráneo (área en la cual se ubican ambas localidades) provienen de diez especies cuyo contenido nutrimental se promedió para obtener un solo dato representativo. Con estos datos se aplicó una χ^2 de homogeneidad (Wayne 1988) para conocer si había similitudes entre la calidad nutritiva de los frutos de ambas áreas.

Finalmente, con los datos del área de Doñana, España, y los obtenidos para nuestra área de estudio, se aplicó una χ^2 también de homogeneidad, para comparar diferencias en el número de especies de las aves Passeriformes de ambos sitios, pues dentro de ese grupo hay aves que presentan una relación de interacción con los arbustos de esa región. Además, éste orden de aves incluye la mayor parte de aves con dietas frugívoras especializadas (Flemming 1991). Los datos de dieta de las aves de España fueron clasificados a partir de la información presentada en el trabajo de Jordano 1984 y ajustada a la clasificación en la que se basó este trabajo (Nocedal 1984).



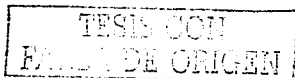
Resultados

Avifauna identificada en el área de estudio

Se registró un total de 50 especies de 44 géneros y 22 familias de aves (Apéndice 1). De ellas el mayor porcentaje correspondió a las aves frugívoras-insectívoras con un 32 % y las insectívoras con un 22% (figura 5). Conforme a la estacionalidad se registró un 58% como aves residentes, 24% como migratorias locales (movimientos de corta distancia) y el 18% como migratorias (movimientos de largas distancias) (Apéndice 1).

Durante el censo de aves, se identificaron veintidós nuevos registros para el Valle de Tehuacán. Tal es el caso de aves características de la vegetación esclerófila perennifolia como *Pipilo maculatus*, *Pipilo fuscus*, *Spizella atrogularis* y *Psaltriparus minimus*. Aquellas asociadas a montañas altas como *Junco phaeonotus* y *Basileuterus rufifrons*, aunque este último, es raro en dichas áreas (Peterson y Chalif 1989), y *Aegolius acadicus*, *Eugenes fulgens*, *Lampornis clemenciae*, *Melanerpes aurifrons*, *Myiarchus crinitus*, *Petrochelidon pyrrhonota*, *Catharus guttatus*, *Turdus migratorius*, *Ptilogonyx cinereus*, *Vireo huttoni*, *Vermivora peregrina*, *Dendroica nigrescens*, *Mniotilta varia*, *Setophaga ruticilla*, *Icterus galbula* y *Euphonia elegantissima* todas, habitantes de bosques, zonas áridas y matorrales (Howell y Webb 1995).

Muchas de las especies registradas en el área de estudio, también se encuentran en los bosques de cactáceas columnares dentro del mismo Valle (Arizmendi y Espinosa de los Monteros 1996). Ambos sitios de acuerdo al coeficiente de Sorensen, comparten el 40% de las especies de aves identificadas en el área de estudio, lo que seguramente indica posibles desplazamientos e intercambios constantes de las especies de otros lugares, hacia la zona de estudio. Dichas especies son *Cathartes aura*, *Falco sparverius*, *Zenaida asiatica*, *Z. macroura*, *Columbina passerina*, *Micrathene whitneyi*, *Cyananthus latirostris*, *Colothorax pulcher*, *Picoides*



scalaris, Colaptes auratus, Camplostoma imberbe, Myiarchus tyrannulus, Lanius ludovicianus, Aphelocoma californica, Tachycineta thalassina, Stelgidopteryx serripennis, Campylorhynchus brunneicapillus, Thryomanes bewickii, Mimus polyglottos, Toxostoma ocellatum, T. curvirostre, Phainopepla nitens, Aimophila ruficeps, Icterus wagleri, I. parisorum, Carpodacus mexicanus y Carduelis psaltria.

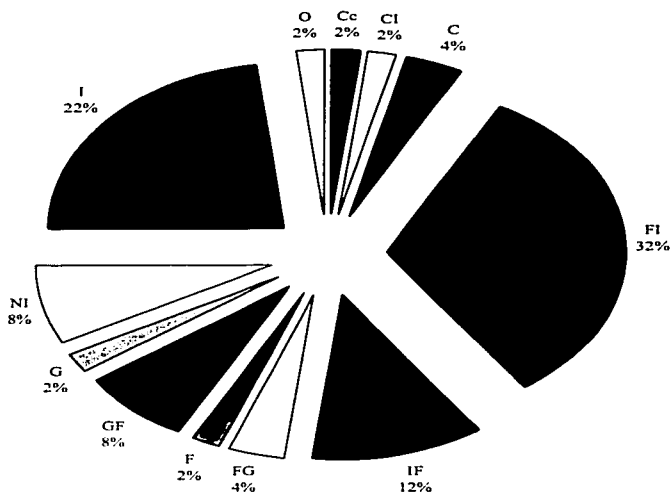


Figura 5. Porcentajes de la dieta de las aves registradas en el área de estudio. FI: frugívoras insectívoras, I: insectívoras, IF: insectívoras-frugívoras, NI: nectarívoras-insectívoras, GF: granívoras-frugívoras, FG: frugívoras-granívoras, C: carnívoras, G: granívoras, F: frugívoras, Cc: carnívoras-carroñeras, CI: carnívoras-insectívoras y O: omnívoras. Las dietas fueron clasificadas de acuerdo a estudios realizados por Nocedal (1984), Arizmendi y Espinosa de los Monteros (1996), Prado (1998), García (2000) y observaciones personales.

Variación de la riqueza de aves durante el periodo de estudio

Durante el tiempo de estudio, la riqueza de aves de diferentes dietas presentó diferencias por mes (figuras 6,7,8,9,10,11,12). Uno de los meses más fríos, enero, fue un mes con una diferencia alta en la riqueza de aves, principalmente de dietas frugívoras e insectívoras (figura 6). Los meses con mayor precipitación, junio y julio, fueron los meses con cambios más marcados. En junio, se registraron principalmente las aves con dietas nectarívoras- insectívoras, seguidas de las insectívoras, frugívoras-insectívoras y frugívoras-granívoras (figura 8). En julio, las aves de dietas frugívoras- insectívoras, insectívoras e insectívoras-frugívoras fueron las más observadas (figura 9). Por lo tanto, el análisis de varianza de observación única, resultó con diferencias en las medias durante los meses de estudio en relación a la riqueza de aves y sus dietas (cuadro 1).

Cuadro 1. Tabla del análisis de varianza de observación única aplicado para conocer la diferencia de la riqueza de aves con diferentes dietas durante los meses de estudio.

Fuente de variación	SC	gl	MC	RV	F _{11,72}
Dietas	144.97	11	13.17	11.06	2.34
Error	85.74	72	1.90		P>0.99



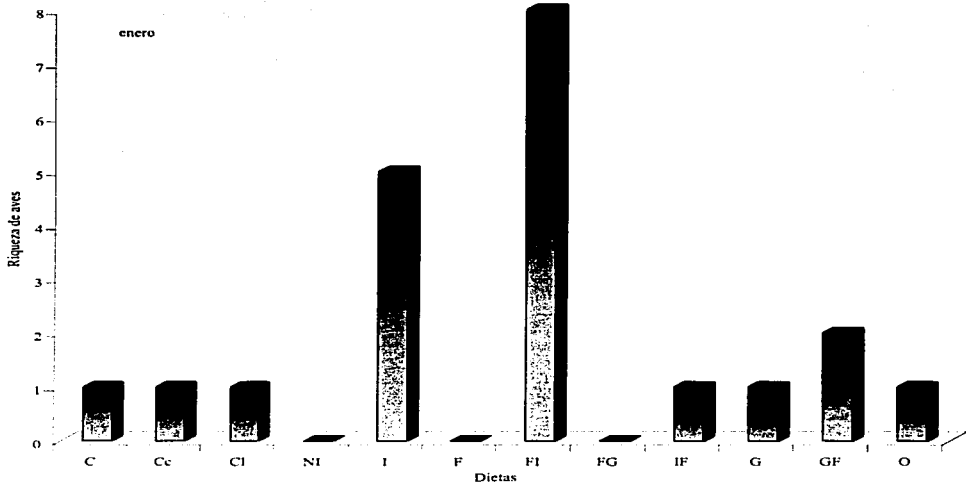


Figura 6. Riqueza de las aves durante el mes de enero. Las dietas clasificadas son: C: carnívoro, Cc: carnívoro carroñero, CI: carnívoro-insectívoro, NI: nectarívoro-insectívoro, I: insectívoro, F: frugívoro, FI: frugívoro-insectívoro, FG: frugívoro-granívoro, IF: insectívoro-frugívoro, G: granívoro, GF: granívoro-frugívoro, O: omnívoro.

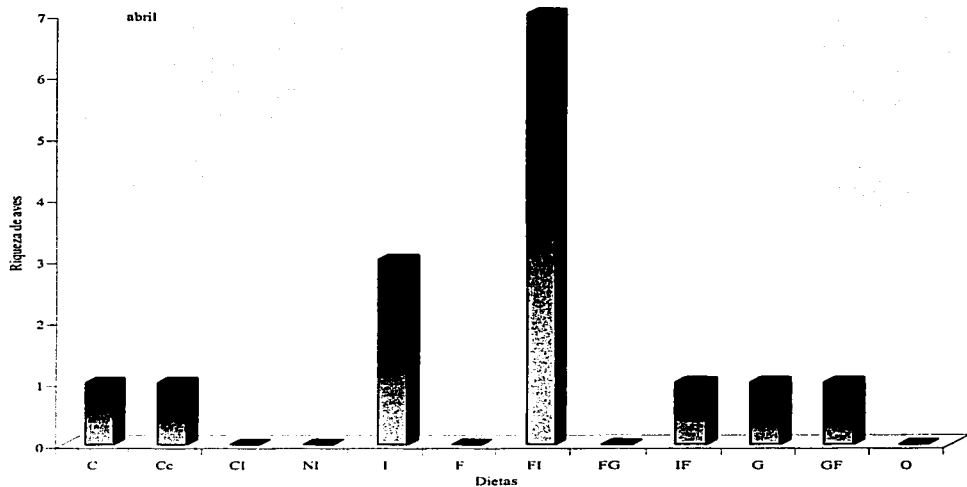


Figura 7. Riqueza de las aves durante el mes de abril. Las dietas clasificadas son: C: carnívoro, Cc: carnívoro carroñero, CI: carnívoro-insectívoro, NI: nectarívoro-insectívoro, I: insectívoro, F: frugívoro, FI: frugívoro-insectívoro, FG: frugívoro-granívoro, IF: insectívoro-frugívoro, G: granívoro, GF: granívoro-frugívoro, O: omnívoro.

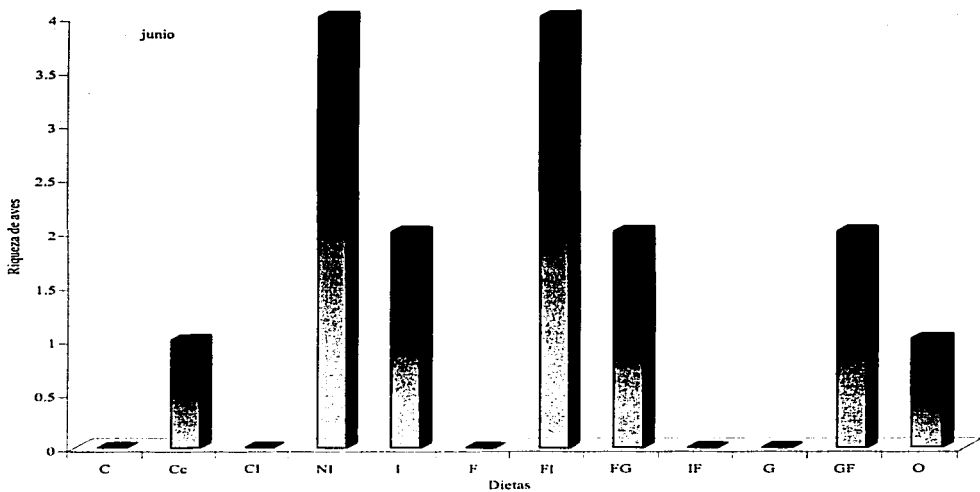


Figura 8. Riqueza de las aves durante el mes de junio. Las dietas clasificadas son: C: carnívoro, Cc: carnívoro carroñero, CI: carnívoro-insectívoro, NI: nectarívoro-insectívoro, I: insectívoro, F: frugívoro, FI: frugívoro-insectívoro, FG: frugívoro-granívoro, IF: insectívoro-frugívoro, G: granívoro, GF: granívoro-frugívoro, O: omnívoro.

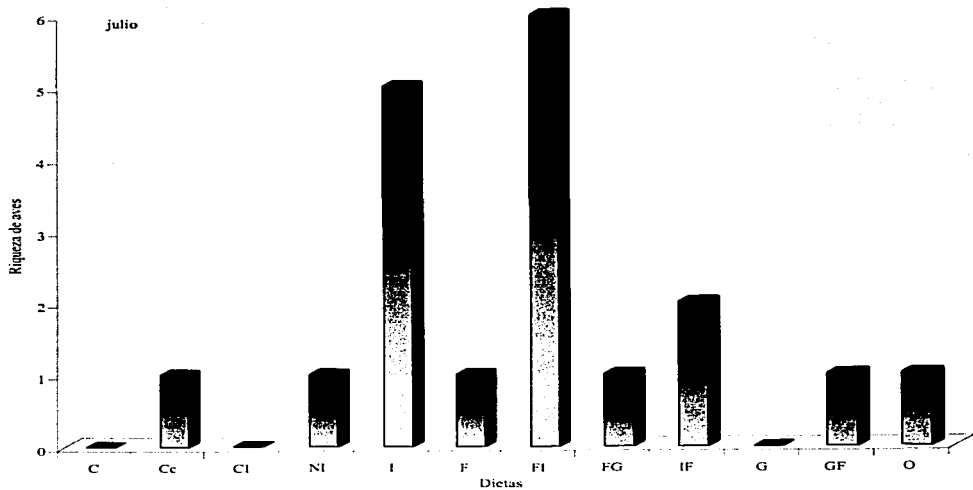


Figura 9. Riqueza de las aves durante el mes de julio. Las dietas clasificadas son: C: carnívoro, Cc: carnívoro carroñero, Cl: carnívoro-insectívoro, NI: nectarívoro-insectívoro, I: insectívoro, F: frugívoro, FI: frugívoro-insectívoro, FG: frugívoro-granívoro, IF: insectívoro-frugívoro, G: granívoro, GF: granívoro-frugívoro, O: omnívoro.

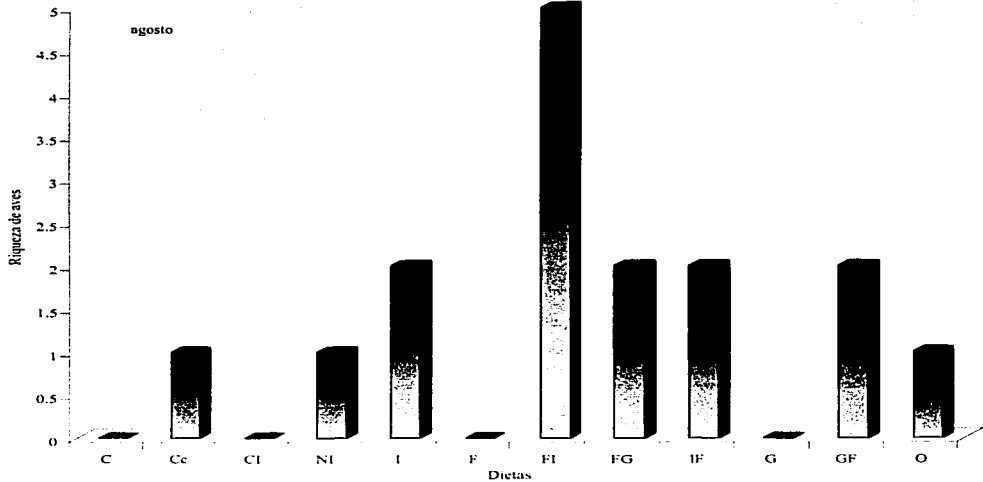


Figura 10. Riqueza de las aves durante el mes de agosto. Las dietas clasificadas son: C: carnívoro, Cc: carnívoro carroñero, CI: carnívoro-insectívoro, NI: nectarívoro-insectívoro, I: insectívoro, F: frugívoro, FI: frugívoro-insectívoro, FG: frugívoro-granívoro, IF: insectívoro-frugívoro, G: granívoro, GF: granívoro-frugívoro, O: omnívoro.

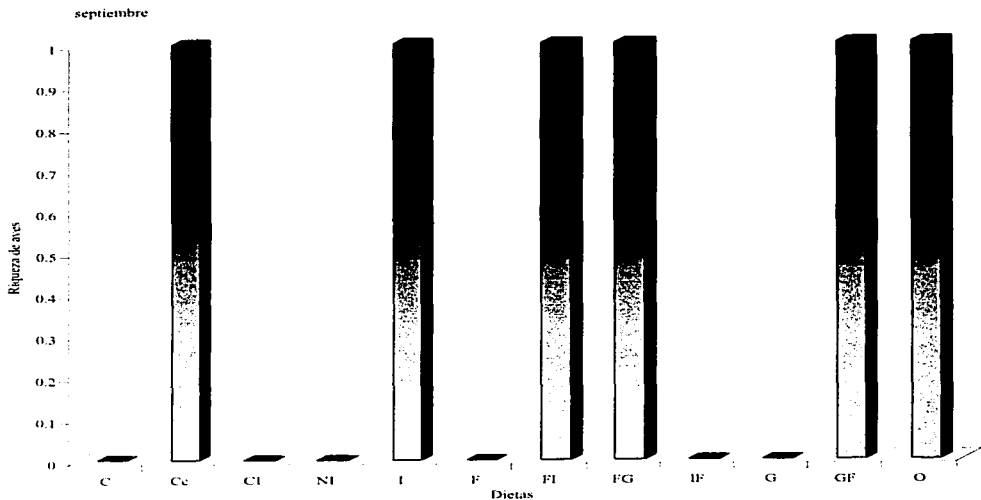


Figura 11. Riqueza de las aves durante el mes de septiembre. Las dietas clasificadas son: C: carnívoro, Ce: carnívoro carroñero, CI: carnívoro-insectívoro, NI: nectarívoro-insectívoro, I: insectívoro, F: frugívoro, FI: frugívoro-insectívoro, FG: frugívoro-granívoro, IF: insectívoro-frugívoro, G: granívoro, GF: granívoro-frugívoro, O: omnívoro.

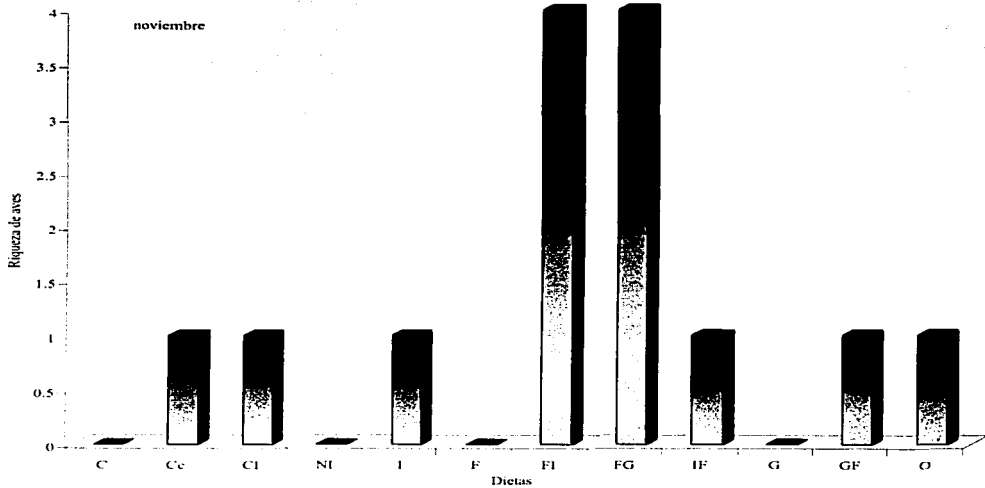
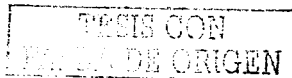


Figura 12. Riqueza de las aves durante el mes de noviembre. Las dietas clasificadas son: Cc: carnívoro carroñero, C: carnívoro, O: omnívoro, CI: carnívoro-insectívoro, I: insectívoro, G: granívoro, F: frugívoro, GF: granívoro-frugívoro, NI: nectarívoro-insectívoro, FI: frugívoro-insectívoro, IF: insectívoro-frugívoro, FG: frugívoro-granívoro.

Fenología de los arbustos

La floración fue secuencial en enero para *Rhus standleyi* y *Garrya ovata*, en abril, florecen en el mismo periodo *Rhus standleyi* y *Comarostaphylis polifolia*, en junio, florecen *Rhus virens*, *Comarostaphylis polifolia*, *Amelanchier denticulata* y *Citharexylum oleinum*, en julio *R. virens*, *C. polifolia*, *A. denticulata* y *C. oleinum*, durante agosto *R. virens*, *A. denticulata* y *C. oleinum*, en septiembre *R. virens* y *A. denticulata* y en noviembre *R. standleyi*.

La fructificación en todos los arbustos fue secuencial con otras especies, por ejemplo para *R. standleyi* y *C. polifolia* en enero; *R. standleyi*, *R. virens*, *A. denticulata*, *G. ovata* y *C. polifolia* en abril; *R. virens*, *G. ovata*, *C. polifolia*, y *C. oleinum* en junio; *R. virens*, *G. ovata*, *C. polifolia* y *C. oleinum* en julio; *C. polifolia*, *A. denticulata* y *C. oleinum* en agosto; *A. denticulata* y *C. oleinum* en septiembre y *R. standleyi*, *R. virens*, *C. oleinum* y *A. denticulata* en noviembre (cuadro 2), presentándose una gran variedad de frutos a lo largo del año.



Cuadro 2. Fenología de floración y fructificación de los arbustos estudiados. La época de floración se representa con líneas punteadas, la de fructificación con líneas completas y la presencia de frutos de cosechas anteriores con líneas punteadas y guión.

Especies	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<i>R. standleyi</i>												
<i>R. virens</i>												
<i>G. ovata</i>												
<i>C. polifolia</i>												
<i>A. denticulata</i>												
<i>C. oleinum</i>												

Durante el periodo de floración a la fructificación, se registró un alto índice de frutos no desarrollados en todos los arbustos, excepto para *C. polifolia* y *C. oleinum*. Este hecho, seguramente está relacionado a la falta de polinización, a estrategias reproductivas de las plantas ó también podría indicar un déficit nutrimental importante para la especie. El porcentaje más alto de frutos sin desarrollo, lo presentó *A. denticulata* con un 45.4% y *R. virens* con un 41.6 % (cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentajes a partir del total del éxito de floración y fructificación de los arbustos registrados. n=87 individuos.

Especies	Florecieron	Fructificaron	Frutos no desarrollados	N. de Individuos
<i>R. standleyi</i>	66.6%	66.6%	22.2%	9
<i>R. virens</i>	41.6%	12.5%	41.6%	24
<i>C. polifolia</i>	33.3%	75%	0%	12
<i>G. ovata</i>	5.8%	11.7%	5.8%	17
<i>A. denticulata</i>	100%	54.5%	45.4%	11
<i>C. oleinum</i>	14.2%	42.8%	0%	14

Observación de Forrajeo de las Aves

A pesar de las observaciones diarias por la mañana y por la tarde (abril 6.9 hrs, junio y julio 12.48 hrs, agosto y septiembre 21.3 hrs, y en enero y noviembre 11.4 hrs), no se detectó la presencia de aves consumiendo frutos, sin embargo, en el arbusto de *Citharexylum oleinum* se observó, en invierno y por la tarde, a un individuo de *Catharus guttatus* picando un fruto, sin volver a ser detectado interactuando en otra ocasión.

Por otro lado, cabe mencionar, que en los estómagos de las aves colectadas como *Columbina passerina*, *Psaltriparus minimus*, *Thryomanes bewickii*, *Turdus migratorius*, *Vireo huttoni*, *Dendroica nigrescens*, *D. townsendi*, *Setophaga ruticilla*, *Pipilo maculatus*, *Aimophila ruficeps* y *Junco phaeonotus*, no se encontraron restos de frutos o semillas, excepto en *Catharus guttatus*, especie a la cual se le encontraron parte de semillas de frutos durante el mes de enero, sin embargo, dichas semillas no presentaban restos de pulpa, por lo cual se dificultó su identificación.

En el análisis de correlación lineal, no hubo una relación entre las aves con dietas frugívoras y el periodo de fructificación, obteniendo una $r^2 = 0.76$ y un valor calculado de 0.034 y $F_{1,5} = 22.78$ con $P > 0.001$ (figura 13 y cuadro 4).

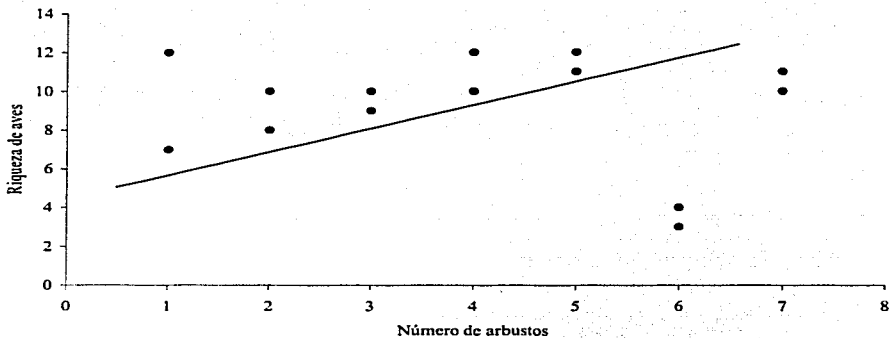


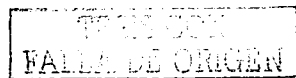
Figura 13. Gráfica de correlación lineal entre la riqueza total de aves observadas (excluyendo aquellas que incluyen dietas carnívoras, carroñeras, nectarívoras e insectívoras) y los arbustos en fructificación durante el período de estudio ($r^2 = 0.76$, $P > 0.001$ y $n=14$).

Cuadro 4. ANOVA de la correlación lineal entre la riqueza de aves y la fructificación durante el tiempo de estudio.

FV	gl	SC	MC	RV	F _{1,5}
Regresión	1	38	38	0.034	22.78
Error	5	5531.11	1106.22		P>0.001
Total	6	5569.11			

Valoración nutritiva de los frutos

Los frutos colectados presentan una media estándar de tamaño entre ellos (cuadro 5) y están constituidos por agua (humedad) y otros componentes que no se analizaron en este trabajo (cuadro 6). Cabe mencionar que frutos de *Rhus standleyi* no fueron colectados debido a la baja producción, y los pocos que se desarrollaron, eran de los individuos que se registraban mensualmente. En el caso de los frutos de *Garrya ovata*, estos fueron insuficientes para el análisis bromatológico ya que la producción de estos frutos fue baja durante el año de muestreo. También es fundamental mencionar que la cantidad de frutos necesaria para los análisis, fue dependiente del peso del fruto con el que se contaba, ajustándolo para el peso requerido en cada prueba (el requerido para el análisis nutritivo del fruto de cada especie fue de 1 gr).



Cuadro 5. Características métricas de los frutos analizados.

Tamaño del Fruto n=20	<i>Rhus virens</i>	<i>Amelanchier denticulata</i>	<i>Comarostaphylis polifolia</i>	<i>Citharexylum oleinum</i>
Diámetro mm	0.80± 0.17	0.7±0	0.80±0.17	0.80±0.02
Largo mm	0.7±0	0.7±0	0.7±0	0.7±0

Cuadro 6. Porcentaje de la calidad nutritiva del fruto en base al peso seco de la pulpa sin semilla. Dicho porcentaje fue calculado a partir del 100% total. El peso mínimo requerido de la muestra para el análisis nutritivo del fruto fue de un 1gr para cada especie. El valor dado para taninos forma parte de un 100% proveniente de compuestos alcaloides que componen el fruto y que se desconocen.

Determinación	<i>Rhus virens</i>	<i>Amelanchier denticulata</i>	<i>Comarostaphylis polifolia</i>	<i>Citharexylum oleinum</i>
Carbohidratos	2.82 %	5.45 %	9.88 %	8.9 %
Proteínas	3.83 %	4.46 %	1.59 %	1.27 %
Nitrógeno	0.67 %	0.78 %	0.28 %	0.22 %
Lípidos	9.67 %	14.85 %	7.19 %	5.49 %
Humedad	21.44 %	69.0 %	59.8 %	57.7 %
Cenizas	1.53 %	0.90 %	0.61 %	0.74 %
Fibra	26.85 %	23.36 %	31.54 %	35.15 %
Taninos	54.63%	50.2%	48.91%	48.23%

En la prueba de χ^2 de homogeneidad utilizada para identificar diferencias en el contenido nutritivo de los frutos del Mediterráneo y el Mexical de Tehuacán, se obtuvo como resultado diferencias significativas en los frutos de ambos sitios, resultando una $\chi^2 = 20.53 > 0.0000393$, $P < 0.005$, $gl:2$ (figura 14). En este análisis se utilizó para el Mediterráneo, el promedio del porcentaje total de los frutos analizados a partir del resultado de diez especies consumidas por aves.

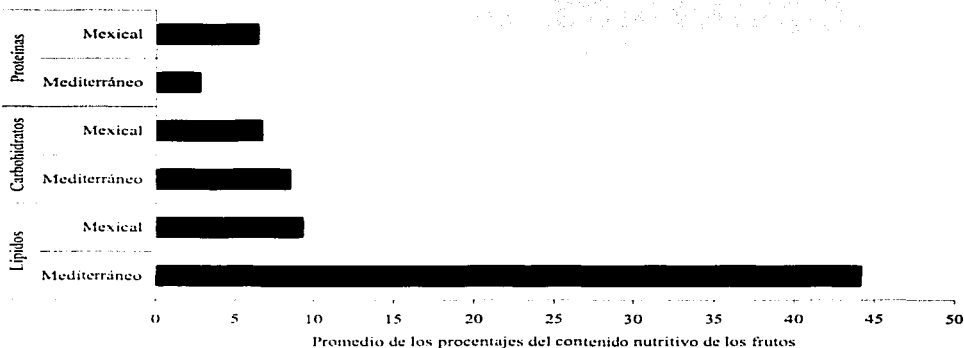


Figura 14. Comparación del contenido nutritivo de los frutos dispersados por aves en la Cuenca del Mediterráneo (comprendiendo el área de Doñana, España y sur de Francia, (Jordano 1984 y Debussche *et al.* 1987) y de los frutos de cuatro arbustos analizados en el Mexical de Tehuacán ($\chi^2 = 20.53 > 0.0000393$, $P < 0.005$, $gl: 2$).

Finalmente se comparó también con una χ^2 de homogeneidad, el número de especies de Passeriformes del Mexical del Valle de Tehuacán y el matorral de Doñana, España, la cuál resultó con diferencias estadísticas, y por tanto, ambas áreas difieren en el número de especies de aves de dicho orden, siendo el área de Doñana con más especies.

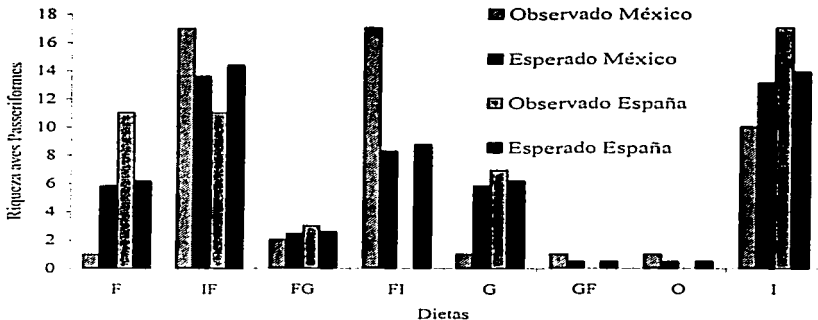


Figura 15. Análisis de χ^2 para el número de especies de aves Passeriformes del Valle de Tehuacán, y el matorral de Doñana, España. $\chi^2=38.91>0.98$ $p<0.005$, gl: 7. Se observa que existen diferencias significativas en la cantidad de especies Passeriformes del Mexical y el área de Doñana, España.

Discusión

Avifauna del Mexical

El número de especies de aves identificadas en la vegetación esclerófila del Valle de Tehuacán (50 especies), fue relativamente bajo si lo comparamos con otros tipos de vegetación, como las selvas tropicales, los bosques templados ó incluso, algunas áreas de zonas áridas como el bosque de cactáceas columnares dentro del Valle, donde se han registrado 90 especies (Arizmendi y Espinosa de los Monteros 1996). Sin embargo, en esta vegetación, es común encontrar un número reducido de aves (Dorst 1971), incluso, se ha observado que mientras más maduro es este hábitat, la diversidad de aves disminuye (Cody y Mooney 1978).

Por otra parte, la cantidad de especies de aves identificadas, resultó mayor en comparación a las identificadas para otras áreas del mundo donde se distribuye esta vegetación, por ejemplo, en el chaparral de California, se han identificado 28 especies de aves (Soulé *et al.* 1988, Koening 1998), en el matorral de Chile 27 especies, en Cerdeña, Europa, 18 especies, en Doñana, España 33 especies Passeriformes y en el fynbos de Sudáfrica 25 especies (Cody y Mooney 1978). Estos resultados probablemente también estén dependiendo del tiempo de estudio, del método de observación, y de las condiciones ambientales de cada lugar (perturbación, cercanía de las costas, otros tipos de vegetación cercanas a las áreas de estudio etc.) por lo que seguramente podrían cambiar, principalmente, por el deterioro al que están expuestos estos hábitats (Parsons 1976).

La vegetación esclerófila perennifolia es muy vulnerable a la invasión de otras especies de plantas como consecuencia de la perturbación humana, y desafortunadamente, la pérdida de la vegetación, afecta severamente a la avifauna que la habita. Por ejemplo, en California, este hábitat es de considerable importancia para especies como *Geococcyx californianus*, *Chamaea*



fasciata, *Toxostoma redivivum*, *Campylorhynchus brunneicapillus*, y *Thryomanes bewickii* (Soulé et al. 1988). De hecho especies como *Pipilo maculatus* y *Spizella atrogularis* son tan dependientes de esta vegetación, que no son registradas en otras áreas adyacentes. Estas dos últimas especies, también fueron identificadas para el Mexical y tampoco han sido vistas en otro tipo de vegetación cercana al área de estudio (Arizmendi y Espinosa de los Monteros 1996 y observaciones personales), por lo que probablemente, también estén estrechamente asociadas a ésta vegetación de Tehuacán.

Los veintidós nuevos registros para el Mexical de Tehuacán, amplían la información de la avifauna asociada a las zonas de mayor altitud dentro del Valle. Por ejemplo, las aves características de la vegetación esclerófila perennifolia identificadas son *Spizella atrogularis*, *Pipilo fuscus*, *Pipilo maculatus* y *Psaltiriparus minimus*. Otras más asociadas a bosques altos de pino-encino son *Aegolius acadicus*, *Eugenes fulgens*, *Ptilogonyx cinereus*, *Junco phaeonotus*, *Setophaga ruticilla*, *Vireo huttoni*, *Dendroica nigrescens* y *Basileuterus rufifrons* (raro, pero si se ha llegado a identificar en montañas de hasta 2100 msnm (Peterson y Chalif 1989). También se observaron aves asociadas a matorrales y zonas más áridas, como el caso de *Catharus guttatus* y *Petrochelidon pyrrhonota* (Peterson y Chalif 1989). Los antecedentes de la vegetación donde se registran comúnmente estas aves, sugieren que el Mexical puede ser un área de transición para las aves de bosques altos como el de pino-encino (vegetación contigua al área de estudio) y áreas mucho más áridas de Tehuacán.

Variación de la avifauna con respecto a los meses de estudio y a la fructificación

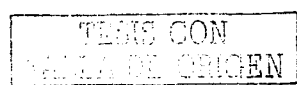
La mayoría de las aves registradas pertenecen al grupo de las frugívoras-insectívoras, que representan un 32%, e insectívoras, con un 22% del total. Las riquezas de aves con este tipo de dieta aumentó durante abril, uno de los meses más secos, julio, época de abundantes lluvias y enero, mes invernal. Esta variación en la riqueza de aves probablemente se presentó por



movimientos altitudinales (o de distancia corta) de las aves desde diferentes tipos de vegetación dentro del Valle hacia el área de estudio, ya que al menos para el bosque de cactáceas, el 40% de la avifauna es compartida con el Mexical (ver Arizmendi y Espinosa de los Monteros 1996). Estos movimientos dentro del Valle se explican, si tomamos en cuenta los veintinueve tipos de vegetación lindantes al área de estudio (Valiente-Banuet *et al.* 2000), y las distancias de separación entre éstas que para las aves pueden ser muy cortas. Cabe resaltar que estos movimientos, generalmente los realizan aves con dietas nectarívoras ó frugívoras que no presentan una especificidad en el alimento y que se pueden desplazar en busca del recurso disponible (Ornelas y Arizmendi 1995).

El incremento de la riqueza de aves durante abril, puede deberse en parte, al comienzo del ciclo reproductivo de las aves (Levey y Stiles 1992) y la presencia frecuente de juveniles durante este período (Poulin *et al.* 1992). También hubo la fructificación de los arbustos *R. standleyi*, *R. virens*, *G. ovata*, *C. polifolia* y *A. denticulata*, que posiblemente influyó en la presencia de algún recurso importante para las aves de dietas frugívoras-insectívoras e insectívoras del lugar ya que estos arbustos pudieran ser material importante para la nidación.

El incremento de la riqueza de aves de dietas frugívoras-insectívoras e insectívoras en temporadas de más precipitación, pudo presentarse principalmente por la cobertura que se observa en el Mexical en esta época, que comienza desde junio a finales de septiembre. Durante este período, la precipitación registrada fue menor a lo habitual (97.4 mm, en base a los datos del Sistema Meteorológico Nacional, durante 1999 y 2000), lo que generó, probablemente en comparación a otras áreas dentro del Valle, mayor condiciones de sombra y formaciones de almacenamientos de agua. Bajo estas condiciones y en relación a los recursos disponibles, el incremento de artrópodos seguramente también se generó (aunque son necesarios estudios entomológicos más específicos), ya que durante el verano, a consecuencia de las lluvias, éstos se



reproducen, siendo el recurso alimenticio más utilizado por las aves, al ser una fuente rica en proteínas necesarias para la reproducción de muchas de las aves que se reproducen durante el verano (Levey y Stiles 1992, Poulin *et al.* 1992). Por otra parte, dentro la vegetación esclerófila perennifolia, se ha notado que las aves al final de esta temporada pueden cambiar de dietas insectívoras a frugívoras (Herrera 1995), lo que indica la posibilidad de que los artrópodos en el área de estudio en esta temporada, pueden ser una fuente importante de alimento, por que además, no se presentaron muchas especies de arbustos fructificando como en otros meses dentro del tiempo de estudio, solamente fructificaron *C. polifolia* y *P. oleinum*.

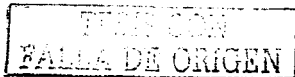
Durante enero (invierno) hubo otro incremento en la riqueza de la avifauna. Este aumento pudo haber estado asociado a la migración invernal y posiblemente a la fructificación de la mayoría de las especies, excepto de *G. ovata* y *C. oleinum*, que no fructificaron en este período. Hay que tomar en cuenta que durante el invierno, en la mayoría de los hábitats de México, es común observar un mayor número de aves que lo habitual, como consecuencia de la migración invernal. En la Cuenca del Mediterráneo, se ha observado, que durante dichas épocas este tipo de vegetación alberga gran cantidad de aves migratorias y transitorias, que muchas veces llegan a ser más numerosas que las aves residentes (Dorst 1971). En el caso del Mexical, aunque el número de aves migratorias o de movimientos locales fue numeroso (42%), nunca fue mayor al de las aves residentes, posiblemente a que en el sur de México, las condiciones ambientales en invierno no son tan extremas como en otros países, ó tal vez por que en esa temporada, las aves migratorias puedan ser atraídas por otros tipos de vegetación con otros recursos dentro del Valle. Dentro de este contexto, es importante mencionar, que la mayoría de las aves migrantes neotropicales de invierno, son de dietas mayormente frugívoras que insectívoras, ya que durante está época, al presentarse menos humedad, los frutos presentan mayor cantidad de grasas, (especialmente las que contienen los frutos del género *Rhus spp.*) que son necesarias para proveer

la energía suficiente para los vuelos de largas distancias que realizan esta clase de aves (Herrera 1995).

Observaciones de interacción ave-arbusto

A pesar de las observaciones realizadas para detectar interacción entre las aves y los frutos de los seis arbustos, éstas fueron prácticamente nulas, aún cuando los meses de mayor fructificación fueron abril, junio, noviembre y enero. Durante enero, aunque solo fructificaron *R. standleyi* y *C. polifolia*, en la especie *C. polifolia* visiblemente la cantidad de individuos fructificando fue mayor que la que presentaron las demás especies estudiadas durante el periodo de estudio. El resultado de no encontrar relación entre las aves y los frutos no concuerda con lo citado para la mayoría de los ecosistemas en donde se han relacionado positivamente la cantidad de aves con la abundancia de los frutos disponibles (Jordano 1984, Levey y Moermond 1984, Johnson *et al.* 1985, Avery y Riper 1989, Loiselle y Blake 1991, Estes 1997, Paulin *et al.* 1992, Parrish 1997).

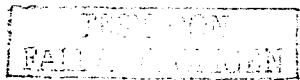
Probablemente la cantidad de frutos disponibles en el área de estudio, fue un factor determinante para tal resultado, puesto que la abundancia del recurso, en este caso los frutos, favorece la abundancia de los consumidores y dispersores (Herrera 1995, Poulin *et al.* 1999). Relacionado a la abundancia de los frutos, se ha reportado que la fructificación sincrónica, (fructificación de varias especies a la vez) se da como una estrategia por parte de las plantas para atraer una mayor cantidad de dispersores, y estos a su vez, son atraídos, por la gran variedad de sabores y nutrientes de los frutos que se presentan (Moermond y Denslow 1983, Augspurger 1983, Kristine 1991, Ish-Shalom-Gordon 1993). A pesar de que en el año de estudio se presentó un patrón secuencial en la fructificación de *R. virens*, *C. polifolia*, *G. ovata*, *A. denticulata* y *C. oleimum*, éste pareció ser insuficiente para atraer a las aves.



A continuación se describirán algunos factores que probablemente intervinieron en la producción de los frutos y a que su vez llegan a limitar una población viable de consumidores y dispersantes (Herrera 1985).

La presencia de frutos no desarrollados ó absorbidos, puede ser una causa frecuente en algunas de las especies del área de estudio, este patrón se presentó en *Amelanchier denticulata* con un 45.4% y *Rhus virens* con un 41.6% de frutos en esta condición, incluso, hubo flores que no desarrollaron fruto. Este resultado, sin embargo, es típico en plantas que viven en suelos con baja disponibilidad de nutrientes, como sucede en la vegetación esclerófila perennifolia, puesto que en dichos hábitats, los nutrientes suelen variar a lo largo del año e incluso entre años, a causa de las fluctuaciones ambientales, a las cuales ésta sometida (Jordano 1984, Le Maitre y Midgley 1992, Herrera 1998). Una de las fluctuaciones más directas que intervienen en las condiciones reproductivas de las plantas y en la composición de los nutrientes de los frutos, es la precipitación, recurso que es variable a lo largo del año (Stock *et al.* 1989). De hecho los patrones registrados para este año de estudio en relación a la floración y a la fructificación, no concuerdan con los descritos por Barrón (1998), seguramente como consecuencia de la cantidad de precipitación registrada para el año de estudio.

El que las flores no desarrollen frutos, también puede estar ligado a la estrategia reproductiva de la planta, ya que estas flores pueden estar siendo utilizadas solamente para la atracción de polinizadores, actuando en función de macho como donadores de polen. Este despliegue de flores, que en un futuro no desarrollarán frutos, es característico de plantas limitadas en nutrientes y con pocas posibilidades de mantener gran cantidad de individuos con frutos (Le Maitre y Midgley 1992). Aunque son necesarios más estudios enfocados a la biología reproductiva de cada arbusto, dicha estrategia podría ser una desventaja para los arbustos del Mexical, si tienen a las aves como medio principal de dispersión, ya que si los arbustos no tienen



suficientes medios para producir grandes cantidades de frutos, entonces, pocas son las posibilidades de mantener una población viable de dispersores, o al menos, de que sus frutos sean distinguidos y seleccionados por éstas (Howe 1981).

Otro factor observado fue la presencia de coleópteros (Coleoptera, Bruchidae) (Vital 2000) en los frutos de *R. standleyi*, *R. virens* y *C. polifolia*, estos coleópteros deterioran la calidad y la apariencia del fruto (Janzen 1969). Este daño a pesar de ser poco estudiado en plantas silvestres, puede causar una gran disminución en las poblaciones vegetales y por tanto de los dispersores. sin embargo, sí se ha observado que las aves llegan a comer frutos infectados disminuyendo la infección (Davidson y Morton 1984), pero estos frutos pueden ser progresivamente menos seleccionados por los dispersores (Janzen op cit.), evento que pudiera estarse presentando en el área de estudio con estos tres arbustos y su interacción con las aves.

Cuando las plantas se encuentran infectadas por algún patógeno, desarrollan metabolitos secundarios como los taninos, que han recibido poca atención y pueden determinar el sabor del fruto (Janzen 1969, Herrera 1982, Galloway 1989, Sagers y Coley 1995). Esta formación de metabolitos secundarios, también se pueden presentar por efecto de la pudrición especialmente cuando los frutos han permanecido largo tiempo en el arbusto, suceso que también se presentó en los mismos arbustos dañados por coleópteros. Los frutos remanentes de cosechas anteriores, al ser viejos, son atacados por estos insectos que igualmente pueden invadir a los frutos nuevos y sanos, disminuyendo el éxito reproductivo de la planta (Dickman y Weisser 1999). Desafortunadamente, no se han realizado estudios sobre las probables consecuencias de los frutos sobrantes, por ser estudios de largo plazo (Jordano 1984).

El que se presenten en los arbustos estudiados cosechas anteriores, no implica la ausencia de un dispersor, simplemente, pudiera ser que la planta presente otro tipo más efectivo de reproducción, como lo es la asexual (Stock *et al.* 1989), que se presenta en respuesta a la



disponibilidad de los recursos. En el caso de *R. standleyi* y *R. virens* se encontraron frutos de cosechas pasadas (que son característicos por su color y turgencia en comparación a los nuevos). Dicha característica también se encontró en *R. glabra* y *R. aromatica* en Kansas, Estados Unidos (Stapanian 1982 a y b). Al menos para estas especies su forma de reproducción no es precisamente por la germinación de la semilla, si no que presentan una reproducción más exitosa por medio de la propagación vegetativa (Wells 1969), como en el caso de *Garrya* y *Comarostaphylis* (Ashton *et al.* 1988). A pesar de estos resultados, Snow (1981) clasifica a los géneros *Rhus* y *Citharexylum* como arbustos con frutos dispersados por aves, e incluso, menciona que *Rhus* mantiene interacciones con frugívoras especializadas. Esto aumenta la posibilidad de que dichos arbustos pueden tener la capacidad de reproducirse por vías sexuales o asexuales y que se deberían enfocar más estudios al respecto.

Por otra parte, el mantener frutos por largo tiempo también se ha descrito como una estrategia que usan varias especies de plantas para presentar una fructificación en sincronía para saciar y evitar a sus depredadores (Ashton *et al.* 1988).

Calidad nutritiva de los frutos e interacciones ave-arbusto en otras áreas del mundo con vegetación esclerófila perennifolia

La calidad nutritiva de los frutos está implicada directamente en la preferencia del ave por el fruto. Incluso se menciona que las características fenotípicas del fruto están estrechamente relacionadas a las exigencias del dispersor (Herrera 1984b, Fleming 1991).

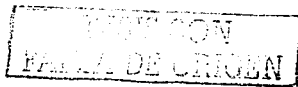
En cuanto a los datos de contenido nutritivo de la pulpa del fruto, el valor más alto lo presentó en lípidos *Amelanchier denticulata*, con un 14.85% y el menor dentro de esta categoría fue para *Citharexylum oleinum* con un 5.49 %. Este dato está dentro de los parámetros de los

valores obtenidos en los frutos de la cuenca del Mediterráneo (España y Francia), pues estos presentan en lípidos valores desde 2.7% hasta 26.3%. En cuanto a carbohidratos, el valor más alto fue para *C. polifolia* con un 2.82% y el más bajo para *R. virens* con un 9.88%. En la Cuenca del Mediterráneo el valor de los carbohidratos se ubica entre 15.5% y 49.1%. Estos dos componentes son los más importantes, ya que en ellos se basa la mayor parte de toda la energía que utilizan las aves para su metabolismo.

Generalmente las aves prefieren frutos con el mayor porcentaje de uno que de ambos, ya que el costo metabólico para digerir ambos es muy alto, dado que en estos componentes, es donde se emplea la estrategia digestiva de cada especie de ave (Herrera 1998). En el caso de proteínas, el valor más alto fue para *A. denticulata* con un 4.46 % y el más bajo para *C. polifolia* con un 1.27%.

Para la Cuenca del Mediterráneo, el valor de proteínas en los frutos oscila entre 3.8% y 6.5%. Dentro de los porcentajes analizados de los frutos, se presentaron diferencias significativas entre los valores nutritivos de los frutos elegidos por las aves europeas, que con los obtenidos para los cuatro arbustos del Mexical. Aquí hay que tomar en cuenta que la calidad nutritiva de los frutos varía a lo largo del año y la composición de los frutos es dependiente de muchos minerales poco estudiados del suelo y que son determinantes para dicha composición (Milewski 1983). Un dato interesante de comentar, es que el suelo de nuestra área de estudio es más rico en nitrógeno y calcio, en comparación a otra área de vegetación esclerófila en otra parte del mundo (Sánchez 2000), lo que seguramente intervino en los resultados obtenidos en este estudio, sin embargo, sería interesante conocer que elementos interactúan directamente con el calcio y el nitrógeno para formar finalmente la composición del fruto.

Para el área de Doñana, España y el Sur de Francia, las aves resultan ser las dispersoras más importantes de los frutos de la mayoría de las plantas que componen la vegetación esclerófila



perennifolia en esos sitios. De hecho, en nuestros análisis para comparar la cantidad de especies de aves Passeriformes frugívoras de Doñana, España y el Mexical de Tehuacán, hubo diferencias en el número de éstas. Este factor probablemente también esté relacionado a la calidad de los frutos que hay alrededor de ambas áreas y al tipo de frutos preferidos por ellas. También se conoce que las aves dispersoras de frutos en la Cuenca del Mediterráneo, pertenecen al orden Passeriformes y son principalmente las especies del género *Sylvia* las dispersoras más importantes (Jordano 1984, Debussche *et al.* 1987). Este género no se distribuye en América, pero en Tehuacán podemos encontrar equivalentes ecológicos como las especies *Regulus calendula*, *Polioptila caerulea* (Arizmendi y Espinosa de los Monteros 1996) y particularmente en el Mexical, a *Thryomanes bewickii*. Sin embargo, también hay que tomar en cuenta que dichas especies pueden presentar una digestión fisiológicamente diferente a de las aves europeas y preferir otra clase de alimento, por lo que sería interesante comparar en un futuro, ambos grupos en estudios más detallados.

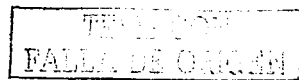
Otro factor que puede influir en el consumo de los frutos por parte de las aves, fue la presencia de taninos, que abarcan casi la mitad de los metabolitos secundarios presentes en los frutos analizados. Este resultado, apoya lo descrito para las plantas de desiertos, y en especial, para especies esclerófilas que frecuentemente contienen compuestos tóxicos (Mooney y Dunn 1970, Mayer y Karasov 1991, Sagers y Coley 1995). Es conocido que los taninos precipitan a las proteínas, ocasionando una inhibición en la digestión y por tanto disminuyen la utilización de los nutrientes digeridos y absorbidos provocando una pérdida de peso en los animales (Smallwood y Peters 1986, Butler 1989, Galloway 1989, Hemingway y Karchesy 1989) y que puede ser mitigado cuando el ave consume más frutos, pero, esto provoca un alto costo energético para el ave (Izhaki y Safriel 1989). Por otra parte, aunque los frutos presenten un contenido nutrimental adecuado, probablemente algunos compuestos secundarios como los taninos, intervengan en el

normal aprovechamiento de los nutrimentos, ocasionando que las aves busquen otro tipo de alimentos (Izhaki y Safriel op cit.).

Generalmente los animales silvestres evitan alimentarse de los frutos que contienen taninos cuando dentro del sistema hay plantas que ofrecen un recurso más nutritivo. Sin embargo cuando el alimento es escaso, no se descarta la posibilidad de que los animales desarrollen adaptaciones a dietas con altas concentraciones de taninos (Koenig 1991).

Un caso muy particular y que se debe investigar a detalle es el de *Aphelocoma californica*, ya que esta especie de ave se registra en otros trabajos como frugívora de *Quercus*, género que contiene gran cantidad de taninos (Walter y Heck 1988, Koenig 1991, Fleck y Tomback 1996). También *Catharus guttatus* es otra especie interesante de analizar, ya que en otros trabajos se ha descrito como consumidora de *Rhus*, arbusto que presenta metabolitos secundarios tóxicos. De hecho, estos metabolitos son frecuentes en frutos de las plantas pertenecientes a la familia Anacardiaceae. Y aunque *Rhus* es un género que también se reproduce vegetativamente, sería interesante observar si alguna especie de ave y especialmente las antes mencionadas, podrían ser dispersoras potenciales de sus semillas.

El que no se hayan presentado interacciones estrechas entre los arbustos del Mexical y las aves, no es exclusivo del área de estudio, ya que esto también sucede en otras áreas del mundo con este tipo de vegetación. En el fynbos de Sudáfrica y el mallee de Australia, los arbustos presentan interacciones muy débiles con las aves (Mileswski 1981, 1983, French 1991). En Sudáfrica la familia de plantas consumida por aves es Asteraceae, sin embargo estas plantas son poco dominantes dentro del lugar (Le Maitre y Midgley 1992). Aquí la dispersión de semillas es más efectiva por medio de las hormigas. Para el Mexical, no se detectó a simple vista la presencia de éstas, pero habría que analizar con más detalle. Los fuegos recurrentes es otro factor que se menciona para otras áreas del mundo como un impedimento en el establecimiento de aves

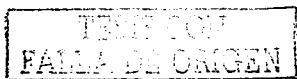


(Stanton 1986, Keeley 1987, 1991), sin embargo en la vegetación esclerófila del Valle de Tehuacán, no hay fuegos naturales recurrentes (Valiente-Banuet *et al.* 1998).

La tendencia de fragmentación que tienen dichos hábitats y la pérdida de cobertura es común en estos ambientes y repercute en la actividad del ave mientras forrajea (Soule *et al.* 1988). Este factor también se observó en el Mexical, ya que la presencia de chivos y vacas han originado áreas abiertas, al parecer permanentes, dentro del Mexical. Por otro lado, debemos mencionar que el Valle de Tehuacán, se encuentra compuesto de veintinueve diferentes tipos de vegetación a través de un gradiente altitudinal (Osorio *et al.* 1996, Valiente-Banuet *et al.* 2000) donde las aves probablemente se desplazan continuamente en busca de recursos de mejor calidad y más abundantes, como el caso de los frutos de las pitayas u otras cactáceas columnares (ver García 2000, Godínez 2000 y Pérez 2000). Finalmente, no se descarta que son necesarias muchas más observaciones para determinar si estas interacciones no se dan ó si esto es solo el resultado de las condiciones de humedad de este año, del método aplicado ó por la perturbación humana.

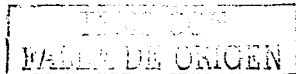
Factores Históricos

La vegetación esclerófila perennifolia indudablemente representa una historia evolutiva muy interesante por contener cerca del 20% de la flora mundial vascular (Cowling *et al.* 1996). Este hecho ha generado algunas teorías ó especulaciones acerca del origen de la forma de reproducción de dichas plantas. Herrera (1982) menciona que alguna vez debió haber un dispersor que acompañó a estas especies de plantas durante el Terciario, y que probablemente ese dispersor guió de alguna manera la vía de dispersión de muchos de estos arbustos, sin embargo, este dispersor pudiera ya no existir, por lo que las aves actuales han tenido que adaptarse a las características propias de estos arbustos, algunos de ellos, clasificados por Axelrod (1958) como



"Fósiles vivientes". La permanencia de frutos de cosechas anteriores en los arbustos, han generado también especulaciones de un posible anacronismo entre la producción de frutos y un dispersor, esto es, que no se de la fructificación de las plantas al mismo tiempo cuando se presente el dispersor (Janzen 1982). Incluso se menciona, que la única especie de ave que podría haber acompañado a esta vegetación en su cambio de transición de áreas más húmedas a secas, fue la del género *Sylvia* (Cody y Walter 1976), y que por esta razón, sea la dispersora potencial de muchas de las semillas de los frutos de los arbustos en este tipo de vegetación, sin embargo, no hay fundamentos claros que lo comprueben.

Aún queda mucho que conocer acerca del efecto de los frutos de los arbustos estudiados en el Mexical de Tehuacán como recurso para las aves, sin embargo, aún en estudios de doce años consecutivos, dichas relaciones cambian y varían entre los años, como consecuencia del ambiente tan fluctuante que existe en este tipo de vegetación (Herrera 1998). Sin embargo, este estudio puede ser el comienzo de nuevas vertientes multidisciplinarias de investigación dentro de las interacciones planta-animal en esta vegetación de nuestro país.



Conclusiones

La fructificación de los arbustos no influyó en la riqueza de aves registrada durante el período de estudio.

Las aves con dietas frugívoras-insectívoras e insectívoras fueron el grupo más numeroso durante el período de muestreo.

Se identificaron veintidós nuevos registros de aves para la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán, lo cual contribuye a la información de las aves presentes en las áreas de mayor altitud dentro del Valle.

La avifauna de la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán, no consumió los frutos de los seis arbustos estudiados durante el año de muestreo.

La diversidad ambiental dentro del Valle de Tehuacán, puede determinar los movimientos locales de la avifauna con dietas frugívoras, hacia la búsqueda de frutos de mejor calidad dentro del Valle.

Los arbustos *Rhus virens*, *Comarostaphylis polifolia*, *Citharexylum oleinum*, y *Amelanchier denticulata* desarrollan una fructificación secuencial, lo que permite que haya gran variedad de frutos a lo largo de una temporada.

El no desarrollo de frutos ó aborción por parte de las plantas, puede correlacionarse a la falta de algún nutriente en el suelo ó a estrategias reproductivas de las plantas, por lo que se sugieren más estudios al respecto.

La calidad nutritiva de los frutos es diferente del contenido nutritivo de los frutos analizados para la Cuenca del Mediterráneo.

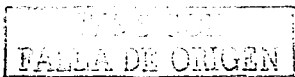
El que las aves no interactúen con los frutos puede deberse a diferencias fisiológicas y de requerimientos nutricionales en comparación con las aves de la Cuenca del Mediterráneo.



En contenido de taninos en los frutos analizados, puede ser un factor limitante en el forrajeo de las aves, sin embargo, se sugieren más observaciones en *Aphelocoma californica* y *Catharus guttatus*.

Literatura citada

- American Ornithologist's Union. 1998. Check-list of North American Birds. American Ornithologist's Union. Washington D.C. USA. 829 pp.
- Arizmendi, M. del C. y A. Espinosa de los Monteros. 1996. Avifauna de los bosques de cactáceas columnares del Valle de Tehuacán, Puebla. Acta Zoológica Mexicana 67:25-46.
- Ashton, P. S., J.J. Givnish y S. Appana. 1988. Staggered flowering in the Dipterocarpaceae: New insights into floral induction and evolution of most fruiting in the seasonal tropics. American Naturalist 132: 44-66.
- Augsburger, C. 1983. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. Biotropica 15(4):257-267.
- Avery, M. L. y C. V. Riper. 1989. Seasonal changes in bird communities of the Chaparral and Blue-Oak Woodlands in Central California. Condor 91:288-295.
- Axelrod, D. L. 1958. Evolution of the Madre-Tertiary geoflora. Botanical Review 24(7):433-509.
- Axelrod, D. L. 1966. Origin of deciduous and evergreen habits in temperate forests. Evolution 20(1): 1-15.
- Axelrod, D. L. 1973. *History of the Mediterranean ecosystems in California* 225-284 pp. En: Di Castri, F. and Mooney H. A. (eds.) Mediterranean type ecosystems, origin and structure. Springer-Verlag, Heidelberg. 225-284 pp.
- Baird, J.W. 1980. The selection and use of fruit by birds in an eastern forest. Wilson Bulletin 92: 63-73.

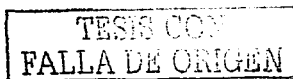


- Barrón, S. J. A. 1998. *Estudio comparativo de fenología de la vegetación esclerófila perennifolia del Valle de Tehuacán, Puebla; y las zonas de clima mediterráneo en el mundo*. Tesis de Licenciatura (Biología) UNAM, ENEP-Iztacala 46 pp.
- Blake, J. G., J. M. Hanowski, G. J. Niemi y P. T. Collins. 1994. Annual variation in bird populations of mixed conifer-northern hardwood forest. *Condor* 96: 381-399.
- Boucher, D. H. S. James. 1982. The ecology of mutualism. *Annual Review Ecology and Systematic* 13:315-347.
- Bronstein, J.L. 1994. Conditional outcomes in mutualistic interactions. *TREE* 214-217.
- Bruneton, J. 1991. *Elementos de fitoquímica y de farmacognosia*. Editorial Acribia, S.A. España. 594 pp.
- Butler, L. G. 1989. Effects of condensed tannin on animal nutrition. En: Hemingway R. y J.J. Karchesy. *Chemistry and significance of condensed tannins*. Plenum Pres. New York-London, 552 pp.
- Carey, C. 1996. *Avian energetic and nutritional ecology*. Chapman & Hall. USA. International Thomson Publishing 643 pp.
- Cody, M.L. y H. Walter. 1976. Habitat selection and interspecific interactions among Mediterranean Sylviid warblers. *OIKOS* 27: 210-238.
- Cody, M.L. y H. A. Mooney. 1978. Convergence versus non-convergence in Mediterranean-climate ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematic* 9:265-321.
- Cody, M. L. 1985. *Habitat selection in birds*. Academic Press INC. A series of Monographs, Texts and treatises.
- Cowling, R. M. P.W. Rundel, B. B. Lamont, M.K. Arroyo y M. Arianoutsou. 1996. Plant diversity in the Mediterranean-climate regions. *TREE* 11:362-366.

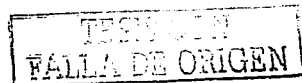


- Dávila, A. P., R. J. L. Villaseñor, L. R. Medina, R. A. Ramírez, T. A. Salinas, J. Sánchez-Ken y L. P. Tenorio. 1993. Listados florísticos de México X. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología UNAM. México 185 pp.
- Davidson, D.W. y S.R. Morton. 1984. Dispersal adaptations of some *Acacia* species in the Australian arid zone. *Ecology* 63(4) 1038-1051.
- Debussche, M. and P. Isenmann 1983. La consommation de fruits chez quelques espèces de Fauvettes méditerranéennes (*Sylvia melanocephala*, *S. cantillans*, *S. hortensis*, *S. undata*). *Alauda* 51:302-308 en: Debussche M., J. Cortéz e I. Rimbault. 1987. Variation in fleshy fruit composition in the Mediterranean region: the importance of ripening season, life-form, fruit type and geographical distribution. *OIKOS* 49:244-245.
- Debussche, M., J. Cortéz e I. Rimbault. 1987. Variation in fleshy fruit composition in the Mediterranean region: the importance of ripening season, life-form, fruit type and geographical distribution. *OIKOS* 49:244-252.
- Debussche, M. y P. Isenmann. 1989. Fleshy fruit characters and the choices of bird and mammal seed dispersers in a Mediterranean region. *OIKOS* 56:327-338.
- Dey, P. M. y J. B. Harbone. 1989. *Methods in plant biochemistry*. Vol. 1. Plant phenolics. Academic Press. USA 552 pp.
- Di Castri, F. 1981. *Mediterranean-Type shrublands of the world*. En: Di Castri, F., Goodall D. W. And Specht, R. L. (eds.) *Ecosystems of the world*. Vol. 11. Mediterranean-Type shrublands, Amsterdam 1-52 pp.
- Dickman, U. O'Hara B. y W. Weisser. 1999. The evolutionary ecology of dispersal. *TREE* 14 3:88-89.
- Dorst, J. 1971. *Las aves en su medio ambiente*. Ediciones destino. Barcelona 484 pp.

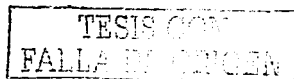
- Estades, C. F. 1997. Bird-habitat relationships in a vegetational gradient in the Andes of central Chile. *Condor* 99:719-727.
- Fernández, P.V. 1982. *Relaciones entre la estructura de la vegetación y las comunidades de pájaros en las Sierras Algeciras*. Tesina de Lic. Univ. Sevilla. 77 p. en: Jordano P. 1984. *Relaciones entre plantas y aves frugívoras en el matorral Mediterráneo del área de Doñana*. PhD tesis, Universidad de Sevilla.
- Fleck, D. C. y D. F. Tomback. 1996. Tannin and protein in the diet of a food-hoarding granivore the western scrub-jay. *Condor* 98:474-482.
- Fleming, T. H. 1991. Fruiting plant-frugivore mutualism: The evolutionary theater and the ecological play en: Price P. W., Lewinsohn T. M., Fernandes G. W., Benson W. *Plant-Animal interactions* 639 pp.
- Fleming, T. H. 1992. How Do fruit- and nectar-feeding birds and mammals track their food resources en: Hunter M. D., Ohgushi, Price P. W. *Effects of resource distribution on animal-plant interactions* 505 pp.
- Flores, H. N. 1996. *Caracterización del matorral esclerófilo perennifolio del Valle Semiárido de Tehuacán Puebla: una comparación con los existentes en el clima Mediterráneo*. Tesis Licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias UNAM 42 pp.
- Foster, M. S. 1987. Feeding methods and efficiencies of selected frugivorous birds. *Condor* 89: 566-580.
- Franco, L. J. 1989. *Manual de Ecología*. Editorial trillas, México 266 pp.
- French, K. 1991. Characteristics and abundance of vertebrate dispersed fruits in temperate wet sclerophyll forest in southeastern Australia. *Australian Journal of Ecology* 16:1-13.
- French, K. 1992. Phenology of fleshy fruits in a wet sclerophyll forest in southeastern Australia: are birds important influence? *Oecologia* 90:366-373.



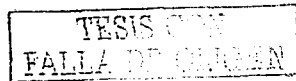
- Fuentes, E. R., R. D. Otaiza, M. C. Allende, A. Haffmann and A. Pojani. 1984. Shrub clumps of the Chilean matorral vegetation: structure and possible maintenance mechanisms. *Oecología* (Berlín) 62:405-411.
- Fuentes, M. 1994. Diets of Fruit-eating birds: What are the causes of interspecific differences? *Oecología* 97:134-142.
- Galloway, D. F. The biological significance of tannins: an overview. En Hemingway R. y J.J. Karchesy. 1989. *Chemistry and significance of condensed tannins*. Plenum Pres. New York-London. 552 pp.
- García E. 1997. Cartas de climas de México. Hojas Oaxaca y México. 217 pp. En: Valiente-Banuet, A. A. Casas, A. Alcántara, P. Dávila, N. Flores-Hernández, M. C. Arizmendi, J. L. Villaseñor, y J. Ortega. 2000. La vegetación del Valle de Tehuacán- Cuicatlán. Boletín de la Sociedad Botánica de México 67:24-74.
- García, V. O. 2000. *Dispersión biótica de semillas de la cactácea columnar Stenocereus pruinosus* (Otto). F. Buxb. en el Valle de Tehuacán, Puebla, México. Tesis de Licenciatura (Biología) ENEP Iztacala UNAM, Estado de México 44 pp.
- Godínez, A. H. O. 2000. *Dispersión biótica de semillas de Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter Bockbeber) en el Valle de Tehuacán, Puebla. Doctorado en Ecología. CCIH. UACEPyP. UNAM 38(11)p.
- Grant, K. A. 1968. A Hypothesis concerning the prevalence of red coloration in California Hummingbird flowers. *American Naturalist* 100:85-97.
- Herrera, C. M. 1978. Ecological correlates of residence and non-residence in a Mediterranean passerine bird community. *Journal of Animal Review* 47:871-890.
- Herrera, C. M. 1982. Defense of ripe fruits from pests: its significance in relation to plant-disperser interactions. *American Naturalist* 120: 218-241.



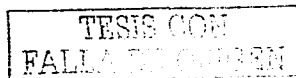
- Herrera, C. M. 1984a. A Study of avian frugivorous, bird-dispersed plants, and their interaction in Mediterranean scrublands. *Ecological Monographs* 54(1):1-23.
- Herrera, C. M. 1984b. Adaptation to frugivory of Mediterranean avian seed dispersers. *Ecology* 62(2):609-617.
- Herrera, C. M. 1985. Habitat-consumer interactions in frugivorous birds. Cap. 11. 341-365 pp. En: Cody Martin L. 1985. *Habitat selection in birds*. Academic Press. INC. Physiological ecology. A series of monographs, texts and treatises.
- Herrera, C. M. 1995. Plant-vertebrate seed dispersal systems in the Mediterranean ecological, evolutionary and historical determinants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:705-727.
- Herrera, C. M. 1998. Long-term dynamics of Mediterranean frugivorous birds and fleshy fruits: a 12-year study. *Ecological Monographs* 68(4):511-538.
- Herrera, C. M. y P. Jordano. 1981. *Prunus malaheb* and birds: The high-efficiency seed dispersal system of temperate fruiting tree. *Ecological Monographs* 51:203-218.
- Howe, H. F. 1981. Dispersal of a Neotropical nutmeg (*Virola sebifera*) by birds. *Auk* 98:88-98.
- Howe, H. F. y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:201-228.
- Howe, H. F., y G. F. Estabrook. 1977. On intraspecific competition for avian disperser in tropical trees. *American Naturalist* 111:817-832.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. 851 pp.
- Hutto, R. L., S. M. Pleischet y P. A. Hendricks P. A. 1986. A fixed-radius point count method for non-breeding and breeding season use. *Auk* 103:593-602.



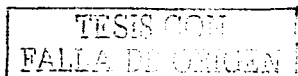
- INEGI, 1987. Cartas Orizaba 1:25000 Edafológica y geológica del Instituto Nacional de estadística Geografía e Informática.
- Ish-Shalom-Gordon, N. 1993. Floristic a composition and floral phenology of the Mediterranean bath of Ariel Samania. *Vegetatio* 109:191-200.
- Izhaki, I. y U. N. Safrieli. 1989. Why are there so few exclusively frugivorous birds? Experiments on fruit digestibility. *OIKOS* 54:23-32.
- Janzen, D. H. 1979. Seed eaters versus seed size, number toxicity and dispersal. *Evolution* 23:1-27.
- Janzen, D. H. y P. S. Martin. 1982. Neotropical anachronism: The fruits the Gomphotheres ate. *Science* 215:19-27.
- Johnsgard, P.A. 1983. *The hummingbirds of North America*. Smithsonian Institution, Press, Washington 303 pp.
- Johnson, R. A., M. F. Willson y J. N. Thompson. 1985. Nutritional values of wild fruits and consumption by migrant frugivorous birds. *Ecology* 63(3):819-822.
- Johnson, S. D. 1992. *Plant-Animal relationships* cap. 7. 175-205 p. en: Cowling R. 1992. Fynbos. University Press Oxford 411 pp.
- Jordano, P. 1984. *Relaciones entre plantas y aves frugívoras en el matorral Mediterráneo del área de Doñana*. PhD tesis, Universidad de Sevilla.
- Jordano, P. 1987. Patterns of mutualist interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence, asymmetries, and coevolution. *American Naturalist* 129:657-677.
- Jordano, P. 1992. Fruits and frugivory. En: *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities*. Editado por Michael Tenner. CAB. Intenational. 105-155pp.



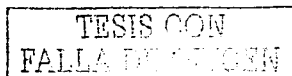
- Jordano, P. 1995. Angiosperm fleshy fruits and seed dispersers: a comparative analysis of adaptation and constraints in plant animal interactions. *American Naturalist* 145(2): 163-191.
- Keeley, J.E. 1987. Role of fire in seed germination of woody taxa in California Chaparral. *Ecology* 68:434-443.
- Keeley, J. E. 1991. Seed germination and life history syndromes in the California Chaparral. *Botanical Review* 57 (2) 81-115.
- Kendeigh, S. C. 1970. Energy requirements for existence in relation to size of bird. *Condor* 72:60-65.
- Koenig, W. D. 1991. The effects of tannins and lipids on digestion of acorns by acorn woodpeckers. *Auk* 108:79-88
- Koenig, W. D. 1998. Spatial Autocorrelation in California land birds. *Conservation Biology* 12(3) 612-620.
- Kristine, F. 1991. Characteristics and abundance of vertebrate-dispersed fruits in temperate wet sclerophyll forest in southeastern Australia. *Australian Journal of Ecology* 16:1-13
- Le Maitre, D. C. y J. J. Midgley. 1992. *Plant reproductive ecology*. Cap. 6. 134-174. En: Cowling R. 1992. Fynbos. University Press Oxford 411 pp.
- Levey, D. J. 1987. Seed size and fruit-handling techniques of avian frugivorous. *American Naturalist* 129:471-485.
- Levey, D. J. y T. C. Moermond. 1984. Fruit choice in neotropical birds: the effect of distance between fruits on preference patterns. *Ecology* 65(3) 844-850.
- Levey, D. J. y F. G. Stiles. 1992. Evolutionary precursors of long-distance migration: Resource availability and movement patterns in Neotropical landbirds. *American Naturalist* 140: 446-473.



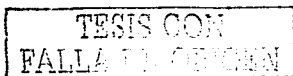
- Loiselle, B. y J. G. Blake. 1991. Temporal variation in birds and fruit along an elevational gradient in Costa Rica. *Ecology* 72:180-193.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Edit. Princeton, University. Press: Princeton. New Jersey 179 pp.
- Martínez del Río, C. y W. H. Karasov. 1990. Digestion strategies in nectar- and fruit-eating birds and the sugar composition of plant rewards. *American Naturalist* 136: 618-637
- Mayer, M. W. and W. H. Karasov. 1991. *Chemical aspects of herbivory in arid and semiarid habitats*. Cap. 9. 168-182. En: R. Thomas P. Charles T. Robbins. Plant defenses against mammalian herbivory. Editorial CCR Press, Boca raton Florida 192 pp.
- Mileswski, 1981. A comparison of vegetation heighten relation. *Journal of Biogeography* 8:107-116.
- Milewski. 1983. A comparison of ecosystem in mediterranean Australia and Southern Africa: Nutrient-poor sites at the barriers and the Caledon Coast. *Annual Review of Ecology and Systematics* 14:57-76.
- Moermond, T.C. y J. S. Denslow. 1983. fruit choice in neotropical birds: effects of fruit type and accessibility on selectivity. *Journal of Ecology* 120: 218-241.
- Mooney, H. A. y E. L. Dunn. 1970. Convergent evolution of Mediterranean-climate evergreen sclerophyll scrubs. *Evolution* 24:292-303.
- National Geographic. 1994. *Field guide to the birds of North America*. Third edition. National Geographic 480 pp.
- Nocedal, J. 1984. Utilización del follaje de las comunidades de pájaros en bosques templados del Valle de México. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)* 6: 1-45.
- Ornelas, R., J.F. y M. del C. Arizmendi 1995. Altitudinal migration: implications for conservation of the neotropical migrant avifauna of western Mexico. En: *Neotropical*



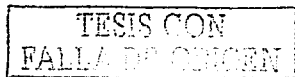
- migratory birds conservation in Mexico.* (A. Estrada, S. Sader y M. Wilson, eds.). Studies in Avian Biology.
- Osborne, D. R. 1986. *Análisis de los nutrientes de los alimentos.* Editorial Acribia, S. A. España 136-138 pp.
- Osorio, B. O. A. Valiente-Banuet, P. Dávila y R. Medina. 1996. Tipos de vegetación y diversidad β en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 59:35-58.
- Parrish, J. D. 1997. Patterns of frugivory and energetic condition in nearctic land birds during autumn migration. *Condor* 99:681-697.
- Parsons, D.J. 1976. Vegetation structure in the Mediterranean scrub communities of California and Chile. *Journal of Ecology* 64:435-447.
- Paulin, B., G. Lefebvre y R. Mc Neil . 1992. Tropical avian phenology in relation to abundance and exploitation of abundance and exploitation of food resources. *Ecology* 73: 2295-2309.
- Peakall, R. y S. N. Handel. 1993. Pollinators discriminate among floral heights of sexually deceptive orchid: implications for selection. *Evolution* 47:1681-1687.
- Pérez, V. M. G. 2000. *Dispersión biótica de Myrtillocactus geometrizans en el Valle de Tehuacán, Puebla.* Tesis de Maestría (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM 47 pp.
- Peterson, R. T. y E. L. Chalif. 1989. *Aves de México.* Editorial Diana 473 pp.
- Poulin, B. S.J. Wright, G. Lefebvre y O. Calderón. 1999. Interspecific synchrony and asynchrony in the fruiting phenologies of congeneric bird-dispersed plants in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 15:213-227.
- Poulin, B., L. Gaetan y R. McNeil. 1992. Tropical Avian phenology in relation to abundance and exploitation of food resources. *Ecology* 73:2295-2309.



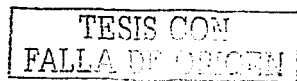
- Raven, P. H. y D. I. Axelrod. 1978. Origin and relationships of the California Flora. University of California. Publications in Botany, California Vol. 72. 133 pp.
- Rzedowski J. 1981. Vegetación de México. Editorial Limusa 432 p.
- Sánchez, de la Vega G. 2001. *Análisis comparativo de algunos caracteres foliares del matorral esclerófilo perennifolio (Mexical) del Valle de Tehuacán, Puebla*. Tesis de Licenciatura (Biología) ENEP Iztacala UNAM 32 pp.
- Sagers, C. L. y Coley P. D. 1995. Benefits and costs of defense in a neotropical shrub. *Ecology* 76(6)1835-1843.
- Smallwood, P. D. y W. D. Peters. 1986. Grey squirrel food preferences: the effects of tannin and fat concentration. *Condor* 67(1) 168-174.
- Snow W. B. 1981. Tropical Frugivorous birds and their food plants: A world survey. *Biotropica* 13 (1): 1-14.
- Soulé, M. E., D.T. Bolger, A. C. Alberts, J. Wright, M. Sorice, S. Hill. 1988. Reconstructed dynamics of rapid extinction of Chaparral-requiring birds in urban habitat islands. *Conservation Biology* 2(1) 75-89.
- Stanton, P.A. 1986. Comparison of avian community dynamics of burned and unburned coastal sage scrub. *Condor* 88: 285-289.
- Stapanian, M. A. 1982 a. A model for fruiting display: seed dispersal by birds for mulberry trees. *Ecology* 63(5) 1432-14443.
- Stapanian, M. A. 1982 b. Evolution of fruiting strategies among fleshy-fruited plant species of eastern Kansas. *Ecology* 65(5) 1422-1431.
- Stock, W. D. , J. S. Pale, J. Kuo y A. P. Hansen. 1989. Resource control of seed set in *Banksia luricina* C. Gardner (Proteaceae). *Functional Ecology* 453-460



- Tiffney, B. H. y S. J. Mazer. 1995. Angiosperm growth habit, dispersal and diversification reconsidered. *Evolutionary Ecology* 9:93-117.
- Tomback, D., F. 1975. An emetic technique to investigate food preferences *Auk*. 92:581-583.
- Udvardy, M.F.D. 1969. The ecology of dispersal. En: *Dynamic Zoogeography*. VanNostrand Reinhold Co 10-92 pp.
- Valiente-Banuet, A. y E. Ezcurra. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley. *Journal of Ecology* 79:961-971.
- Valiente-Banuet, A. y M. del C. Arizmendi A. 1997. Interacción entre cactáceas y animales: polinización, dispersión de semillas y nuevos individuos 60-67 pp. En: *Suculentas mexicanas cactáceas*. CONABIO 144 pp.
- Valiente-Banuet, A., N. Hernández-Flores, M. Verdú del Campo, P. Dávila A. 1998. The Chaparral vegetation in Mexico under nonmediterranean climate: the convergence and Madrean-Tethyan hypotheses reconsidered. *American Journal of Botany* 85:1398-1408.
- Valiente-Banuet, A. A. Casas, A. Alcántara, P. Dávila, N. Flores-Hernández, M. C. Arizmendi, J. L. Villaseñor, y J. Ortega. 2000. La vegetación del Valle de Tehuacán- Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 67:24-74.
- Vital, R. A. 2000. *Patrones de establecimiento de la vegetación esclerófila perennifolia. Comparación entre las regiones de clima Mediterráneo y el Mexical del Valle de Tehuacán, Puebla*. Tesis de Maestría, CCyH, UACEPyP. UNAM 33 pp.
- Wayne, W. D. 1988. *Estadística con aplicaciones a las ciencias sociales y a la educación*. McGrawHill. México 504 pp.
- Walter, D. K. y M. K. Heck. 1988. Ability of two species of oak woodlandbirds to subsist on Acorns. *Condor* 90(3)705-708.



- Wells, P. V. 1969. The relation between mode of reproduction and extent of speciation in woody genera of the California Chaparral. *Evolution* 23:264-267.
- Westoby, M., M. Leishman y J. Lord. Comparative ecology of seed size and dispersal 143-162.
 en: Silvertown J. M. Franco y J. L. Harper. 1997. *Plant Life Histories, ecology, phylogeny and evolution*. The royal society.
- Witmer, M. C. y P.J.Van Soest. 1998. Contrasting digestive strategies of fruit-eating birds. *Functional Ecology* 12:728-741.
- Wheelwright, N. T. 1985. Fruit size, gape, width, and the diets of fruit-eating birds. *Ecology* 66(3):808-818.
- Wilkinson, D. M., A.K. Irvine, N.G. Waish. 1997. Plan colonization: are wind dispersed seeds really dispersed by birds at larger spatial and temporal scales?. *Journal of Biogeography* 24: 61-65.
- Willson, M. F. 1989. The evolution of fruit color in fleshy-fruited plants. *American Naturalist* 136:790-809.
- Willson, M. F. y C.J. Whelan. 1990. Vertebrate dispersal syndromes in some Australian and New Zealand plant communities, with geographic comparisons. *Biotropica* 21: 133-147.
- Witmer, M. C. y P.J.V. Soest. 1998. Contrasting digestive strategies of fruits-eating birds. *Functional Ecology* 12:728-741.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical analysis*. Segunda edición. Edit. Prentice Hall, New Jersey, 718 pp.



Apéndice 1

Listado de las aves presentes en la zona de Cerro Zotoltepec. Las abreviaturas utilizadas fueron: ESTATUS: R: residente, M: migratorio, ML: migratorio local (altitudinal). Dieta: C: Carnívoro, Cc: Carroñero, I: Insectívoro, NI: Nectarívoro-Insectívoro, F: Frugívoro, G: Granívoro, O: Omnívoro. Los datos de dieta y estatus fueron obtenidos de Necedal (1984), J. Arizmendi y Espinosa de los Monteros (1996), Prado (1998), García (2000) y observaciones personales. La taxonomía esta basada en el A.O.U. (1998).

Especies	Dieta	Estatus	Enc	Abr	Jun	Jul	Ago	Sep.	Nov.
Ciconiiformes									
Familia Cathartidae									
<i>Cathartes aura</i>	Cc	R	X	X	X	X	X	X	X
Falconiformes									
Familia Accipitridae									
<i>Asturina nitida</i>	C	R	X						
Familia Falconidae									
<i>Falco sparverius</i>	C	R		X					
Columbiformes									
Familia Columbidae									
<i>Zenaida asiatica</i>	GF	R	X		X				X
<i>Zenaida macroura</i>	GF	R	X						
<i>Columbina passerina</i>	GF	R			X		X		
Strigiformes									
Familia Strigidae									
<i>Micrathene whitneyi</i>	I	R	X						
<i>Aegolius acadicus</i>	CI	R	X						

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Continuación

Especies	Dieta	Estatus	Ene	Abr	Jun	Jul	Ago	Sep.	Nov.
----------	-------	---------	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

Apodiformes

Familia Trochilidae

<i>Cyananthus latirostris</i>	NI	ML			X				
<i>Lampornis clemenciae</i>	NI	ML			X				
<i>Eugenes fulgens</i>	NI	ML			X				
<i>Calothorax pulcher</i>	NI	ML			X	X	X		

Piciformes

Familia Picidae

<i>Melanerpes aurifrons</i>	FI	R	X						
<i>Picooides scalaris</i>	FI	R	X						
<i>Colaptes auratus</i>	FI	R		X		X	X		X

Passeriformes

Familia Tyrannidae

<i>Camplostoma imberbe</i>	I	R	X						
<i>Empidonax spp.</i>	I	M			X				
<i>Myiarchus crinitus</i>	I	M				X			
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	IF	ML				X			

Familia Laniidae

<i>Lanius ludovicianus</i>	CI	R							X
----------------------------	----	---	--	--	--	--	--	--	---

Familia Vireonidae

<i>Vireo huttoni</i>	I	M				X	X		
----------------------	---	---	--	--	--	---	---	--	--

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Continuación

Especies	Dieta	Estatus	Ene	Abr	Jun	Jul	Ago	Sep.	Nov.
Familia Corvidae									
<i>Aphelocoma californica</i>	O	ML	X		X	X	X	X	X
Familia Hirundinidae									
<i>Tachycineta thalassina</i>	I	M	X						
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	I	R				X			
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	I	M				X			
Familia Aegithalidae									
<i>Psaltriparus minimus</i>	I	R	X	X					
Familia Troglodytidae									
<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	I	R		X					
<i>Thryomanes bewickii</i>	I	R	X	X	X	X	X	X	X
Familia Turdidae									
<i>Catharus guttatus</i>	FI	M	X						
<i>Turdus migratorius</i>	FI	M	X						
Familia Mimidae									
<i>Mimus polyglottos</i>	FI	R		X	X				
<i>Toxostoma ocellatum</i>	FI	R		X	X	X	X		
<i>Toxostoma curvirostre</i>	FI	R		X					
Familia Ptilonotidae									
<i>Ptilonotus cinereus</i>	FI	R	X	X		X			

Continuación

Especies	Dicta	Estatus	Ene	Abr	Jun	Jul	Ago	Sep.	Nov.
Familia									
Ptilonotidae									
<i>Phainopepla nitens</i>	FI	R							X
Familia Parulidae									
<i>Vermivora peregrina</i>	IF	M							X
<i>Dendroica nigrescens</i>	IF	M	X						
<i>Mniotilta varia</i>	IF	M		X			X		
<i>Setophaga ruticilla</i>	FI	M	X						
<i>Basileuterus rufifrons</i>	IF	R				X	X		
Familia Emberizidae									
<i>Pipilo maculatus</i>	FI	R	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pipilo fuscus</i>	FI	R					X		
<i>Aimophila ruficeps</i>	FG	R			X		X		
<i>Spizella atrogularis</i>	FG	M			X	X	X		
<i>Junco phaeonotus</i>	FI	R					X		
Familia Icteridae									
<i>Icterus wagleri</i>	FI	ML				X			X
<i>Icterus galbula</i>	FI	ML			X	X			
<i>Icterus parisorum</i>	FI	ML	X	X					

Continuación

Especies	Dieta	Estatus	Ene	Abr	Jun	Jul	Ago	Sep.	Nov.
Familia Fringillidae									
<i>Euphonia elegantissima</i>	F	R				X			
<i>Carpodacus mexicanus</i>	GF	R		X		X	X	X	
<i>Carduelis psaltria</i>	G	R	X	X					

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN