



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

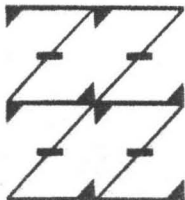
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

DIVERSIDAD AVIFAUNISTICA DE LOS PARQUES NACIONALES IZTA-POPO, ZOQUIAPAN Y ANEXAS.



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A :
ESPEJEL MALDONADO MIGUEL ÁNGEL

UNAM
FES
ZARAGOZA



LO HUMANO EJE DE NUESTRA REFLEXION

ASESOR: Dr. A. ALFREDO BUENO HERNANDEZ

MEXICO, D.F.

2005

0350231



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.

DEDICADA

A MIS PADRES:

(†) María Elena Maldonado Rodríguez y Miguel Espejel Avelar por todo su apoyo incondicional, que además me dieron la oportunidad de estudiar pero sobre todo la vida.

A MIS HERMANOS:

Gabriela y Oscar, los cuales estuvieron siempre a mi lado y me apoyaron incondicionalmente.

A toda mi familia que siempre confío en mi.

A MIS AMIGOS:

Tanto de la carrera como del béisbol, pero sin olvidar a los miembros del H. CUBO.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES Y HERMANOS

A MIS AMIGOS DE TODA LA CARRERA, QUE PESE A LOS MOMENTOS MALOS SIEMPRE HUBO MOMENTOS MUY BUENOS, YA QUE SIEMPRE ME BRINDAROS SU AMISTAD. NO ESCRIBO SUS NOMBRES YA QUE NO QUISIERA OLVIDAR ALGUNO.

A TODOS LOS MIEMBROS DEL H' CUBO

A MIS PROFESORES DE LA CARRERA DE QUIENES APRENDI MUCHO, EN TODOS LOS AMBITOS, ESPECIALMENTE A LOS DEL MUSEO DE ZOOLOGÍA.

A LOS SINODALES POR SUS CORRECCIONES PARA QUE ESTE TRABAJO ESTUBIERA DECENTE.

A MI ASESOR EL Dr. ANTONIO ALFREDO BUENO HERNANDÉZ POR PERMITIRME REALIZAR ESTE TRABAJO, PERO SOBRE TODO POR SU AMISTAD.

A EL LABORATORIO DE GEOMATICA DE LA FES-Z POR LA IMÁGENES PROPORCIONADAS

A TODOS,

“GRACIAS TOTALES”

CONTENIDO

RESUMEN	Pág. IV
INTRODUCCIÓN	1
Estudios Ornitológicos en México	6
Colecciones ornitológicas	8
AREA DE ESTUDIO	10
Mapa de la zona de estudio	13
Ubicación de las localidades en la zona de estudio	21
JUSTIFICACIÓN	22
OBJETIVOS	23
MATERIAL Y METODO	24
Diversidad avifaunística	24
Valor de Conservación	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
Diversidad avifaunística	28
Valor de conservación	36
CONCLUSIONES	40
LITERATURA CITADA	42
APÉNDICE	52

RESUMEN

Para obtener el inventario avifaunístico se realizaron trayectos distancia/tiempo en diferentes localidades del Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas (PNIPZA). La lista de especies se realizó mediante observaciones directas, registros auditivos y capturas de organismos. Las especies se identificaron con la ayuda de guías de campo y la nomenclatura taxonómica esta basada en la revisión más reciente de American Ornithologists Union Check List. Se reportan 91 especies en las 22 localidades. La familia con mayor riqueza es Parulidae.

Con base en los valores de riqueza específica se cuantificó la diversidad α , en el caso de diversidad β usamos como herramienta los cladogramas de área generados con los programas Nona y Winclada y para estimar la diversidad y usamos riqueza específica, abundancia relativa y la acumulación de especies presentes en las diferentes localidades, para la diversidad avifaunística del parque. En donde la localidad que obtuvo el valor más alto de riqueza específica como el de índice de Shannon-Wiener es *Camino a San Marcos*.

Al integrar los atributos biológicos y las especies con problemas de conservación, se estimó el valor de conservación de las diferentes localidades del parque. La localidad con valores en los tres criterios es Llano Grande.

Se tomaron en cuenta los atributos biológicos más frecuentemente empleados en estudios de conservación (Rareza, Endemicidad y EPC.). Es importante realizar monitoreos permanentes que den elementos de juicio objetivos para tomar medidas de conservación. Estos criterios tienen la ventaja de ser cuantificables de manera relativamente sencilla y dan la posibilidad de estandarizar los procedimientos de evaluación del potencial de conservación del PNIPZA.

INTRODUCCIÓN

La acelerada pérdida de biodiversidad parece una batalla prácticamente perdida. En la actualidad se conocen cerca de 1.5 millones de especies (Wilson, 1998), que corresponde entre el 5% y 15% de las especies que habitan la tierra [5%, utilizando la estimación de Erwin (1982) de 30 millones de especies; 15% se prefiere la estimación más conservadora de 10 millones calculada por May (1988)]. En contraste con estos datos, la tasa de pérdida de especies se ha calculado en 50 especies cada día [se calculó suponiendo que la pérdida anual es del 5% del total de especies, y que hay 10 millones de especies (Reid y Miller 1989), además de que la tasa a la que se describen nuevas especies es lenta (Heywood y Watson, 1995)]. Estos datos muestran que en el mejor de los escenarios, se pierden muchas más especies de las que se están conociendo.

Pero no significa que todo esté perdido. Significa que los "inventarios" con los que se cuentan, completos o incompletos, son una herramienta fundamental para el análisis de patrones de diversidad y de procesos asociados. Hay regiones cuya diversidad es mejor conocida, como son las zonas templadas, entre otras razones, porque son menos diversas que las tropicales (Wilson 1998). También hay grupos taxonómicos que se conocen mejor que otros. Tal es el caso de los vertebrados, en contraposición con los insectos o los organismos marinos, de los cuales se tiene escasa información (Heywood y Watson, 1995).

Las técnicas de monitoreo sirven para determinar índices de abundancia y datos demográficos. Ante la disminución del tamaño de diversas poblaciones de aves, ha surgido el interés por desarrollar métodos que permitan detectar de manera confiable tanto el estado de las poblaciones como sus fluctuaciones. El decremento en las poblaciones de aves se ha atribuido a diversas causas, entre ellas, la fragmentación de las áreas arboladas, el parasitismo de los nidos y la deforestación de las áreas tropicales (Ralph *et al*, 1996).

El contar con regiones y grupos relativamente bien estudiados permite obtener ventajas considerables, que se deben aprovechar. Ese es el objetivo de la búsqueda de patrones, para de ahí extraer generalizaciones que se puedan extrapolar todo lo que sea

permisible (para una revisión excelente acerca de posibilidades y métodos de extrapolación de información de biodiversidad, ver el trabajo de Colwell y Coddington – 1994 -). Conocer los patrones de la biodiversidad ayuda a conocer por qué las especies se distribuyen de esa manera y qué causas han originado tales distribuciones (Brown, 1995).

En este contexto, programas de investigación como la macroecología se han perfilado como una opción en la búsqueda de patrones a grandes escalas espaciales (Brown y Maurer 1989; Brown, 1995). Precisamente, el método más usado para contestar preguntas macroecológicas es el análisis de patrones repetitivos relacionados con algún atributo de las especies o de los ensambles de especies, como es el área de distribución (Rodríguez, 2004).

Una propuesta de gran utilidad en el estudio de los patrones de distribución de las especies ha sido sobre las escalas o niveles de diversidad. Hace cuatro décadas, Whittaker (1960) propuso que la diversidad de un paisaje (a la que denominó diversidad gama, que no es más que el número total de especies), era resultado de la combinación de dos niveles de diversidad. Por un lado la diversidad alfa, que es el número de especies a nivel local y por otro la diversidad beta, que cuantifica qué tan diferentes (o similares) son los conjuntos de especies de las localidades. Casi de manera simultánea, MacArthur (1965) propuso un concepto similar, pero con una nomenclatura diferente. A la diversidad alfa la denominó diversidad dentro del hábitat (*within habitat diversity*), mientras que a la diversidad beta la denominó diversidad entre hábitats ("*between habitat diversity*"), aludiendo a la escala de su trabajo.

Si bien los estudios de Whittaker y de MacArthur se circunscribieron a una escala local, dejaron claramente establecido que el concepto era lo suficientemente general para ser aplicado a otras escalas (Whittaker, 1972). A una escala biogeográfica amplia, Whittaker denominó a la diversidad beta como diversidad de diferenciación, aunque en la práctica, se ha optado por denominarle diversidad beta o recambio de especies, independientemente de la escala de análisis. Desde el punto de vista de la ecología de comunidades, a principios de los noventa, Cornell y Lawton (1992) formalizaron la idea de que la diversidad beta era el "enlace" entre la diversidad local y la regional, y con esto la propuesta de Whittaker se

integró a las nuevas ideas de la ecología de comunidades. A partir de entonces, los estudios en los que se analiza la diversidad beta aumentó de manera notable y hoy se cuenta con numerosos estudios para diferentes regiones del planeta y para variados grupos taxonómicos. Algunos buenos ejemplos son los murciélagos del continente americano (Willig y Sandlin, 1991), aves del continente americano (Blackburn y Gaston, 1996), cactáceas en Argentina (Mourelle y Ezcurra, 1997), y aves en distintas regiones mediterráneas (Cody 1975, 1986, 1993), por mencionar algunos.

Desde el punto de vista de la conservación, la diversidad beta se encuentra estrechamente asociada a otro concepto denominado complementariedad, surgido en el contexto del diseño de reservas (Margules *et al.*, 1988; Pressey *et al.*, 1993). La idea es la siguiente: si tenemos una región (o paisaje) con una alta diversidad beta (es decir, que la composición de especies de los sitios que forman ese paisaje es diferente), la complementariedad de los sitios es alta, por lo que se necesitan una serie de reservas para proteger un alto porcentaje de las especies (Rodríguez, 2004).

Las aves tienen un extraordinario *poder carismático*, capaz de evocar pasión para la conservación no únicamente de ellas sino también de su hábitat; también tienen un gran poder indicador. Entre las características prominentes de este grupo son su movilidad, conspicuidad y familiaridad. Estos atributos hacen de ellas valiosos, poderosos y sensibles indicadores de las condiciones del medio ambiente. (Bock, 1997).

Dony y Denholm (1985) han señalado que en un procedimiento racional que tenga como objetivo establecer planes para el mantenimiento de la vida silvestre, el valor de conservación de un sitio o de una serie de sitios debería estimarse partiendo primero de la consideración de atributos biológicos, y sólo en segundo término procedería el tomar en cuenta aspectos extrabiológicos o políticos.

En el presente trabajo se pretende considerar los siguientes criterios biológicos:

*Riqueza. Es la manera más sencilla y antigua de definir a la riqueza de una comunidad consiste en la simple enumeración de las especies que contiene; el empleo de la riqueza como equivalente de diversidad biológica, particularmente en el caso de las aves, es válido de acuerdo con lo que encontró Kricher (1972) en Bueno y Espinosa (1989), quien estudió el efecto que tienen los dos componentes de la diversidad: la riqueza y la equitatividad sobre el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

*Rareza. Es meramente el estado de una especie que por alguna combinación de factores físicos o biológicos, está restringida en números o en área a un nivel que es demostrablemente menor que la mayoría de los otros organismos de entidades taxonómicamente comparables (Gaston, 1994). Ezcurra (1990) menciona las tres causas de la rareza ecológica en escalas propuestas por Rabinowitz: *Rareza biogeográfica*, especies que sólo habitan en regiones muy específicas y forman endemismos biogeográficos muy particulares; *Rareza de hábitat*, se refiere a las especies que son muy específicas en cuanto al hábitat, pero que no son endémicas a nivel biogeográfico; se les conoce en ecología como "estenoecas"; La *Rareza demográfica*, se refieren a las especies que presentan densidades bajas en toda su área de distribución, aunque está sea amplia y aunque no estén asociadas a hábitats muy específicos. En el presente trabajo se pretende utilizar la rareza local utilizada por Dony y Denholm (1985), que es simplemente el conjunto de especies que sólo son registradas en pocas de las localidades que se estudiaron.

*Endemismos. El concepto de rareza está estrechamente allegado al de endemismo. Las especies son endémicas a un área si ellas existen dentro de ésta y no en ninguna otra parte más (Gaston, 1994). Endemismo y rareza sin embargo no son intercambiables, las especies pueden ser endémicas a un área, aunque sus niveles de abundancia sean más altos de otras especies con las que coexisten (Gaston, 1994).

*Especies con problemas de conservación (EPC). Aquellas que se encuentran dentro de las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2004:

-*Especie en peligro de extinción*: especie cuyas áreas de distribución o tamaño poblacional han sido disminuidas drásticamente, poniendo en peligro su viabilidad biológica en toda su área de distribución por múltiples factores, tales como la destrucción o modificación de su hábitat, restricción severa de su distribución, sobreexplotación, enfermedades, y depredación, entre otros.

-*Especie amenazada*: que podría llegar a encontrarse en peligro de extinción si siguen operando factores que ocasionen el deterioro modificación del hábitat o que disminuyan sus poblaciones. El concepto de especie amenazada es equivalente al de especie vulnerable.

-*Especie rara*: aquella cuya población es biológicamente viable, pero muy escasa de manera natural, pudiendo estar restringida a un área de distribución reducida o a hábitats muy específicos.

-*Especie sujeta a protección especial*: aquella sujeta a limitaciones o vedas en su aprovechamiento por tener poblaciones reducidas, una distribución geográfica restringida, para propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de especies aisladas.

México como unidad política es un país privilegiado no sólo por su gran diversidad cultural, sino también por su exuberante diversidad biológica, producto de su gran heterogeneidad topográfica, de su historia geológica compleja y de la acumulación gradual de especies como consecuencia de distintos procesos evolutivos. México ha sido definido como un país megadiverso junto con Colombia, Ecuador, India y Madagascar, entre otros. Sin embargo, debido a problemas que se derivan como producto de la sobrepoblación humana (deforestación, pérdida de remanentes de hábitat, etc.), las amenazas que la biodiversidad enfrenta, como la extinción de especies, nos obligan a conocer a detalle no sólo las especies que existen sino también qué factores permiten la coexistencia y el mantenimiento de esta biodiversidad (Uribe, 2004). El conocimiento de la biodiversidad es fundamental para ciencias como la ecología, la sistemática y la biogeografía, además de ser crucial para entender la naturaleza (Dirzo, 1990).

Las aves han servido de modelo para desarrollar una serie de teorías generales en biología. Gran cantidad de personas han dedicado sus esfuerzos y su vida a comprender el funcionamiento de las aves dentro de los ecosistemas y sus particularidades como grupo altamente evolucionado. Los seres vivos a través de los procesos de mutación, recombinación, aislamiento genético y adaptación a condiciones ambientales distintas, tienden a la diversidad. Si la evolución es el proceso fundamental del mundo vivo, la diversidad es a su vez el atributo fundamental del mundo orgánico. A diferencia del mundo natural, el mundo social, nuestro mundo, tiende a simplificar los sistemas, busca la eficiencia en la producción de satisfactores. El dominio de lo más eficiente lleva a la homogeneidad, la cual destruye la diversidad (Halffter, 2002).

En particular las aves que se encuentran presentes en México son aproximadamente 1050 especies, lo que equivale al 10 % de las especies a escala mundial (Navarro y Benítez, 1993). Hasta la fecha, la investigación ornitológica en nuestro país ha sido esporádica y superficial (Peterson y Navarro, 1998). La información de inventarios y monitoreo de las especies en todas las regiones del país es escasa (Navarro y Benítez, 1993).

En general son pocos los trabajos en los que se analiza el estatus de las comunidades de aves a escalas finas, como ocurre en los estados de México, Morelos y Puebla, sobre todo en aquellas zonas y/o áreas reconocidas como áreas naturales protegidas como son los Parques Nacionales Iztaccihuatl-Popocatepetl y el de Zoquiapan y Anexas. De lo anterior, resulta urgente la necesidad de realizar un diagnóstico avifaunístico y estudios ecológicos que nos permitan disponer de información actualizada para establecer políticas racionales de conservación.

ESTUDIOS ORNITOLÓGICOS RECIENTES EN MÉXICO

A finales de la década de los años 70 y principios de los 80, hubo un interés creciente por los estudios ornitológicos en México (Navarro y Benítez, 1995). Este esfuerzo ha sido promovido en parte gracias a los resultados de la educación ambiental y el interés en la conservación de los recursos naturales, reflejado en un aumento significativo de los

estudiantes de biología en las universidades del país. Cada vez son más los grupos de trabajo enfocados al estudio de las aves en diferentes aspectos, principalmente los referentes a estudios faunísticos en diferentes zonas del país, con el objeto de complementar el inventario nacional de la avifauna y formar colecciones y bases de datos de referencia para el desarrollo de otros estudios relacionados con la biogeografía, la taxonomía, la conservación y la ecología. Otros grupos han enfocado sus esfuerzos al estudio de diversos aspectos de la ecología de las aves, relaciones planta-ave, dinámica de poblaciones, alimentación y estudio de las comunidades aviarias; por otro lado, existen también grupos interesados en la conservación de las aves en general, y de especies endémicas amenazadas o en peligro de extinción, así como del hábitat en los que se encuentran. Muchos esfuerzos son dedicados también al estudio de las especies migratorias y el hábitat que ocupan en México durante el invierno. Otros aspectos cubiertos por la ornitología mexicana son el mantenimiento de aves en cautiverio, la conducta, la parasitología, la avifauna asociada a sistemas productivos, la etnornitología y la ornitología cinegética.

Se han escrito hasta la fecha más de 3 500 trabajos referentes a aves de México, entre libros, monografías, artículos en revistas científicas y de divulgación, lo que lo convierte en uno de los países latinoamericanos más estudiados en cuanto a su avifauna (Navarro y Benítez, 1995).

La mayoría de los trabajos aparecieron en revistas internacionales de alta circulación, como *The Condor*, *The Auk*, *Wilson Bulletin*, *Proceedings of the Biological Society of Washington*, *Proceedings of the United States National Museum*, *Fieldiana Zoology*, *American Birds*, *Southwestern Naturalist*, *Journal Fur Ornuhologie*, *Oiseau*, y otras. Entre las revistas mexicanas en las que se encuentran trabajos ornitológicos destacan *La Naturaleza*, la *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, los *Anales* del Instituto de Biología de la UNAM, el *Cenzontle* (revista de la Sociedad Mexicana de Ornitología), el *Acta Zoológica Mexicana*, las publicaciones especiales del INIREB, la *Revista Biótica*, y publicaciones especiales de varias instituciones

LAS COLECCIONES ORNITOLÓGICAS

Las colecciones científicas sirven de base para el desarrollo de gran cantidad de investigaciones sobre todos los aspectos de la biología de las aves. En ellas se encuentran depositados los ejemplares preparados, producto del trabajo de muchos investigadores, así como nidos, huevos, tejidos, parásitos, fotografías y grabaciones de cantos, además de la bibliografía especializada. Los museos son los lugares donde se alojan las colecciones y concentran en un mismo punto espacio-temporal una gran cantidad de información.

Las colecciones ornitológicas en México han tenido un gran desarrollo en los últimos diez años, incrementándose su número y su representación geográfica de manera importante. Además de los ejemplares, algunas colecciones cuentan ya con gran parte de la bibliografía antigua y actual sobre las aves mexicanas, lo que las convierte en centros de información valiosísimos para los investigadores, los estudiantes y el público en general. Las principales colecciones de aves en México son las del Instituto de Biología de la UNAM —la cual recientemente incorporó el acervo de la Dirección de Fauna Silvestre— que contiene la mayor parte de las colecciones del antiguo Museo Nacional; la del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera de la Facultad de Ciencias de la UNAM; Museo de Historia Natural de la ciudad de México, que tiene solamente colecciones de exhibición; la de la Universidad Autónoma de Nuevo León; la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; el Instituto de Historia Natural de Chiapas; el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Autónoma de Morelos. Muchas de éstas tienen valiosas colecciones regionales, y alguna representación nacional (Navarro y Benítez, 1995).

Las mayores colecciones de aves mexicanas, que incluyen casi todos los ejemplares tipo, se encuentran en el extranjero. Los principales museos que las contienen son: British Museum of Natural History (Londres); Museum National d'Histoire Naturelle (Paris); American Museum of Natural History (Nueva York); United States National Museum (Washington, D.C.); Museum of Vertebrate Zoology (Berkeley, California); Field Museum of Natural History (Chicago); Museum of Comparative Zoology (Harvard); Western Foundation of Vertebrate Zoology (Los Angeles); Texas Cooperative Wildlife Collections (Texas); San Diego Museum of Natural History (San Diego, California); Occidental College

(Los Angeles); Los Angeles County Museum (Los Angeles); así como los museos de las universidades de California, Cornell, Florida, Kansas, Louisiana, Michigan, Minnesota y Yale (Navarro y Benítez, 1995).

El desarrollo de la ornitología mexicana en el futuro es prometedor, debido al creciente número de grupos de trabajo y al interés general por la protección y estudio de la avifauna. Aunado a esto, varios estudiantes mexicanos realizan estudios de especialización y posgrado en México y en el extranjero, de modo que en poco tiempo la ornitología en México llevará un ritmo constante y actualizado (Navarro y Benítez, 1995).

Los estudios ornitológicos que se han realizado en los Parques Nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas son escasos. Payter (1952) hizo una pequeña colecta en la que describió hasta especie la mayoría de las 29 especies colectadas; lamentablemente en un periodo muy corto, trabajó en altitudes comprendidas entre los 3,230-4,080 msnm en las inmediaciones de Amecameca, Paso de Cortés y Tetela del Volcán. En la década de los 80's Nocedal (1984) trabajó en la localidad de Zoquiapan, además del Ajusco, en altitudes que fluctúan entre los 3,150 y los 3,350 msnm, y su investigación se basa en observaciones directas. Gómez y Arias (1987) establecieron puntos de muestreo en el Popocatepetl, además del volcán la Malinche, sin especificarlos con precisión, en altitudes entre los 2,500-3,400 msnm, en diferentes periodos, capturando solo para apoyar la observación directa. A finales de la década, Babb (1988), realizó un estudio de la avifauna de la Cuenca del Valle de México, además de la distribución y abundancia de las aves del parque Nacional "Izta-Popo" al cual reportó 31 especies. Lemos y Pérez (1988) integraron una lista en la vertiente oriental del Iztaccíhuatl, registrando un total de 53 especies. Recientemente, la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), incluyó el parque nacional "Izta-Popo" como una de las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS), con un total de 197 especies de aves de las 205 mencionadas para el parque (Arizmendi, 2000).

Por lo que se puede apreciar en un panorama general, las áreas adyacentes del Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas, forman un zona que ha sido pobremente estudiada y con escaso monitoreo.

AREA DE ESTUDIO

ANTECEDENTES HISTORICOS.

El 27 de enero de 1931, el presidente de la República Gral. Plutarco Elías Calles decretó la creación del Parque Nacional Zoquiapan y Anexas (ubicado en la porción noroeste de la Sierra Nevada). Posteriormente, 19 de febrero de 1937 el presidente Gral. Lázaro Cárdenas, emite otro decreto creando el parque Nacional de Zoquiapan y sus Anexos, en donde inicialmente fueron afectadas 20,454 hectáreas de terrenos boscosos que pertenecían a las ex-haciendas Zoquiapan, Ixtlahuacán y Río Frío, así como las de los ranchos Venta de Córdoba, Venta Nueva y Mayen. El Decreto que establece al Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl fue emitido el 29 de octubre de 1935, durante el gobierno del Gral. Lázaro Cárdenas. Posteriormente, con el propósito de beneficiar la industria papelera del país, en 1947 se emitió un segundo decreto en el cual el parque incrementó su superficie de 25,679 ha a 59,913.93 ha y se definió la cota de 3,600 msnm como su límite inferior (CONANP, 2004).

El Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, Zoquiapan y Anexas, lo conforman el Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl y el Parque Nacional Zoquiapan y sus Anexas, pero debido a que forman una unidad geográfica y biótica se han conjuntado como uno solo denominándose Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas (PNIPZA).

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El PNIPZA se encuentra en la parte central del Eje Neovolcánico Transversal, sistema montañoso que marca el extremo meridional de la altiplanicie mexicana, incluye las prominencias topográficas más altas de México, formada por los volcanes del pico de Orizaba (5650m), el Popocatepetl (5450m), el Iztaccíhuatl (5280m), el Nevado de Toluca (4560m), la Malinche (4660m), el Nevado de Colima (4340m) y el Cofre de Perote (4090m); (Rzedowski, 1985). Así mismo el eje Neovolcánico es una barrera geográfica muy

importante, ya que es el límite entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical (Challenger, 1998).

El PNIPZA, se encuentra entre las coordenadas extremas $98^{\circ} 34' 54''$ a $98^{\circ} 42' 08''$ de longitud oeste y entre los paralelos de $18^{\circ} 59' 39''$ a $19^{\circ} 16' 25''$ de latitud norte. Se ubica en el área de confluencia de los estados de Puebla, México y Morelos (Chávez y Trigo, 1996).

El parque abarca principalmente la provincia Serranías Meridionales, dentro de la Región Mesoamericana de Montaña (Rzedowski, 1985). Se encuentra localizado entre los límites de los Estados de México, Puebla y Morelos. Comprende los municipios de Tlalmanalco, Amecameca, Atlautla y Ecatzingo (México), Huejotzingo, San Salvador el Verde, Domingo Arenas, San Nicolás de los Ranchos, Tochimilco (Puebla), además de Tetela del Volcán (Morelos). La superficie del Parque es de 59,913.93 ha (CONABIO, 2003; Figura, 2).

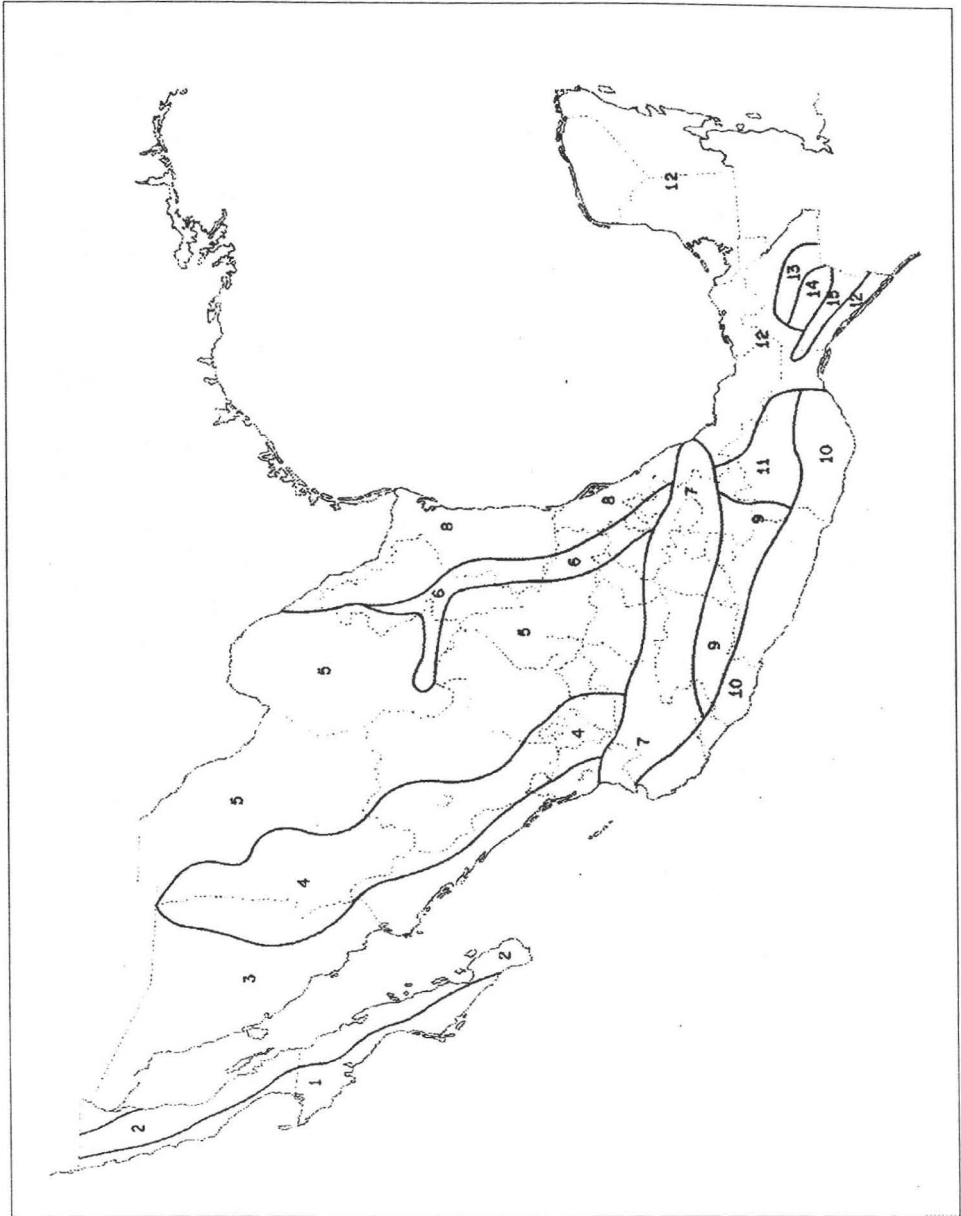


Figura I. Principales provincias fisiográficas de México. 1. planicie costera de Baja California. 2. Sistemas montañosos de Baja California. 3. Planicie Costera Norooccidental. 4. Sierra Madre Occidental. 5. Altiplano Mexicano. 6. Sierra Madre Oriental. 7. Eje Volcánico Transversal. 8. Planicie Costera Nororiental. 9. Depresión del Balsas. 10. Sierra Madre del Sur. 11. Sistema montañoso del Norte de Oaxaca. 12. Planicie Costera Suroriental. 13. Macizo Central de Chiapas. 14. Depresión Central de Chiapas y 15. Sierra Madre de Chiapas. Tomado y modificado de Rzedowski (1978).

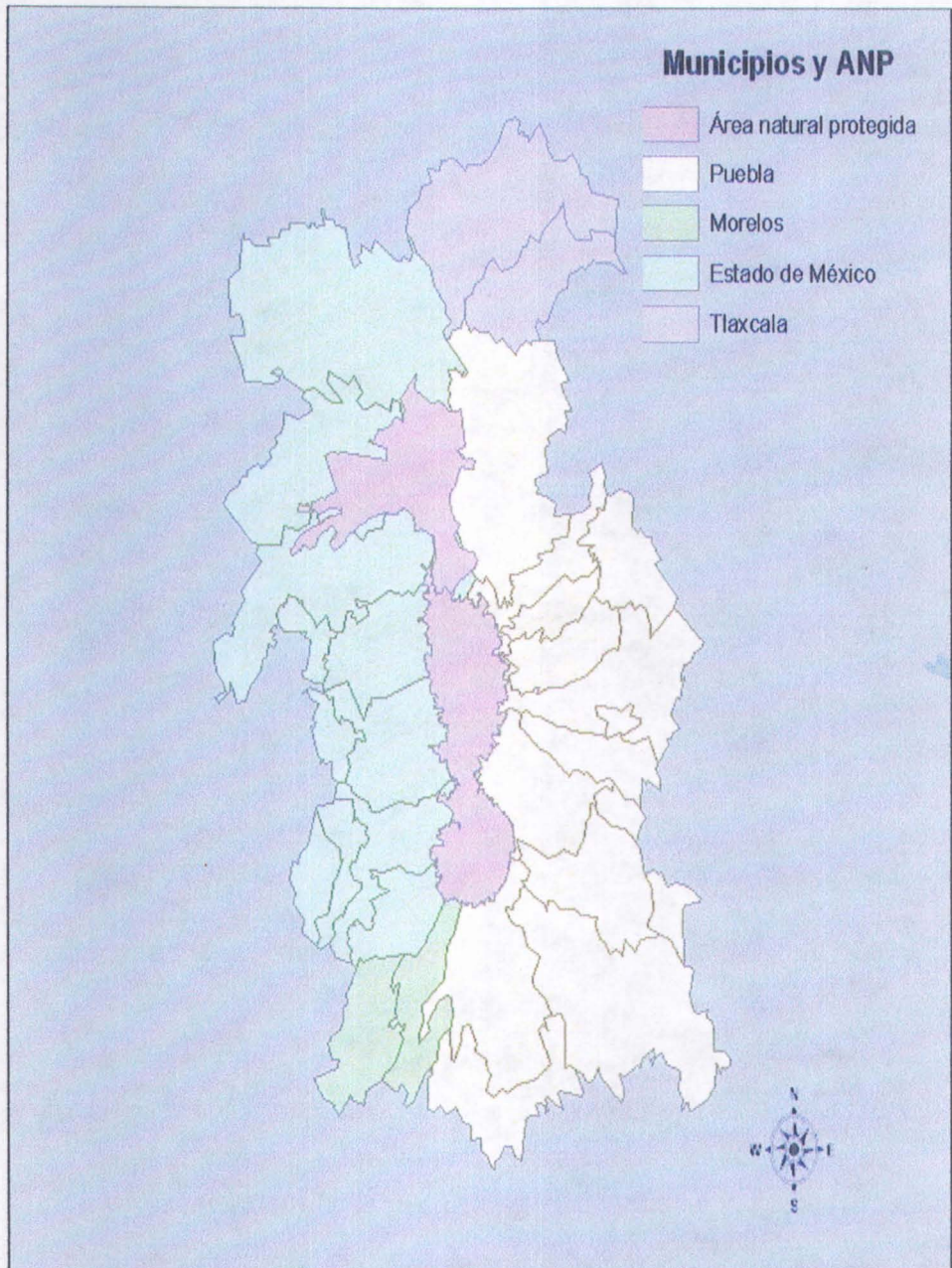


Figura. 2. Mapa de la zona de estudio. Tomado de Laboratorio de Geomatica, FES-Zaragoza.

GEOLOGÍA

El Iztaccíhuatl y el Popocatepetl limitan en la parte oriental de la cuenca de México que ha sufrido grandes esfuerzos tensionales desde principios del Terciario, por lo que se han originado zonas muy fracturadas, cubiertas principalmente por rocas extrusivas.

Estratigráficamente las rocas más antiguas del Terciario Medio, corresponden a la formación de Xochitepec y se localizan en la base occidental del Iztaccíhuatl y también al este de Santo Tomás de Atzingo y en las cañadas de San Rafael y “del Negro” (White, 1968 en Babb y López, 1985).

Las rocas que siguen en antigüedad pertenecen a la serie andesítica del Iztaccíhuatl y se les ha asignado al Plioceno Inferior, aunque también se cree que pertenecen al Pleistoceno. Estas andesitas constituyen la maña principal del Iztaccíhuatl y descansan sobre la serie Xochitepec, (Mooser, 1956 en Babb y López, 1985).

Las partes erosionadas más antiguas de la montaña están constituidas por andesitas como las que pueden observarse al oeste del “Llano Grande”, a una altitud de 3700m.

Durante el Plioceno superior se formó el grupo Tenayo, constituido por rocas basálticas y andesíticas, con intercalaciones clásticas y piroclásticas, que se asocian tanto al Plioceno Superior, al Pleistoceno, y en tiempos más recientes, en el Iztaccíhuatl están representadas rocas volcánicas del grupo Chichinautzin entre las que destacan: andesitas del volcán Xaltepec, en el fondo del valle de Tonicoxco y en la parte superior de Llano Grande, corrientes de lava en el cerro Teyolt, basalto negro en algunos lugares del pecho y en la cabecera del valle de Ayolotepito, tobas y lapilli (ceniza y pómez consolidado) en la cabecera del valle de Ayolotepito y Ayoloco. En este valle se encuentran también cinco manantiales de agua caliente, por lo que se deduce que el vulcanismo del Iztaccíhuatl no cesó en el Plioceno, sino que continuó en el Pleistoceno, (White, 1962 en Babb, 1985). La actividad volcánica del Popocatepetl propició depósitos de sedimentos volcánicos en grandes áreas del Valle de México, probablemente durante el Pleistoceno Superior.

HIDROLOGÍA

La Sierra Nevada funciona como una división continental de las aguas de la antigua Cuenca Endorreica de México y la gran Cuenca de Balsas. Los recursos hidráulicos que proporcionan los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl provienen principalmente del deshielo y las precipitaciones pluviales que son abundantes en estas alturas, (White, 1962 en Babb y López, 1985).

Los arroyos principales tienen su origen en los vértices del glaciar, confluyendo abajo los diversos drenajes superficiales de estas zonas que sirven de colectores de las aguas pluviales entre los 3500 y 4000 msnm. Los drenes se juntan dándole a los arroyos el volumen de agua de la zona a ese nivel, teniendo los citados arroyos fuertes pendientes, que durante la época de lluvia aumentan los veneros y escurrimientos superficiales.

Las principales corrientes que se originaron en los volcanes se distribuyen de la siguiente manera: las que nacen del lado oeste del Iztaccíhuatl se dirigen al valle de Puebla (Fuentes 1972 en Babb y López, 1985); la del río Molinos que nace al Suroeste de Iztaccíhuatl, atraviesa la región occidental de Cholula y penetra en Atlixco para unirse después con el río Nexapa.

Cerca del límite de los estados de México y Puebla nace la vertiente oriental de la Sierra Nevada que constituye el nacimiento de la cuenca del río Atoyac, que tiene un recorrido de noroeste a sudeste por el valle de Puebla.

En ocasiones, los ríos son de gran extensión, en algunos paisajes solo se presentan restos de glaciaciones anteriores y en otros, los glaciares contemporáneos representan avances y retrocesos de los hielos sobre los continentes. Actualmente estamos en un periodo interglaciar con glaciares relativamente pequeños que comenzaron durante la etapa glaciar Wisconsin.

El Iztaccíhuatl cuenta con nueve glaciares que ocupan un área de 116.5 ha. aproximadamente. En el caso del Popocatepetl se presentan tres glaciares que cubren una superficie de 72 ha. y se localizan en el lado noroeste del volcán.

En términos generales puede decirse que los tres glaciares del Popocatepetl se encuentran en la cara norte principalmente y comparten un área de acumulación, difícil de diferenciar en sus límites superiores. Después, entre las cotas de 5300 y 5250m cada cual adquiere cierta independencia, (Lorenzo, 1964 en Babb y López, 1985).

CLIMA

Los climas del PNIPZA, dependen principalmente de la altitud, donde predominan los templados y fríos. En general el porcentaje de lluvias en invierno es menos al 5 % de la anual, la temperatura media del mes más caliente oscila entre 6.5 y 22° C. La precipitación aumenta en verano por los movimientos convectivos del aire y la influencia de los ciclones tropicales.

A continuación se hace una descripción de los tipos climáticos más importantes de los parques (según la clasificación de Köppen modificado por García, 1988).

Cb'(w2) Templado, semifrío, con verano fresco largo, temperatura media anual de 5° C y 12° C, temperatura del mes más frío entre -3° C y 18° C, menos de cuatro meses con temperatura mayor a 10° C, subhúmedo, precipitación anual entre 200 y 1800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5 al 10 % anual.

C(w2) Templado con temperatura media anual entre los 12° C y 18° C, con temperatura del mes más frío entre menos 3° C y 18° C y temperatura del mes más caliente bajo 22° C, subhúmedo, precipitación anual de 200 a 1800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; las lluvias de verano de 5 al 10.2 % anual.

E(T)H Se caracteriza por que en el mes más caliente es mayor de 0°C; y menor a una media menor de 6.5° C, lo que solo permite el desarrollo de asociaciones de líquenes, musgos y hierbas como algunas gramíneas cuya estructura recuerda a la tundra (García, 1988).

SUELO

Los suelos del área de los volcanes están formados por cenizas volcánicas y pomeas de diferentes edades. Las características principales que se deben considerar de acuerdo a los grupos de suelos de ceniza volcánica son las morfológicas, las físicas, las químicas y las mineralógicas (INEGI, 1985).

Las unidades de suelo que INEGI reporta, con base en la clasificación de la FAO, dentro del parque se describen enseguida: andosoles, litosoles, legosoles, cambisoles y fluvisoles, los tres primeros los encontramos bajo condiciones húmedas y frías; Los litosoles son suelos débilmente desarrollados en rocas duras y los regosoles son suelos débilmente desarrollados en un material blando aún no consolidado.

Los suelos en el área de los volcanes son:

Andosoles vítricos: de textura gruesa con fragmentos de vidrio volcánico que provienen de cenizas andesíticas recientes, se localizan entre los 3,100 y los 3,800 msnm., en las laderas frías y húmedas de ambas vertientes de los volcanes, en el Paso de Cortés.

Andosoles húmicos: son suelos procedentes de cenizas andesíticas que se caracterizan por una capa superficial blanda de color oscuro, ricos en materia orgánica y nutrientes. Se localiza en las laderas frías y húmedas del norte del Iztaccíhuatl entre los 3,400 y los 4,200 msnm.

Litosoles vítricos: originados de cenizas andesíticas recientes y antigua. Se localizan en las zonas frías y secas de ambos volcanes entre los 3,800 y los 4,200 msnm de altitud. Están constituidos principalmente de arena levemente migajosa a arena limosa.

Litosoles con regosoles dísticos: es un suelo combinado caracterizado por ser extremadamente delgado y con poca capacidad de retención de agua, pobre en nutrientes, prácticamente infértil. Se localizan en la cumbre del Iztaccíhuatl en corrientes de lava hasta la cumbre. Se originan de rocas Volcánicas andesíticas, lavas etc. Regosoles Dísticos con Litosoles: provienen de las cenizas andesíticas del Popocatepetl y se localizan en las zonas altas y frías, en una altitud superior a los 4,000 msnm. Son suelos arenosos muy someros y carentes de nutrientes.

VEGETACIÓN

Desde el punto de vista florístico el parque y su zona de influencia cuentan con características biológicas privilegiadas debido a su ubicación geográfica, ya que promueve la mezcla de diferentes factores ambientales como consecuencia de su marcado gradiente altitudinal. Por tal motivo, y a pesar de ser una pequeña extensión, la diversidad de hábitats que presenta es grande sobre todo si se compara la poca superficie que abarca con respecto al Valle de México y la República Mexicana (Chávez y Trigo, 1996).

El tipo de vegetación que predomina en el área son los bosques de coníferas y encinos; comunidades que presentan una alta riqueza de especies (Rzedowski, 1991a y 1991b), en los cuales se encuentran los siguientes hábitats:

- a) Pinar abierto de *Pinus hartwegii* (3,300-4000 msnm) con abundantes gramíneas amacolladas. Este es un bosque abierto dominado por una sola especie *Pinus hartwegii*, que se mezcla en altitudes más bajas con *Abies religiosa* y *Alnus firnifolia*. El *Pinus hartwegii* alcanza su mejor desarrollo en el Eje Neovolcánico. En los volcanes esta especie llega a mayores altitudes (cerca de los 4,000 msnm), registradas para cualquier pino en cualquier parte del mundo, con una altura promedio de 15 a 20 m. Existe también aquí un estrato arbóreo bajo de tipo arbustivo, pero más abierto donde se incluyen *Alnus firnifolia*, *Ribes ciliatum*, *Salix bomplandiyy*, *Senecio cinerarioides*. El estrato herbáceo esta dominado por *Festuca toluensis* y *Muhlenbergia quadridentata*, una pequeña especie amacollada, zacatales amacollados tales como *Festuca amplissima* y

Muhlenbergia nigra están presentes ocasionalmente. Las herbáceas más importantes comprenden *Alchemilla vulcanica*, *Cirsium nivale*, *Lupinus montanus*, *Penstemon gentianoides* y *Vaccopium geminiflora*.

- b) Pradera subalpina (zacatonal-alpino) (3, 800-4,300 msnm). En esta área se encuentran más especies que en ningún otro hábitat de la vegetación alpina y subalpina. La especie dominante es *Muhlenbergia quadridentata*, una pequeña especie amacollada.

Otras especies en el área son *Agrostis toluensis*, *Irisetum rosei*, *Arenaria reptans*, *Cerastium culvanicum*, *Conyza chiedena*, *Gnaphalium liebmanii*, *Senecio bellidifolius*, *Lupinus mexicanus*, *Draba jorullens*, *Plantago toluensis*, *Castilleja schaffneri*, *Oxalis alpina*.

Localizada a una altitud de 3,800 a 4,300 msnm se encuentra una gran extensión de zacatonal alpino que se extiende en forma casi continua entre el Popocatepetl y el Iztaccíhuatl, interrumpida solamente por una faja angosta de bosque de *Pinus hartwegii* entre 3750 y 3,900 msnm, en las laderas del lado Norte del Popocatepetl. Al Norte del Paso de Cortés la pradera subalpina cambia gradualmente a pradera más o menos a 4,000 msnm en el Iztaccíhuatl.

- c) Pradera alpina (vegetación de páramo de altura) (3,800-5,000msnm). Se representa por macollos esparcidos de *Calamagrostis toluensis* quien domina la pradera alpina, un arbusto conspicuo es *Senecio mairetianus*; las especies herbáceas incluyen *Festuca livida*, *F. toluensis*, *Arenaria bryoides*, *A. paucifolis*, *Cerastium lithophyllum*, *Cirsium nivale*, *Cirsium Subsericeum*, *Conyza schiedeana*, *Cirsium obtusa*, *Gnaphalium Liebmanii* y *G. Vulcanum*, entre otras.

En general se reporta un inventario florístico para la zona que tiene como base de datos las obras de Rzedowski (1978, 1991a y 1991b) y algunos datos obtenidos por parte del laboratorio de biogeografía de la Facultad de Ciencias UNAM. De dicho trabajo se toma la siguiente estimación de 87 familias, 370 géneros y 914 especies que se encuentran en el área de estudio.

Cuadro 1. Localidades del parque donde se realizó el trabajo de campo.

CLAVE	LOCALIDAD	MPIO.	EDO.	ALT.
10CSJ	Camino a San Juan Tetla	Huejotzingo	Pue.	2800
11SAA	San Alejo de Atlixco	Atlixco	Pue.	1900
12TOC	Tochimilco	Tochimilco	Pue.	2000
15TET	Tetela	Tetela del Volcán	Mor.	2200
18OCO	Ocoxaltepec	Tetela del Volcán	Mor.	2400
29SIF	El Sifón	Nanacamilpa	Tlax.	3000
30SFH	San Felipe Hidalgo	Nanacamilpa	Tlax.	2800
31SJC	San Juan Cuauhtémoc	Tlahuapan	Pue.	2860
33SMA	Sta. María Atexcac	Huejotzingo	Pue.	3100
34MAC	Manuel Avila Camacho	Ixtapaluca	Méx.	2778
35LLG	Llano Grande.	Ixtapaluca	Méx.	3300
37SOL	La Soledad	Nanacamilpa	Tlax.	2950
38VAQ	La Vaquería	Nanacamilpa	Tlax.	2800
42SBA	Atlimeyaya	Tianguismanalco	Pue.	2260
52SAN	San Antonio	Amecameca	Mex.	2600
53TOM	Santo Tomas	Amecameca	Mex.	2500
54ATL	Atlautla	Amecameca	Mex.	2491
55TEH	Tehuixtitlan	Amecameca	Mex.	2700
56CSM	Camino a San Marcos	Amecameca	Méx.	2400
62SBU	San Buenaventura	San Buenaventura Nealtican	Pue.	2300
63SPN	San Pedro Nexapa	Amecameca	Méx.	2862
65LSA	La Sabanilla	Texcoco	Méx.	2930

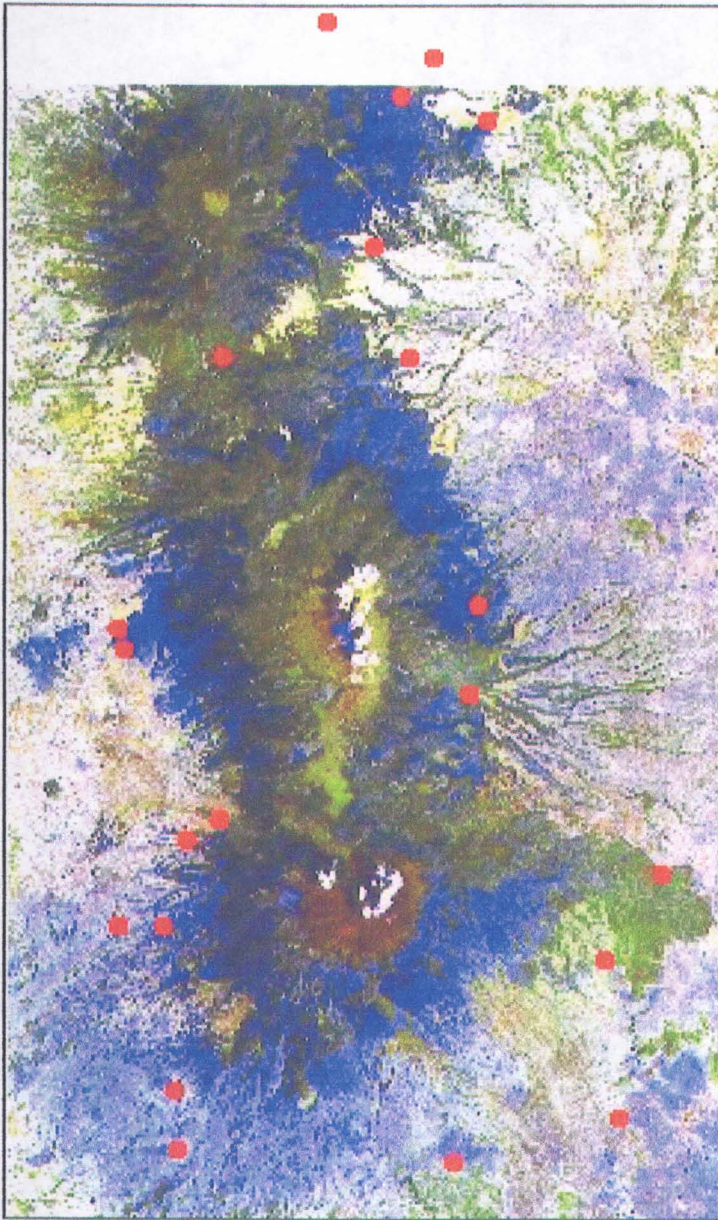


Fig. 3. Ubicación de los sitios donde se realizó el trabajo de campo. Los puntos corresponden a las localidades visitadas en el cuadro 1, en un mapa digitalizado.

JUSTIFICACIÓN

La conservación de la naturaleza representa y requiere de muchos aspectos. Entre ellos y con un peso muy importante, de una serie de supuestos estéticos y éticos sobre en qué medio ambiente deseamos vivir y en consecuencia como debemos interactuar con él. Para el mundo actual, conservación de la naturaleza significa principal, pero no exclusivamente, conservación de la biodiversidad (Halffter, 2004).

La acelerada pérdida de la biodiversidad a nivel mundial está obligando a recurrir a todo nuestro ingenio para evitar que la tasa de extinción no supere a la tasa que estamos conociendo nuevas especies, a optimizar recursos y utilizar al máximo el conocimiento que se tiene acerca de la biodiversidad, con la idea de revertir el proceso de pérdida de la misma y/o para proponer medida de conservación. Los inventarios con los que se cuentan, completos o incompletos, son una herramienta fundamental para el análisis de patrones de diversidad y de procesos asociados. El contar con regiones y grupos relativamente bien estudiados e inventariados, nos permiten obtener ventajas considerables, las cuales se deben aprovechar (Rodríguez, 2004).

La diversidad biológica de México ha sido evaluada para determinar el grado de conocimiento sobre ella (Sarukhán y Dirzo, 1992). Esto a permitido la planeación de estrategias dirigidas a disminuir los efectos adversos sobre la biodiversidad que ocasiona el cambio de uso de suelo de terrenos forestales a agropecuarios, así como construir instrumentos de política ambiental, elaborar programas para las áreas naturales protegidas y establecer líneas de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva (SEMARNAP, 1996b).

Es por eso necesario un planteamiento claro y explícito, propio para cada región. Un planteamiento que precise para que se quiere conservar la biodiversidad. Dicho de otra forma, de que manera la biodiversidad y la áreas naturales protegidas pueden contribuir al desarrollo económico sustentable y al bienestar de cada uno de los habitantes del país (Halffter, 2002).

OBJETIVOS

1. Estimar la diversidad avifaunística del PNIPZA.
2. Estimar el valor relativo de conservación considerando los atributos biológicos de rareza local, endemismo y grados de vulnerabilidad de las especies registradas en las diferentes localidades del parque.

MATERIAL Y METODO

Para obtener el inventario avifaunístico se realizaron salidas mensuales a diferentes localidades del parque. Se llevaron a cabo trayectos distancia/tiempo (Emlen, 1971). El listado se realizó mediante observaciones, utilizándose binoculares (10x25 y 10x50), registros auditivos y capturas de organismos con de redes de niebla (12x2.1m). Las especies se identificaron con la ayuda de las guías de campo (Howell & Webb ,1995; Peterson & Chalif, 2000). La nomenclatura taxonómica se apega a la más reciente revisión de la American Ornithologists' Union Check List (AOU, 2004).

Se utilizaron cuatro redes de niebla de 7 a.m. a 11 a.m. y de 15 p.m. a 19 p.m. en cada localidad, al llegar y al cambiar de la misma. Al coleccionar los organismos se procedió a determinarlos y anotar sus características.

Diversidad Avifaunística.

El estatus de residencia de cada una de las especies de la zona se determino de acuerdo con las categorías propuestas por Howell y Webb (1995): visitantes de invierno (especies que no se reproducen en la zona, pero se presenta durante el invierno); residentes de verano (especies que se reproducen en la zona, pero únicamente en verano); migratorias transitorias (especies que no se reproducen en la zona, pero se presentan durante el período de migración en primavera o en otoño); residentes (especies que se reproducen y residen en la zona todo el año), y migratoria ocasional (especie registrada pocas veces en la zona durante el periodo de estudio; aunque aparentemente el sitio no pertenece a su área de distribución, se encuentra pérdida o vagabunda durante la época de migración o de invierno).

La abundancia relativa se estableció mediante el valor de frecuencia de ocurrencia de cada especie, utilizando las siguientes categorías propuestas por Stiles (1983), Arizmendi *et al.*, (1990); Ortiz-Pulido *et al.* , (1995) y Ramírez (2000): rara (especie no observada en intervalos largos de tiempo y en números muy bajos (1 a 4 individuos); irregular (especie

con uno o pocos individuos, sin patrón de aparición: de 5 a 10 individuos); escasa (especies observada en números muy bajos: de 11 a 16 individuos); común (especie observada en números bajos, en grupos pequeños o en pocos grupos grandes, de 17 a 39 individuos), y abundante (especie observada diariamente y en grandes números: de 40 o más individuos).

Los grados de vulnerabilidad se adjudicaron conforme a la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT) que incluye especies y subespecies de flora y fauna terrestres y acuáticas, nativas de México con sus categorías de riesgo y especificaciones para preservación, protección y aprovechamiento sustentable (SEDESOL, 1994; SEMARNAP, 2000^a; SEMARNAT, 2001): en peligro de extinción, amenazada y bajo protección especial. Se consideran especies endémicas y cuasiendémicas las que proponen Navarro y Benítez (1993).

En el caso de la diversidad Alfa, la gran mayoría de los métodos propuestos para evaluarla se refieren a la diversidad dentro de las comunidades. Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, se dividen en dos grandes grupos: 1) Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica); 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.). En el caso de la cuantificación usamos la riqueza específica (S), ya que es la forma más sencilla de medir la biodiversidad y se basa únicamente en el número total de especies presentes, sin tomar en cuenta su valor de importancia. Para la estructura se aplicó el índice de Shannon-Wiener (Cox, 1981), ya que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra.

En el caso de la diversidad Beta o diversidad entre hábitats, su medición implica una dimensión diferente porque está basada en proporciones o diferencias (Magurran, 1988). Estas proporciones pueden evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, disimilitud o distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de

individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.) o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Magurran, 1988; Wilson y Shmida, 1984). En este caso usamos como herramienta los cladogramas de área generados con los programas Nona (Goloboff, 1996) y Winclada 1.00.08 (Nixon, 1999) mediante búsqueda heurística, que expresa el grado en el que dos o más muestras son semejantes por las especies presentes en ellas.

La diversidad Gamma se define como la riqueza en especies de un grupo de hábitats (un paisaje, un área geográfica, una isla), que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta). Se calcula con base en la riqueza de especies (Moreno, 2001), utilizando la siguiente fórmula: $Beta = \sum q_j (ST - S_j)$, donde:

q_j = peso proporcional de la comunidad j , basado en su área o cualquier otra medida de importancia relativa.

ST = Número total de especies registradas en el conjunto de comunidades.

S_j = Número de especies registradas en la comunidad j .

De tal forma que: $Gamma = \text{alfa promedio} + \text{beta}$

Valor de Conservación.

El valor de conservación de los diferentes sitios se estimó considerando los atributos biológicos de rareza y endemidad. Se tomó en cuenta también la NOM-059-SEMARNAT para asignar un valor de conservación a las especies que estén incluidas en ella.

Rareza local (RL)

Para estimar la rareza local se tomó en cuenta a aquellas especies que solamente fueron registradas en tres, dos o un sitio, asignando los siguientes valores:

<i>Valor</i>	<i>Categoría</i>
2	Especies presentes en un sitio (r1)
1	Especies presentes en dos o tres sitios (r2)

Endemicidad (E)

Para estimar la endemividad se dieron los siguientes valores de acuerdo al área de distribución:

<i>Valor</i>	<i>Categoría</i>
3	Endémico Restringido (además de encontrarse sólo en el país, se localiza en una región fisiográfica. (e1)
2	Endémico (cuando la distribución de la especie esta circunscrita exclusivamente dentro del territorio nacional). (e2)
1	Cuasiendémico (cuando el área supera ligeramente los límites del país, pero principalmente se distribuye dentro de éste). (e3)

Especies con problemas de conservación (EPC):

De acuerdo a la NOM-059-ECOL-2004 se asignaron valores dependiendo del grado de vulnerabilidad. Se omitió la categoría de rara puesto que ninguna especie se encontró en ella, quedando de la siguiente manera:

<i>Valor</i>	<i>Categoría</i>
3	Especie en Peligro de Extinción (c1)
2	Especie Amenazada (c2)
1	Especie Sujeta a Protección Especial (c3)

Con las sumas de valores de cada criterio se estimó el valor de conservación de cada localidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Diversidad avifaunística.

Se registraron en total 91 especies de aves en las 22 localidades, pertenecientes a 74 géneros, 14 subfamilias, 33 familias y 8 órdenes (Apéndice), que representan el 54.63 % de las especies de aves registradas por la CONABIO (205 especies) en el parque. Las familias con mayor riqueza fueron Parulidae (17), Emberizidae (9) y Turdidae (8) (Cuadro 2).

Las 91 especies que se reportan representan casi el 10 % de la avifauna nacional. Se añadieron 10 registros de especies nuevas para el área del parque y la zona de influencia, las cuales no habían sido reportadas en la lista de la CONABIO (ver Apéndice). De esta forma, el inventario completo de especies, considerando tanto las reportadas en este trabajo como las que se reportan en la lista de la CONABIO, resultó ser de 215.

Se han propuesto varias explicaciones para dar cuenta de la gran riqueza avifaunística de nuestro país. Una de ellas, ampliamente difundida, recurre a la ubicación biogeográfica de la República Mexicana, situada en la zona de transición entre dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical; otra la explica por los cambios climáticos del Pleistoceno, que propiciaron un aislamiento de poblaciones, lo cual favoreció los procesos de especiación que incrementaron el número de especies endémicas en nuestro territorio (Escalante *et al*, 1993). El área de estudio pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal, que es una región compleja desde el punto de vista topográfico. A una escala más fina, se ha reportado que las comunidades vegetales de pino-encino presentan una gran riqueza avifaunística (Navarro y Benítez, 1993). Los picos montañosos se comportan como islas virtuales, en donde las poblaciones aisladas y de número reducido pueden sufrir procesos de rápida diferenciación. Es también importante señalar que este parque presenta distintos tipos de vegetación, que a su vez definen la composición y notable riqueza de las comunidades de aves.

Cuadro 2. Familias de aves representadas en el PNIP, Zoquiapan y Anexas.

FAMILIA	No. de spp.	FAMILIA	No. de spp.
PARULIDAE	17	FALCONIDAE	1
EMBERIZIDAE	9	ODONTOPHORIDAE	1
TURDIDAE	8	SCOLOPACIDAE	1
TROCHILIDAE	5	COLUMBIDAE	1
TYRANNIDAE	5	ALCEDINIDAE	1
ACCIPITRIDAE	4	LANIIDAE	1
PICIDAE	4	PARIDAE	1
CORVIDAE	4	AEGITHALIDAE	1
TROGLODYTIDAE	4	SITTIDAE	1
HIRUNDINIDAE	3	CERTHIIDAE	1
FRINGILLIDAE	3	REGULIDAE	1
VIREONIDAE	2	SYLVIIDAE	1
MIMIDAE	2	BOMBYCILLIDAE	1
ICTERIDAE	2	PTILOGONATIDAE	1
VIREONIDAE	2	PEUCEDRAMIDAE	1
ARDEIDAE	1	THRAUPIDAE	1
CATHARTIDAE	1	CARDINALIDAE	1

Del total de especies registradas en el área de estudio, 74 son residentes (81.31%), 7 migratorias transitorias (7.69%), 1 migratoria ocasional (1.09%) y 9 visitantes de invierno (9.89%) (Fig. 3, Cuadro 3 y Apéndice). Algunas de estas especies pasan entre 7 y 10 meses del año en la zona; otras la utilizan como sitio estratégico en su ruta de migración hacia el sur o a la vertiente del Pacífico o de retorno a sus áreas de reproducción en Norteamérica.

El número de especies residentes resultó mayor que el de especies migratorias. Quizá ello se deba a que las especies residentes disponen de más recursos. Sin embargo, para las especies migratorias, el parque representa un área de la mayor relevancia, ya que forma parte de los corredores migratorios de mayor importancia para las aves Neárticas (e.g., *Dendroica coronata*, *Dendroica graciae*, *Dendroica striata*, *Mniotilta varia*) (Ornelas & Arizmendi, 1995).

El parque y las áreas aledañas ofrecen una gran cantidad de recursos que permiten el arribo y mantenimiento de numerosas poblaciones de aves durante todo el año (Rojas, 1995). En los diversos hábitats del parque, muchas aves pueden satisfacer sus requerimientos alimenticios, de reproducción y nidificación (Hutto, 1984). Todo lo anterior explica la notable riqueza avifaunística del parque.

En cuanto a la abundancia relativa, 40 especies fueron raras, 14 irregulares, 17 escasas, 10 comunes y 10 abundantes. Así, la mayoría resultaron raras (Fig. 3, Cuadro 3 y Apéndice). Las especies que se comparten en casi todas las localidades son *Myadestes occidentalis*, *Junco phaeonotus*, *Myioborus pictus*, *Myioborus miniatus*, *Ergaticus ruber*, *Hylocharis leucotis*, *Ptilononyx cinereus*, *Regulus calendula*, *Carpodacus mexicanus*.

Las especies consideradas como raras representaron cerca del 44% del total. Las especies raras se ven particularmente afectadas por aspectos alimenticios, estructura y complejidad del hábitat o disponibilidad espacio-temporal de los recursos. Las especies abundantes (10.98%), que se presumen con un elevado éxito ecológico, determinan las condiciones de especies vinculadas a ellas. De esta manera, se establece una característica *sui generis*, esto es, que se presentan pocas especies abundantes y muchas especies raras (Krebs, 2000).

	Rara	Irregular	Escasa	Común	Abundante	TOTAL
Residentes	27	12	15	10	10	74
Mig. Trans	5	1	1	-	-	7
Mig. Oca	-	-	1	-	-	1
Vist. Inv.	8	1	-	-	-	9
TOTAL	40	14	17	10	10	

Cuadro 3. Estatus de residencia y Abundancia relativa de las especies presentes en el PNIPZA.

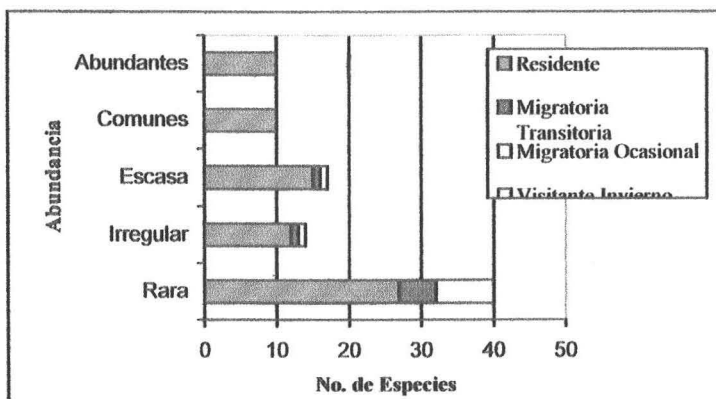


Fig. 3. Estatus y abundancia de las aves del PNIPZA.

De las aves registradas para la zona, 4 están catalogadas bajo alguna categoría de riesgo o vulnerabilidad en la NOM-059-SEMARNAT (SEDESOL, 1994; SEMATNAP, 2000^a; SEMARNAT, 2001). De estas, 3 cuentan con protección especial (*Accipiter cooperii*, *Buteo jamaicensis* y *Myadestes occidentalis*), y una está considerada como amenazada (*Regulus calendula*).

Se registraron 10 especies endémicas a México: *Dendrortyx macroura*, *Campylorhynchus megalopterus*, *Catherpes mexicanus*, *Catharus occidentalis*, *Turdus rufopalliatu*s, *Melanotis caerulescens*, *Ergaticus ruber*, *Atlapetes pileatus*, *Buarremon virenticeps* y *Oriturus superciliosus*; 2 cuasiendémicas: *Poecile sclateri* y *Junco phaeonotus* y 22 de interés internacional (Apéndice).

En cuanto al análisis de diversidad α , la localidad con el valor más alto respecto a la riqueza específica, fue *Camino a San Marcos*, en donde se registraron 24 especies. La localidad con mayor índice de diversidad (3.01) fue también *Camino a San Marcos* (Cuadro 4). Aun sin hacer una medición sistemática de la complejidad de la vegetación, fue sencillo apreciar que esta localidad presentaba un buen estado de conservación, con cinco estratos vegetales claramente diferenciados. Es razonable suponer que esta localidad ofrece una mayor disponibilidad de alimentos y de nichos ecológicos. Una mayor complejidad estructural de la vegetación se reflejaría en una mayor complejidad de la comunidad de aves (Nocedal, 1984).

Para analizar la diversidad β se usó como herramienta los cladogramas de área generados con los programas Nona (Goloboff, 1996) y Winclada 1.00.08 (Nixon, 1999) mediante búsqueda heurística. Se obtuvieron 13 cladogramas de localidades con el menor número de pasos. Los cladogramas revelaron un patrón general consistente en 2 clados principales. Uno de ellos representa a dos subcuencas claramente diferenciadas, la de Nexapa y la de Cuautla. El otro en cambio, no presenta un patrón definido e incluye a las cuatro subcuencas restantes que se consideraron en el análisis.

El análisis de parsimonia de áreas reveló un clado que apareció consistentemente al emplear los procedimientos heurísticos, al que se denominó Izta-Popo. Este clado muestra que existe una estrecha relación entre las localidades *Atlimeyaya*, *Tochimilco*, *San Alejo* y *San Buenaventura*. Las cuatro localidades se localizan en la subcuenca Nexapa. Se formó también otro clado con tres localidades - *Tetela*, *Ocoxaltepec* y *San Antonio* - ubicadas en la subcuenca de Cuautla. Por otro lado, de acuerdo con las observaciones de campo, fueron precisamente las subcuencas de Cuautla y Nexapa las que presentaron menor influencia antropogénica, en comparación con las subcuencas de Atoyac, ubicada en el vertiente oriente del Parque, Tulancingo, ubicada en la parte norte del parque, Endorreica del Valle de México y Yautepec-Amacuzac, ubicadas en la vertiente occidental. En estas últimas tres subcuencas se presentaban frecuentemente áreas con cultivo o con signos evidentes de tala. La localidad *San Felipe Hidalgo* está también estrechamente relacionada con el resto de las localidades de la subcuenca de Nexapa pero no pertenece a la misma, es por eso que no se incluye en el análisis, ya que presenta un cuerpo de agua y por tanto un hábitat muy diferente a las del resto de las localidades.

Todas las demás localidades no incluidas en las subcuencas de Cuautla y Nexapa no mostraron un patrón claro de agrupamiento por subcuencas, cambiando de clado en los diferentes cladogramas que se obtuvieron en el análisis de parsimonia. Es decir que las especies presentes en ellas están compartidas en casi todas las localidades (ver Figura 4).

Así, la vertiente sur del parque fue la que presentó las localidades con valores más altos de diversidad.

Con base en el cálculo de la diversidad alfa promedio (4.13) y la diversidad beta (83.51) se calculó la diversidad Gamma (87.65); la diversidad alfa comprende el 4.72% y la diversidad beta el 95.28% de la diversidad Gamma del parque.

En cuanto al análisis de diversidad α , β y γ , Schluter y Ricklefs (1993) han señalado que la diversidad Gamma es la resultante de los componentes alfa y beta en una dimensión espacial. La diversidad Gamma representa una aproximación al número total de especies

registradas en todas las comunidades tomando en consideración los atributos biológicos analizados por Whittaker (1972). El valor de α (4.13) y el de β (83.51) dan como resultado un valor Gamma de 87.64. Estos valores de α y β indican que la diversidad del parque está influida más por el grado de diferenciación de las localidades que por la riqueza específica (Cuadro 4).

La localidad *Camino a San Marcos* obtuvo no tan solo el valor más alto en cuanto a riqueza de especies (S) y el mayor valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'). El elevado valor numérico (3.01) indica una alta riqueza específica y mayor equitatividad de las abundancias poblacionales. Se ha relacionado el valor numérico de los índices de diversidad con la complejidad estructural de los ecosistemas (Brower & Zar, 1984). La alta diversidad de aves podría estar reflejando una mayor complejidad estructural en esta localidad.

Cuadro 4. Diversidad por localidades.

LOCALIDAD	DIV. ALFA(α)			DIV BETA(β)
	CUANTIFICACION	ESTRUCTURA	ALFA PROM.	
	S	H'	SPP. ACUM.	$q_j (sT - S_j)$
56CSM	24	3.0108	1	0.98
18OCO	22	2.86	11	9.67
37SOL	20	2.79	5	4.72
35LLG	20	2.67	9	8.10
52SAN	23	2.63	5	4.72
15TET	19	2.58	11	9.67
55TEH	12	2.48	1	0.98
53TOM	12	2.39	4	3.82
30SFH	14	2.39	8	7.29
34MAC	10	2.25	1	0.98
31SJC	20	2.17	9	8.10
29SIF	9	2.14	3	2.90
10CSJ	8	2.02	8	7.29
63SPN	10	2.00	0	0
65LSA	12	1.77	0	0
12TOC	6	1.73	4	3.82
11SAA	7	1.69	7	6.46
62SBU	7	1.62	2	1.95
38VAQ	4	1.38	0	0
54ATL	9	1.18	1	0.98
33SMA	4	1.11	1	0.98
42SBA	1	0	0	0
			$\Sigma=4.13$	$\Sigma=83.51$
			GAMMA(γ)	=87.65

Se comparó la riqueza de especies registrada en este trabajo del PNIPZA con otras áreas, que aunque no son del todo similares, son a fin de cuentas áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS), y pertenecen a la categoría de áreas naturales protegidas (ANP). Las áreas que se consideraron fueron La Malinche, Sierra de Huautla, Nevado de Toluca y Cuenca Baja del Balsas (Cuadro 5). El PNIP tiene una riqueza baja en comparación con la Cuenca Baja del Balsas, pero alta comparada con la Sierra de Huautla, La Malinche y el Nevado de Toluca.

Cuadro 5. Comparación del PNIPZA con otras áreas. Datos tomados de AICAS y CONANP.

PNIP	MALINCHE	SIERRA DE HUAUTLA	NEVADO DE TOLUCA	CUENCA BAJA DEL BALSAS
(S) 91 spp.	78 spp.	134 spp.	42 spp.	211 Spp.

La comparación con la riqueza específica de otras áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS; ver Cuadro 5), se hizo con el fin de tener una estimación aproximada de la riqueza biológica del área de estudio. Se tomaron como referencia áreas cercanas al parque que contaran con datos de riqueza específica. De esta comparación se puede afirmar que la riqueza biológica del PNIP, Zoquiapan y Anexas es intermedia con respecto a otras áreas naturales protegidas. Por ejemplo, en la Cuenca baja del Balsas se reportan 211 especies de aves; en cambio en El Nevado de Toluca y en La Malinche sólo se reportan 42 y 78 especies respectivamente..

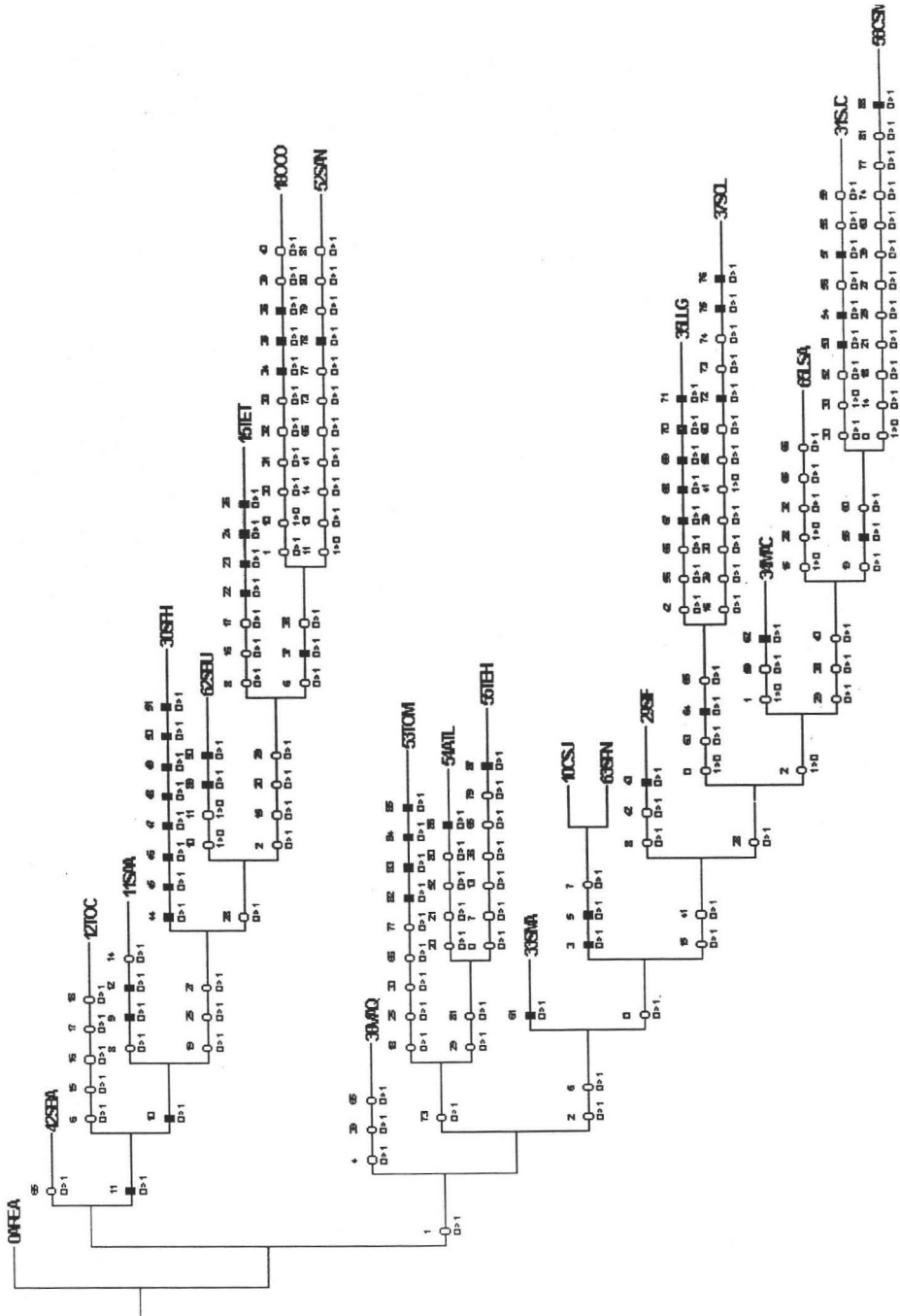


Fig. 4. Cladograma de áreas del PNIPZA.

Valor de Conservación.

Al integrar los datos de los atributos biológicos (rareza y endemidad) y la NOM-059-SEMARNAT, se estimó el valor de conservación de las diferentes localidades del parque (Cuadro 6). Las tres localidades con mayor valor de conservación, en orden decreciente, fueron: Llano Grande, Ocoxaltepec y Camino a San Marcos. La primera fue la única localidad con valores de los tres criterios. La localidad con el valor de conservación más bajo fue Atlimeyaya (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores de los diferentes criterios para cada una de las localidades, obtenidos de la lista general de especies (Apéndice).

CLAVE: Localidad; RL: rareza local; r1: especies presentes en una localidad; r2: especies presentes en dos o más localidades; E: endemidad; e2: Endémico exclusivamente dentro del territorio nacional; e3: Cuasiendémico; EPC: Especies con problemas de Conservación; c2: especies amenazada; c3: especies sujetas a protección especial.

CLAVE	RL		E			EPC		TOTAL
	r1	r2	e2	e3	c2	c3		
35LLG	10	15	2	2	2	1	32	
18OCO	6	19	4	2	-	-	31	
56CSM	2	23	2	1	2	-	30	
15TET	8	15	4	-	-	1	28	
52SAN	2	22	2	-	2	-	28	
31SJC	-	20	2	1	2	1	26	
37SOL	2	19	2	1	-	1	25	
30SFH	16	7	-	-	-	-	23	
65LSA	-	12	2	2	2	2	20	
55TEH	2	11	2	1	-	2	18	
53TOM	8	8	-	1	-	-	17	
10CSJ	4	6	4	1	-	1	16	
29SIF	2	8	2	1	2	1	16	
34MAC	-	10	2	1	2	1	16	
63SPN	-	10	2	2	-	1	15	
54ATL	2	8	-	1	-	-	11	
12TOC	-	6	4	-	-	-	10	
62SBU	2	6	-	-	-	-	8	
11SAA	-	7	-	-	-	-	7	
33SMA	-	4	2	1	-	-	7	
38VAQ	-	4	-	1	-	1	6	
42SBA	-	1	-	-	-	1	2	

Para estimar el valor de conservación del PNIPZA, se tomaron en cuenta los atributos biológicos más frecuentemente empleados en estudios de conservación: riqueza, rareza local, endemismos y el grado de vulnerabilidad. La ventaja de estos atributos es que

pueden valorarse cuantitativamente con relativa facilidad, siempre que se tenga la información sobre las poblaciones de aves a nivel local. Si bien existe un inventario previo en el parque, elaborado por CONABIO, se basa principalmente en las especies que reporta el Dr. Richard Wilson en ambientes similares a los que se presentan en el parque (Chávez y Trigo, 1996) más que en registros obtenidos directamente en campo.

La lista de especies que se reporta en este trabajo permite actualizar el inventario del parque, además de que se contribuye con 10 especies no reportadas en la lista de la CONABIO (ver Apéndice)

Los conservacionistas han buscado identificar áreas de alta biodiversidad total identificando áreas relativamente pequeñas aunque ricas en especies. Para ello se han empleado grupos de organismos bien conocidos que sirvan como indicadores de la diversidad de otros taxones; en los ambientes terrestres estos grupos han incluido a las aves (Williams y Gaston, 1994). Quizá el criterio más empleado para elegir áreas prioritarias para la conservación ha sido el número de especies (Williams, 1998).

La rareza de especies ha sido un atributo importante dentro del ámbito de la conservación biológica. Las especies llegan a ser raras antes de tener problemas de extinción y por ende las especies raras son más susceptibles a las presiones ambientales y tienen un mayor riesgo de extinción (Dobson, *et al*, 1995). Aunque en este trabajo no se reporta ninguna especie con riesgo de extinción, se reportan tres especies incluidas dentro de la categoría de protección especial de la NOM-ECOL-059 (*Accipiter cooperii*, *Buteo jamaicensis* y *Myadestes occidentalis*) y una en la categoría de amenazada (*Regulus calendula*). Las categorías 'rara' y 'común' son propiedades relativas más que atributos intrínsecos de las poblaciones. Las especies con poblaciones de tamaño pequeño y distribución restringida son más vulnerables a la extinción debido a catástrofes así como a factores ambientales, demográficos y genéticos (Goerck, 1997).

Las especies endémicas también se han empleado con frecuencia en evaluaciones del potencial de conservación de las áreas naturales. Regularmente las especies endémicas

reciben atención especial dentro de las estrategias de conservación (Gómez de Silva, 1996). En la descripción de la distribución geográfica de las especies conviene distinguir tres factores principales: (1) área, (2) amplitud ecológica y (3) aislamiento (Krukkeberg y Rabinowitz, 1985). Las especies endémicas, que tengan además un área de distribución pequeña y sean ecológicamente especializadas serían las que tendrían mayor probabilidad de extinción. El endemismo local o restringido es uno de los conceptos que mejor se adaptan a la noción coloquial de rareza. En este trabajo se reportan diez especies endémicas y dos especies cuasiendémicas (Navarro y Benítez, 1993; ver Apéndice).

Una estrategia que se ha empleado para la conservación de la biodiversidad y para prevenir que las especies lleguen a extinguirse ha sido la conformación de sistemas de áreas naturales protegidas. Como Diamond (1975) ha hecho notar, las especies con algún riesgo estarían “condenadas a la extinción en la ausencia de refugios”, por lo que los sistemas de áreas naturales protegidas pueden ser la prioridad en las estrategias de conservación. En efecto, las especies que no son amenazadas no necesitan protección. La selección de áreas prioritarias se puede hacer de manera relativamente sencilla con la participación de especialistas, con la ventaja de que sirven tanto para proteger a las especies amenazadas como a las que no están.

La localidad que presentó los mejores atributos biológicos fue Llano Grande. Su alto valor de conservación representa un índice resumido de todos los atributos biológicos tomados en cuenta. Presenta las especies más raras, que se registraron sólo en una o dos localidades, especies endémicas exclusivas del territorio nacional así como especies cuasiendémicas; también incluye especies con problemas de conservación. Esta localidad se encuentra en la subcuenca Endorreica del Valle de México. Las dos siguientes localidades con los mejores valores de conservación fueron *Ocoaxtepec* y *Camino a San Marcos*, ubicadas en la subcuenca de Cuautla, con valores muy similares (31 y 30 respectivamente) y fueron las que tuvieron los valores más altos de diversidad.

El estudio de los aspectos estructurales básicos de los ecosistemas, como son la riqueza y diversidad, son necesarios para tener información actualizada que permita

elaborar planes de conservación y manejo racionales. Dado que las aves son un grupo bien estudiado y debido también a que se pueden registrar con relativa facilidad en comparación con otros taxones, resultan idóneas como indicadoras del estado de conservación de las áreas naturales.

Realizar estudios de conservación y biodiversidad, nos dan una idea puntual del estatus de las poblaciones de aves en el parque, ya que existe poca información al respecto, sobre la dinámica de sus poblaciones.

CONCLUSIONES.

Los resultados sustentan la importancia del PNIPZA y sus áreas de influencia para estar incluidos dentro del Sistema de Áreas de Importancia para la conservación de las Aves (AICAS) y a su vez dentro del Sistema de Áreas Protegidas.

Es necesario contar con inventarios actualizados y monitoreos permanentes de las áreas protegidas que le den sustento biológico a los planes de manejo y conservación.

Si bien existe un inventario previo del parque elaborado con base en extrapolaciones de tipos de hábitats y tipos de vegetación, es necesario actualizar y corroborar el inventario con trabajo de campo.

El inventario y monitoreo continuo de las áreas naturales permite someter a prueba empírica las estimaciones de riqueza que se basan en sistemas de información geográfica, los cuales emplean métodos inductivos de extrapolación e interpolación.

Se puede afirmar que el estudio de la avifauna mexicana está en proceso. Si bien es el grupo de vertebrados mejor estudiado, en general se carece de trabajos en los que se analice el estatus de las poblaciones de aves a escala fina.

Además de sus valiosos atributos biológicos, el PNIPZA posee también un alto valor cultural, lo cual potencia su valor de conservación.

Tomar en cuenta exclusivamente atributos biológicos susceptibles de cuantificarse da la posibilidad de estandarizar los procedimientos de evaluación del potencial de conservación de áreas naturales.

Utilizar varios criterios biológicos, uno de cantidad y dos de calidad permite tener un mayor número de elementos de juicio.

Por su operatividad y sencillez se puede emplear el mismo método con otros taxones, aunque aún no se cuentan con estandarizaciones de uso amplio.

En la mayor parte del mundo, las reservas – isla constituyen la base fundamental de la conservación. Tanta es su importancia que sin ellas, prácticamente no habría conservación.

Los bosques templados del Eje Neovolcánico que aún persisten constituyen ínsulas virtuales de cuya conservación dependerá la permanencia a largo plazo de la rica avifauna de transición, única en su tipo, que se presenta entre las regiones Neártica y Neotropical.

En general, los ecosistemas boscosos han sufrido intensamente el impacto de las actividades humanas. El enorme crecimiento de la Ciudad de México ha provocado la disminución cualitativa y cuantitativa del espacio natural, es decir, de lo que se ha dado en llamar la “calidad de vida”. Los escasos reductos de bosque que aún persisten en la vecindad del inmenso centro conurbado asentado sobre la Cuenca de México, representan áreas de un gran interés social, científico, cultural y recreativo. En particular, el PNIPZA, a pesar de su cercanía con el enorme núcleo urbano de la Cuenca de México posee aún una serie de atributos biológicos que lo hacen destacar como un área altamente valiosa que amerita ser eficazmente conservada.

La actualización del inventario avifaunístico reportado en este trabajo puede ser la base para programas de ecoturismo y educación ambientales. Se podrían elaborar guías visuales y diseñar senderos interpretativos para los visitantes en los que se ubiquen las especies más conspicuas de aves según el tipo de hábitat y el tipo de vegetación. Estos aspectos podrían ser tema de trabajos posteriores.

LITERATURA CITADA

- AOU (American Ornithologists' Union). 2004. Check-list of North American Birds, Washington, D.C.
- ARIZMENDI, M. C. 2000. Volando con las aves por los cielos de México. *Especies*. 9 (5): 3-8.
- ARIZMENDI, M. C., H. BERLANGA, L. MARQUEZ, L. NAVARIJO y J. F. ORNELAS. 1990. Avifauna de la región de Chámela, Jalisco. Cuadernos del Instituto de Biología 4. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- BABB S., K Y P. ARIAS. 1985. Distribución y Abundancia de la Avifauna del Parque Nacional Popocatepetl-Iztaccíhuatl. Biología de Campo. Facultad de Ciencias.
- BABB-STANLEY y LÓPEZ-ISLAS. 1995. Cambios estacionales en el uso del espacio en granívoras Passeriformes en un bosque de pino-encino. An. Esc. Nac. Cien. Biol. México. 4: 225-233.
- BOCK C. E. 1997. The role of ornithology in conservation of the American west. *The Condor*. 99: 1-6
- BUENO A. A. y D. ESPINOSA. 1989. *Estimación del potencial de conservación del Parque Nacional "El Tepozteco", con base en una evaluación ornitológica*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM.
- BLACKBURN, T. M y K. J. GASTON. 1996. The distribution of birds species in the New World: Patterns in species turnover. *Oikos* 77: 146: 152.
- BROWER, J. E. & J. H. ZAR. 1984. Field & Laboratory methods for general ecology. 2nd ed. W. C. Brown. Dubuque, Iowa. 226 pp.

- BROWN, J. H. 1995. *Macroecology*. University of Chicago Press, Chicago
- BROWN, J. H. & B. A. MAURER. 1989. Macroecology: the division of food and space among species on continents. *Science* 243:1145-1150.
- CHALLENGER, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Conabio. México.
- CHÁVEZ C.J. M. Y TRIGO N.B. 1996. Programa de Manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl. UAM-Xochimilco, México, 273 p.
- CODY, M. L. 1975. Toward a theory of continental species diversity: birds distribution over Mediterranean habitat gradients. Pp. 214-257 in: *Ecology and evolution of communities* (M.L. Cody y J. Diamond eds.). Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- CODY, M. L. 1986. Diversity, rarity, and conservation in Mediterranean climate regions. Pp. 123-152 in: *Conservation Biology* (M.E. Soulé ed.). Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- CODY, M. L. 1993. Bird diversity components within and between habitats in Australia. Pp. 147-158 in: *Species diversity in ecological communities. Historical and geographical perspectives* (R. E. Ricklefs y D. Schluter eds.). The University of Chicago Press, Chicago.
- CONABIO (Comisión Nacional para el uso de la Biodiversidad). 2003. *Áreas Naturales Protegidas*, CONABIO, México, D.F.

- CONANP (COMISION NATURAL DE ÁREAS PROTEGIDAS).2004 [En línea]. Disponible En <http://www.Comision Nacional de Áreas Naturales Protegidas/iztapopo.conanp>.(Revisado el 17 de Febrero de 2004).
- COLWELL, R. K. Y J. A. CODDINGTON. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transaction of the royal society of London B*, 345: 101-118.
- CORNELL, H. V. y J. H. LAWTON. 1992. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: A theoretical perspective. *Journal of Animal Ecology*, 61:1-12.
- COX, J. W. 1981. *Laboratory manual of general ecology*. C. Brown Company Publishers. Iowa.
- DIRZO, R. 1990. La biodiversidad como crisis ecológica actual: ¿qué sabemos?. Pp 48-55 En: *Ecología y Conservación en México* (J. Soberón, eds.). *Revista Especial, Ciencias No, 4*, UNAM, México.
- DIAMOND, J. 1975. The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of nature reserves. *Biological Conservation*. 7: 129-146.
- DOBSON, F. S., J. YU y A. T. SMITH. 1995. The importance of evaluating rarity. *Conservation Biology*. 9(6): 1648-1651.
- DONY, J. G. y I. DENHOLM. 1985. Some quantitative of assessing the conservation value of ecologically similar sites. *Journal of Applied Ecology*. 22: 229-238.
- ESCALANTE P., P., A. G. NAVARRO S. y A. T. PETERSON. 1993. A geographic, historical, and ecological analysis of avian diversity in México. En: *The biological diversity of México: origins and distribution*. Ramamorthy, T. P., R. Bye, A. Lot, y J. Fa. Oxford University Press. Oxford.

- GARCIA, E. 1988. Modificaciones del Sistema de Clasificación Climática de Kopen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a Ed., México, D. F.
- GASTON, K. 1994. *Rarity*. Chapman & Hall. England
- GOERCK, J. M. 1997. Patterns of rarity in the birds of the Atlantic Forest of Brazil. *Conservation Biology*. 11(1): 112-118.
- GOLOBOFF, P. 1996. NONA: A tree searching program. Distribuido por el autor, San Miguel de Tucumén.
- GÓMEZ, G. y P. ARIAS, 1987. Estudio de la avifauna de los volcanes La Malinche y Popocatepetl. En *Memorias del Simposio de la Fauna Silvestre*, pp. 212-225.
- GÓMEZ DE SILVA, G. H. 1996. The Conservation importance of semiendemic species. *Conservation Biology*. 10: 674-675.
- EMLEN, J. T. 1971. Population densities of birds derive from transect count. *The Auk* 88: 323-342.
- ERWIN, T. L. 1982. Tropical forest: their richness in coleoptera and arthropod species. *Colapt. Bull.* 36: 74-75.
- EZCURRA, E. 1990. ¿Por qué hay tantas especies raras? La riqueza y rareza biológicas en las comunidades naturales. *Ciencias*. 4: 82-88.
- HALFFTER, G. 2002. *Conservación de la Biodiversidad en el siglo XXI*. Instituto de Ecología A. C., Jalapa, Veracruz, México.

- HALFFTER, G. 1994. Conservación de la biodiversidad y áreas protegidas en los países tropicales. *Ciencias*. **36**: 4-13.
- HEYWOOD, V. H. y R. T. WATSON. 1995. Global biodiversity assessment. UNEP and the Cambridge University Press, Cambridge.
- HOWELL, N. G. STEVE AND S. WEBB . 1995. The birds of Mexico and northern Central America, Oxford University Press.
- HUTTO, R. L. 1984. Winter habitats distribution of migratori lands birds in western México, with special refence to small gleaning insectivores. In: A. Keast & E. S. Morton (eds.) *Migrant birds neotropics*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., pp. 48-58.
- INEGI, 1985. Síntesis geográfica, nomenclator y anexo cartográfico del Estado de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. SPP. México. 223 p.
- LEMOS ESPINAL, J. A. y A. PÉREZ MONROY, 1988. Estructuración de una comunidad de aves de un pastizal de la vertiente oriental del volcán Iztaccíhuatl, Puebla. En: Memorias del Segundo Simposio Internacional de la Vida Silvestre, Acapulco, Gro. Wildlife Society-SEDUE.
- KREBS, C. J.. 2000. *Ecología: estudio de la distribución y abundancia*, segunda edición. Oxford University Press, México.
- KRUCKEBERG, A. R. y D. RABINOWITS. 1985. Biological aspects of endemism in higer plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **16**: 447-479.
- MACARTHUR, R. H. 1965. Patterns of species diversity. Biological Review of the Cambridge Philosophical Society, **40**: 510-533.

- MAY, R. M. 1988. How many species are there on earth?, *Science*, 241: 1441-1449.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University, New Jersey, 179 pp.
- MARGULES, C. R., A. O. NICHOLLS y R. L. PRESSEY. 1988. Selecting networks of reserves to maximise biological diversity. *Biological Conservation*, 43: 63-76.
- MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad, *Manuales & Tesis*, SEA. Centro de Investigaciones Biológicas, UAEH, Pachuca, Hidalgo, México.
- MOURELLE, C. y E. EZCURRA. 1997. Differentiation diversity of Argentine cacti and its relationship to environmental factors. *Journal of Vegetation Science*, 8: 547-558.
- NAVARRO A. G. y H. BENÍTEZ. 1993. Patrones de Riqueza y Endemismos de las Aves. México, *Ciencias*, número 7, Mayo.
- NAVARRO A. G. y H. BENÍTEZ 1995. El Domino del Aire, Fondo de Cultura Económica, México.
- NIXON, K. C. 1999. Winclada (BETA) ver 1.00.08. Distribuido por el autor, Ithaca, Nueva York.
- NOCEDAL, J. 1984. Estructura y utilización del follaje por las comunidades de pájaros en bosques templados del Valle de México. *Act. Zool Mex*(6).
- ORNELAS, J. F. & A. C. ARIZMENDI. 1995. Altitudinal migration: implication for the conservation of the neotropical migrant avifauna of Western México. In: M. h. Wilson & S. A. Sader (eds.) *Conservation of neotropical migratory birds in México*. 727, *Miscellaneous publication 727*, Agricultural and Forest Experiment Station, Maine, pp. 98-112.

- ORTIZ-PULIDO, R., H. GÓMEZ DE SILVA, F. GÓNZALEZ-GARCÍA y A. ALVAREZ. 1995. Avifauna del Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 66: 87-118.
- PAYTER, R. A., Jr. 1952. Birds from Popocatepetl and Iztaccíhuatl, México. *Auk* 70(3).
- PETERSON, A. T. y A. G. NAVARRO-SIGUEÑA. 1998. Alternate species concepts as bases for determining priority conservation areas. *Conservation Biology*. 13(2): 427-431.
- PETERSON, R. T. & CHALIF E. L. 2000. Aves de México. Guía de Campo. Diana. México.
- PRESSEY, R. L., C. J. HUMPHRIES, C. R. MARGULES, R. , VANE-WRIGHT y P. H. WILLIAMS. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution*, 8: 124-128.
- RALPH, C. J., G. R. GEUPEL, P. PYLE, T. E. MARTIN, D. F. DeSANTE y B. MILÁ. 1996. Manual de Métodos de Campo para el Monitoreo de Aves Terrestres. United States Department of Agriculture. General Technical Report PSW-GTR-159-Web
- RAMÍREZ B., P. 2000. Aves de humedales en zonas urbanas del noroeste de la ciudad de México. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- REID, W. V. & K. R. MILLER. 1989. Keeping options alive: the scientific basis for conservation Biology. World Resources Institute, Washington.

- RODRÍGEZ, P. 2004. Diversidad y Conservación : Megadiversidad, diversidad beta y conservación de los mamíferos de México, Prodiversitas, <http://prodiversitas.bioetica.org/nota63-2.htm>.
- ROJAS, O. R. 1995. Riqueza y distribución de las aves del estado de Puebla. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- RZEDWOSKI, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México.
- RZEDWOSKI, J. 1991^a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana. 14:3-21
- RZEDWOSKI, J. 1991^b. El endemismo de la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. Acta Botánica Mexicana. 15:47-64
- RZEDWOSKI, J. y G. C. DE RZEDWOSKI. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México, vol. II. Ed. ENCB, IPN e Instituto de Ecología A. C., México. 674 pp.
- SCHLUTER, D. y R. E. RICKLEFS. 1993. Species diversity: an introduction to the problem. In: *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*, R. E. Ricklefs y D. Schluter (Eds). The University of Chicago Press, Chicago, pp. 1-12.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994. Diario Oficial de la Federación 488 (10): 2-60.
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 2000a. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Diario Oficial de la Federación 565: 2-55.

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2001. Actualización de la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Diario Oficial de la Federación.
- STILES, F. G. 1983. Check-list of Birds. In: D. H. Janzen (ed.) Costa Rica Natural History. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, pp. 502-543.
- URIBE, JORGE. 2004. Patrones de diversidad beta a lo largo de un gradiente ecológico y ambiental: La península de Yucatán. University of Missouri, St. Louis. En : El Edén Ecological Reserche Home Page. http://maya.ver.edu/pril/el_eden/reserch/papers/uribe/aves.html.
- WHITTAKER, R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecol. Monogr. 30: 279-338.
- WHITTAKER, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxon, 21: 213-251.
- WILLIAMS, P. H. 1998. Key sites for conservation: area-section methods for biodiversity. En: Conservation in a hanging world integratinng processes into priorities for action. Mace, G. M., A. Balmford, y R. Ginseberg (eds). Cambridge University Press, Cambridge.
- WILLIAMS, P. H., K. J. GASTON, Y C. H. HUMPHIRES. 1994. Do conservationist and molecular biologist value difference between organisms in the same way?. Biodiversity Letters. 2: 67-78.
- WILLING, M. R. y E. A. SANDLIN. 1991. Gradients of species density and species turnover in New World bats: a comparison of quadrat and band methodologies. Pp.81-96 in: Latin American Mammalogy: History, Diversity and Conservation (M. Mares y D. Schidly eds.). University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.

WILSON, E. O. (comp.) 1998. Biodiversity, National Academic Press. Washington.

WILSON, M. V. y A. SHMIDA. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *Journal of Ecology*, 72: 1055-1064.

APÉNDICE

Lista de la avifauna de el Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas. Las especies en negritas no habían sido registradas en la lista publicada en Internet por la CONABIO.

Estatus: R, residente; W, visitante de invierno; T, migratorio transitorio; O, migratorio ocasional.

Abundancia: R, rara; I, irregular; E, escasa; C, común; A, abundante. **Grado de Vulnerabilidad:** Pr, protección especial; A, amenazada. END, Endémica; CUA, cuasiendemicas; INT-INT, interés internacional.

Especie	Abundancia	Estatus	Endemicidad	Grado de Vulnerabilidad
<i>Egretta caerulea</i>	R	R		
<i>Cathartes aura</i>	C	R	INT-INT	
<i>Pandion haliaetus</i>	R	W		
<i>Accipiter cooperii</i>	R	R		Pr
<i>Asturina nitida</i>	R	R		
<i>Buteo jamaicensis</i>	C	R	INT-INT	Pr
<i>Falco sparverius</i>	I	R		
<i>Dendrotyx macroura</i>	R	R	END	
<i>Actitis macularia</i>	R	W		
<i>Columbina inca</i>	E	R		
<i>Hylocharis leucotis</i>	A	R		
<i>Amazilia violiceps</i>	R	W		
<i>Lampornis clemenciae</i>	R	R		
<i>Eugenes fulgens</i>	E	R	INT-INT	
<i>Selasphorus platycercus</i>	R	R		
<i>Ceryle torquata</i>	R	W		
<i>Melanerpes formicivorus</i>	R	R		
<i>Picoides scalaris</i>	I	R		
<i>Picoides villosus</i>	I	R		
<i>Colaptes auratus</i>	R	R		
<i>Xenotriccus mexicanus</i>	I	R		
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	E	R		
<i>Sayornis saya</i>	R	W		
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	E	R		
<i>Tyrannus melancholicus</i>	E	R		
<i>Lanius ludovicianus</i>	I	R	INT-INT	
<i>Vireo bellii</i>	E	R	INT-INT	
<i>Vireo huttoni</i>	R	R		
<i>Cyanocitta stelleri</i>	E	R		
<i>Aphelocoma coerulescens</i>	I	R		
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	A	R		
<i>Corvus corax</i>	I	R		
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	R	R	INT-INT	
<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	C	R	INT-INT	
<i>Hirundo rustica</i>	C	R		
<i>Poecile sclateri</i>	C	R	CUA	
<i>Psaltiriparus minimus</i>	A	R		
<i>Sitta carolinensis</i>	R	R		
<i>Certhia americana</i>	I	R	INT-INT	
<i>Campylorhynchus megalopterus</i>	I	R	END	
<i>Catherpes mexicanus</i>	R	R	END	
<i>Thryomanes bewickii</i>	R	R		
<i>Troglodytes aedon</i>	R	R	INT-INT	
<i>Regulus calendula</i>	E	R	INT-INT	A
<i>Polioptila caerulea</i>	R	R		
<i>Sialia mexicana</i>	E	R	INT-INT	

Especie	Abundancia	Estatus	Endemicidad	Grado de Vulnerabilidad
<i>Sialia sialis</i>	E	R	INT-INT	
<i>Myadestes occidentalis</i>	C	R		Pr
<i>Catharus aurantirostris</i>	I	R		
<i>Catharus occidentalis</i>	E	R	END	
<i>Turdus assimilis</i>	R	R		
<i>Turdus migratorius</i>	C	R	INT-INT	
<i>Turdus rufopalliatus</i>	R	R	END	
<i>Toxostoma curvirostre</i>	I	R	INT-INT	
<i>Melanotis caerulescens</i>	R	R	END	
<i>Bombycilla cedrorum</i>	R	T		
<i>Ptilogonys cinereus</i>	A	R		
<i>Peucedramus taeniatus</i>	E	R	INT-INT	
<i>Parula superciliosa</i>	E	R		
<i>Dendroica coronata</i>	R	W	INT-INT	
<i>Dendroica nigrescens</i>	R	R	INT-INT	
<i>Dendroica virens</i>	R	T		
<i>Dendroica townsendi</i>	I	T		
<i>Dendroica occidentalis</i>	E	T		
<i>Dendroica fusca</i>	E	O		
<i>Dendroica graciae</i>	R	W		
<i>Dendroica striata</i>	R	W		
<i>Mniotilta varia</i>	R	T	INT-INT	
<i>Seiurus aurocapillus</i>	R	T		
<i>Wilsonia pusilla</i>	R	T	INT-INT	
<i>Cardellina rubrifrons</i>	R	R		
<i>Ergaticus ruber</i>	A	R	END	
<i>Myioborus pictus</i>	C	R	INT-INT	
<i>Myioborus miniatus</i>	A	R	INT-INT	
<i>Basileuterus belli</i>	E	R		
<i>Piranga flava</i>	R	R		
<i>Diglossa baritula</i>	R	R		
<i>Sicalis luteola</i>	R	R		
<i>Atlapetes pileatus</i>	R	R	END	
<i>Buarremon virenticeps</i>	I	R	END	
<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	C	R		
<i>Pipilo fuscus</i>	E	R		
<i>Oriturus superciliosus</i>	R	R	END	
<i>Spizella passerina</i>	A	R		
<i>Junco phaeonotus</i>	A	R	CUA	
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	I	W		
<i>Molothrus ater</i>	R	R		
<i>Icterus galbula</i>	R	R		
<i>Carpodacus mexicanus</i>	A	R		
<i>Carduelis pinus</i>	A	R	INT-INT	
<i>Carduelis psaltria</i>	C	R		