

RIQUEZA, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE AVES EN UN BOSQUE TEMPLADO CON DIFERENTES CONDICIONES DE PERTURBACIÓN

RICHNESS, ABUNDANCE AND DIVERSITY OF BIRDS IN TEMPERATE FOREST WITH DIFFERENT CONDITIONS OF PERTURBANCE

Saúl Ugalde-Lezama^{1*}, J. Luis Alcántara-Carbajal², J. Ignacio Valdez-Hernández³, Gustavo Ramírez-Valverde⁴,
Juan Velázquez-Mendoza⁵, L. Antonio Tarángo-Arámbula⁶

^{1,2,6}Ganadería, ^{3,5}Forestal, ⁴Estadística. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230.
Montecillo. Estado de México. (sulu@colpos.mx)

RESUMEN

La forma en que las perturbaciones sobre bosques templados afectan a las comunidades de aves en términos de riqueza, abundancia y diversidad de especies ha sido escasamente investigada. La presencia de especies de aves fue estudiada (noviembre 2003-junio 2004) en dos zonas de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ), Estado de México: una con bosque de pino poco alterado (ZOQ1) y otra con bosque mixto perturbado (ZOQ2). Se usaron las metodologías de captura por redes de niebla y recuento en puntos con radio fijo. En ZOQ2 hubo una riqueza de especies significativamente ($F=8.42$; $P=0.0082$) mayor que ZOQ1 para el recuento en puntos con radio fijo. Dichos datos siguieron una serie log-normal ($\chi^2=7.16 < 14.06$; $gl=7$) en la distribución de la abundancia para ZOQ1 y una geométrica ($\chi^2=31 < 43.77$; $gl=32$) en ZOQ2. Los datos de captura por redes de niebla siguieron una serie geométrica en ZOQ1 ($\chi^2=4.9 < 33.92$; $gl=22$) y en ZOQ2 ($\chi^2=46.26 > 43.77$; $gl=32$). La diversidad Shannon (H') para ZOQ2 ($H'=2.9$) fue significativamente ($F=0.06$; $P=0.0472$) mayor que ZOQ1 ($H'=2.7$) para la captura mediante redes de niebla. Es importante la conservación de zonas perturbadas en bosques templados a escala local (área de estudio) y regional (Sierra Nevada), debido a que involucran procesos ecológicos que determinan la estructura y dinámica de las comunidades de aves a través del tiempo.

Palabras clave: conservación, índice de Shannon, modelos de distribución, recuento en puntos, redes de niebla, Zoquiapan.

ABSTRACT

Little research has been carried out into the way perturbances in temperate forests affect bird communities with respect to richness, abundance, and species diversity. The presence of bird species was studied (November 2003-June 2004) in two zones of the Estación Forestal Experimental (Forest Experimental Station) Zoquiapan (EFEZ), Estado de México: one with slightly altered pine forest (ZOQ1) and the other with disturbed mixed forest (ZOQ2). Capture methodologies with mist nets and point count at fixed radius were used. In ZOQ2 there was species richness significantly higher ($F=8.42$; $P=0.0082$) than in ZOQ1 for point count with fixed radius. These data followed a log-normal series ($\chi^2=7.16 < 14.06$; $gl=7$) distribution in abundance for ZOQ1, and a geometric series ($\chi^2 = 31 < 43.77$; $gl=32$) for ZOQ2. Capture data obtained with mist nets followed a geometric series in ZOQ1 ($\chi^2 = 4.9 < 33.92$; $gl = 22$) as well as in ZOQ2 ($\chi^2=46.26 > 43.77$; $gl=32$). Shannon diversity (H') for ZOQ2 ($H'=2.9$) was significantly higher ($F=0.06$; $P=0.0472$) than for ZOQ1 ($H'=2.7$), for capture with mist nets. The conservation of disturbed zones in temperate forests on local (study area) and regional scale (Sierra Nevada) is important, due to the fact that they involve ecological processes determining structure and dynamics of the bird communities throughout time.

Key words: conservation, Shannon index, distribution models, point count, mist nets, Zoquiapan.

INTRODUCTION

México has an extraordinary biotic richness in its temperate forests which covered approximately 55.3 million ha until 1994; but by 2000, only about 21 million ha with primary vegetation remained conserved (INEGI-UNAM, 2001). Considerable rests of these forests

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: Agosto, 2008. Aprobado: Diciembre, 2009.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 44: 159-169. 2010.

INTRODUCCIÓN

México tiene una extraordinaria riqueza biótica en sus bosques templados que abarcaban hasta 1994 aproximadamente 55.3 millones ha; sin embargo, para el 2000 sólo quedaban alrededor de 21 millones ha con vegetación primaria conservada (INEGI-UNAM, 2001). Remanentes importantes de estos bosques se distribuyen en el Eje Neovolcánico Transversal (ENT), sistema montañoso que es un centro importante de endemismos para aves en el país y considerado zona de transición entre las regiones neártica y neotropical. Los bosques del ENT se componen primordialmente de coníferas, latifoliadas, bosques mixtos y praderas de alta montaña (Rzedowski, 1978). La avifauna de esta región tiene aproximadamente 211 especies, de las cuales 23 son endémicas de México (Nocedal, 1984).

La porción central del ENT (Sierra Nevada) ha sido fuertemente perturbada por fenómenos naturales y antrópicos, que han alterado la estructura de sus ecosistemas; dichas alteraciones inician la sucesión ecológica, potencialmente importante para la biodiversidad (Pickett y White, 1985). La forma en que las perturbaciones afectan la diversidad de aves en esta zona no ha sido investigada, menos aún sus repercusiones sobre la estructura poblacional de este grupo (Brawn *et al.*, 2001). Los bosques en esta área representan sistemas idóneos para estudiar el efecto de las perturbaciones sobre las aves, debido a que presentan rodales mixtos producto de perturbación y rodales de pino-zacatonal poco alterados.

Sin embargo, pocos estudios refieren la importancia de las perturbaciones en la riqueza, abundancia y diversidad de aves. Algunos trabajos se han realizado en selvas medianas de Veracruz (Bojorges y López, 2005) y altas de Chiapas (Ramírez-Albores, 2006), así como en bosques y matorrales de la Provincia de Río Negro, Argentina (Lantschner y Rusch, 2007).

Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue describir y comparar comunidades de aves en términos de riqueza, abundancia y diversidad de especies en dos condiciones de perturbación de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ); así como reconocer la función de los rodales perturbados en la conservación de la avifauna en bosques templados del ENT.

are distributed on the Transversal Neovolcanic Axis (ENT), a mountainous system, which is an important endemic center for birds in the country, and considered a zone of transition between Nearctic and Neotropical regions. The ENT forests are fundamentally made up of conifers, broadleaved trees, mixed forests and high mountain meadows (Rzedowski, 1978). The bird fauna of this region has approximately 211 species, 23 of which are endemic to México (Nocedal, 1984).

The central part of the ENT (Sierra Nevada) has been strongly disturbed by natural and anthropic phenomena, having altered the structure of its ecosystems. These changes initiate ecological succession, potentially important for biodiversity (Pickett and White, 1985). The way how disturbances affect bird diversity in this zone has not been examined, even less their effects on population structure of this group (Brawn *et al.*, 2001). The forests in this area represent appropriate systems for studying the effect of disturbances on birds, due to the presence of mixed stands, product of perturbances, and hardly unaltered pine-needle grass stands.

Nevertheless, few studies refer to the importance of disturbances in richness, abundance, and diversity of birds. Some of these studies have been carried out in medium-height forests of Veracruz (Bojorges and López, 2005) and high forests in Chiapas (Ramírez-Albores, 2006), as well as in forests and shrubland of the Provincia Río Negro, Argentina (Lantschner and Rusch, 2007).

Therefore, the objective of the present study was to describe and compare bird communities with respect to richness, abundance, and species diversity under two conditions of perturbation of the Forest Experimental Station Zoquiapan (EFEZ), as well as to recognize the function of disturbed stands in conservation of bird fauna in temperate ENT forests.

MATERIALS AND METHODS

The study area is located in the southern portion of Parque Nacional Zoquiapan, between 19° 12' 30" to 19° 20' 00" N and 98° 30' 00" to 98° 42' 30" W, at an altitude of 3080 m to 3690 m; it forms part of the ENT, portion Sierra Nevada (Nocedal, 1984). There, two zones (22 ha each) were delimited based on the composition of their tree cover and apparent disturbance (Figure 1): 1) pine forest [*Pinus hartwegii* (Lindl.)] with little alteration (without evidence of fire), (ZOQ1); 2) mixed forest

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está en la porción sur del Parque Nacional Zoquiapan, entre 19° 12' 30" a 19° 20' 00" N y de 98° 30' 00" a 98° 42' 30" O, a una altitud de 3080 a 3690 m; forma parte del ENT, porción Sierra Nevada (Nocedal, 1984). Allí, dos zonas (22 ha cada una) fueron delimitadas con base en la composición de su cubierta arbórea y perturbación aparente (Figura 1): 1) bosque de pino [*Pinus hartwegii* (Lindl.)] con poca alteración (sin evidencias de incendios), (ZOQ1); 2) bosque mixto [*Alnus jorullensis* (H.B.K.)-*P. hartwegii*-*Abies religiosa* (Cham y Schl.)] con vegetación secundaria producto de perturbación (con evidencia de incendios naturales y provocados por el hombre: 20 a 30 % de la superficie), (ZOQ2) (Miranda y Hernández-X, 1963). Las principales especies vegetales fueron (Ugalde-Lezama *et al.*, 2009): *P. hartwegii* en el estrato superior (>9 m), *Penstemon gentianoides* (H.B.K.) (Poirot.) y *Senecio asteraceae* (H.B.K.) (Poirot.) en el estrato medio (3 a 9 m) para ZOQ1; *A. jorullensis*, *P. hartwegii* y *A. religiosa* en el estrato superior (>9 m), *S. asteraceae* y *P. gentianoides* en el estrato medio (3 a 9 m) para ZOQ2.

Muestreo y registro de aves

Se usaron dos técnicas complementarias: captura por redes de niebla y recuento en puntos con radio fijo (Rappole *et al.*, 1998). Estas técnicas se usaron combinadas ya que algunas especies son de comportamiento quieto y silencioso, lo cual dificulta su detección mediante observación directa (López-De Casenave *et al.*, 1998); en ambos casos se siguió el protocolo de Ralph *et al.* (1996). Se definió, para cada metodología, un universo de 12 unidades de muestreo por zona distribuidas sistemáticamente a manera de cuadrícula con distancias predeterminadas de 200 m entre cada una, para obtener una cobertura equitativa en toda el área y una adecuada independencia estadística de los datos (Figura 1).

La captura por redes de niebla se realizó cinco veces en lapsos mensuales de 3 d cada uno (noviembre 2003-marzo 2004); las aves capturadas se marcaron con anillos metálicos y cortes de rectrices. El recuento en puntos con radio fijo de 25 m se hizo en 12 ocasiones de 1 d por zona cada 8 d (febrero-junio 2004). Las especies se identificaron con guías de campo estándar (p. ej. National Geographic Society) y se registró el número de individuos por especie.

Análisis de datos

La nomenclatura y clasificación taxonómica de la riqueza de especies se determinó con criterios de A.O.U. (1998). Las diferencias en el número de especies entre zonas se detectaron

[*Alnus jorullensis* (H.B.K.) - *P. hartwegii*-*Abies religiosa* (Cham and Schl.)] with secondary vegetation, product of disturbance (with evidence of wildfire, natural as well as provoked by man: 20 - 30 % of the surface area), (ZOQ2) (Miranda and Hernández-X, 1963). The main vegetal species were (Ugalde-Lezama *et al.*, 2009): *P. hartwegii* in the upper stratum (>9m), *Penstemon gentianoides* (H.B.K.) (Poirot.) and *Senecio asteraceae* (H.B.K.) (Poirot.) in the medium stratum (3-9 m) for ZOQ1; *A. jorullensis*, *P. hartwegii*, and *A. religiosa* in the upper stratum (>9m), and *S. asteraceae* and *P. gentianoides* in the middle stratum (from 3 to 9 m) for ZOQ2.

Sampling and Record of Birds

Two complementary techniques were used: capture with mist nets and point count with fixed radius (Rappole *et al.*, 1998). These techniques were employed in combination, as some species have quiet and noiseless behavior, which makes their detection by direct observation difficult (López-De Casenave *et al.*, 1998); in both cases the protocol by Ralph *et al.* (1996) was followed. For each methodology, a sample group of 12 sampling units per zone was defined, systematically distributed in form of a grid with pre-determined distances of 200 m among each other, to obtain equitable covering in the total area and adequate statistical independence of data (Figure 1).

Capture by mist nets was carried out five times in monthly spaces of 3 days each (November 2003-March 2004); the captured birds were tagged with metal rings and marked with

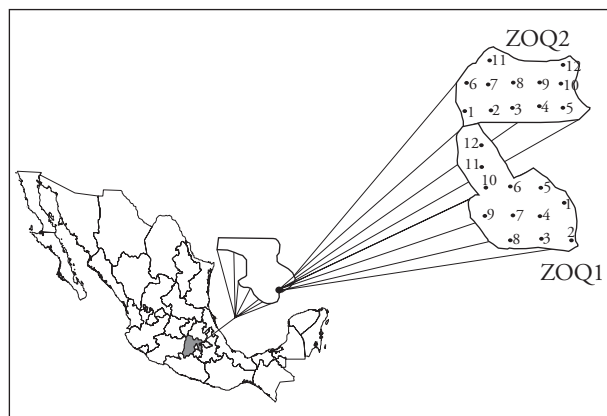


Figura 1. Ubicación del área de estudio y distribución de las unidades de muestreo en zonas poco alterada (ZOQ1) y perturbada (ZOQ2) de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ). Fuente: elaboración propia.

Figure 1. Location of study area and distribution of sampling units in slightly altered (ZOQ1) and disturbed zones (ZOQ2) of the Zoquiapan Forest Experimental Station (EFEZ). Source: self-originated elaboration.

con ANOVA (Sokal y Rohlf, 1981), examinando previamente normalidad con Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas con Bartlett. La riqueza de especies en cada zona se estimó mediante Jackknife 1 (Butler y Chazdon, 1998). Los resultados de dicho estimador fueron sometidos a Kruskal-Wallis (Zar, 1999) por que no cumplieron con los supuestos paramétricos.

La abundancia se analizó con dos modelos: 1) log-normal; 2) geométrico (Whittaker, 1977). El ajuste de ambos modelos a los datos se verificó con una prueba de χ^2 (Magurran, 1988).

Para determinar diferencias en la proporción de individuos por especie (análisis de diversidad) entre zonas se aplicó una prueba χ^2 para tablas de contingencia con dos o más muestras independientes (Parker, 1976). La diversidad se estimó con el índice de Shannon (H') (Peet, 1974), cuyas diferencias fueron analizadas con Kruskal-Wallis (Zar, 1999). La significancia en los análisis fue $\alpha=0.05$ usando EstimateS (Colwell, 2000) y JMP IN (2003).

RESULTADOS

Se contabilizaron 51 especies de aves: 31 (61 %) en ambas zonas, cinco (10 %) exclusivamente en ZOQ1 y 15 (29 %) sólo en ZOQ2 (Cuadro 1). Las 51 especies de aves registradas pertenecen a cinco órdenes y 20 familias. El orden mejor representado fue Passeriformes con 40 (78 %) especies, seguido por Trochiliformes con cinco (10 %), Piciformes con tres (6 %), Strigiformes con dos (4 %) y Caprimulgiformes con una (2 %). Las familias con mayor número de especies fueron Tyrannidae con ocho (15 %); Emberizidae, Turdidae y Parulidae con seis (12 %) cada una; Trochilidae con cinco (10 %); Picidae con tres (6 %); Strigidae, Regulidae y Sittidae con dos (4 %) cada una, las otras 11 familias con una especie cada una (21 %).

Recuento en puntos con radio fijo

La riqueza de especies en ZOQ2 fue significativamente ($F=8.42$; $P=0.008$) mayor que ZOQ1. La riqueza de especies estimada con Jackknife 1 fue de 34 (ZOQ1) y 36 (ZOQ2) especies; así, se conocen hasta ahora 20 (58 %; ZOQ1) y 22 (62 %; ZOQ2) de las especies calculadas (Figura 2). La zona ZOQ2 tuvo una riqueza estimada (Jackknife 1) de especies significativamente ($F=0.01$; $P=0.018$) mayor que la zona ZOQ1.

Los datos de recuento en puntos con radio fijo siguieron una serie log-normal ($\chi^2=7.16<14.06$; $gl=7$) en ZOQ1 (Figura 3) y una geométrica ($\chi^2=31<43.77$; $gl=32$) en ZOQ2 (Figura 4).

retrix cuts. The point counts with fixed radius of 25 m were made on 12 occasions on one day per zone, every 8 d (February to June 2004). Species were identified using standard field guides (e.g. National Geographic Society) and the number of individuals was recorded by species.

Data analysis

Nomenclature and taxonomical classification of species richness was determined by A.O.U. criteria (1998). The differences in number of species among zones were detected with ANOVA (Sokal and Rohlf, 1981) previously examining normality with Shapiro-Wilk Test and homogeneity of variances with Bartlett. Richness of species in each zone was estimated by Jackknife 1 (Butler and Chazdon, 1998). The results of that estimator were submitted to Kruskal-Wallis (Zar, 1999) because they did not fulfill the parametric assumptions.

Abundance was analyzed with two models: 1) log-normal; 2) geometric (Whittaker, 1977). The fitting to data of both models was verified based on an χ^2 test (Magurran, 1988).

To determine differences in the proportion of individuals per species (diversity analysis) among zones, χ^2 test was applied for contingency tables with two or more independent samples (Parker, 1976). Diversity was estimated using the Shannon index (H') (Peet, 1974), whose differences were analyzed based on Kruskal-Wallis (Zar, 1999). Significance in the analyses was $\alpha=0.05$ using EstimateS (Colwell, 2000) and JMP IN (2003).

RESULTS

Fifty-one bird species were counted: 31 (61 %) in both zones, five (10 %) exclusively in ZOQ1 and 15 (29 %) only in ZOQ2 (Table 1). The 51 recorded bird species belong to five orders and 20 families. The best represented order was Passeriformes with 40 (78 %) species, followed by Trochiliformes with five (10 %), Piciformes with three (6 %), Strigiformes with two (4 %), and Caprimulgiformes with one (2 %). The families with the largest number of species were Tyrannidae with eight (15 %), Emberizidae, Turdidae, and Parulidae with six (12 %) each; Trochilidae with five (10 %), Picidae with three (6 %); Strigidae, Regulidae and Sittidae with two (4 %) each, the other 11 families with one species each (21 %).

Point count with fixed radius

Richness of species in ZOQ2 was significantly greater ($F=8.42$; $P=0.008$) than that of ZOQ1.

Cuadro 1. Especies de aves registradas (51 especies) por detección, captura, estacionalidad y endemismo en zonas poco alterada (ZOQ1) y perturbada (ZOQ2) de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado México.
Table 1. Bird species registered (51 species) by detection, capture, seasonal fluctuation, and endemism in slightly altered zones (ZOQ1) and disturbed zones (ZOQ2) of Zoquiapan Forest Experimental Station, Estado de México.

No.	Especies de aves (A.O.U., 1998)	Zonas		Método		CIPAMEX (2009)	
		Zoq1	Zoq2	Puntos	Redes	Estacionalidad	Endemismo
S1	<i>Atlapetes pileatus</i>	0	1	1	1	Residente	endémica
S2	<i>Camptostoma imberbe</i>	0	1	1	0	Residente	No disponible
S3	<i>Carduelis pinus</i>	0	1	1	1	Residente	endémica
S4	<i>Catharus occidentalis</i>	1	1	1	1	Residente	endémica
S5	<i>Catharus guttatus</i>	1	1	0	1	Res inv	No disponible
S6	<i>Catharus ustulatus</i>	1	0	0	1	Res inv	No disponible
S7	<i>Certhia americana</i>	1	1	1	1	Residente	IIAMN
S8	<i>Colaptes auratus</i>	1	1	1	1	Residente	endémica
S9	<i>Colibri thalassinus</i>	0	1	0	1	Residente	No disponible
S10	<i>Cyanocitta stelleri</i>	1	1	1	0	Residente	No disponible
S11	<i>Dendroica coronata</i>	1	1	1	1	No disponible	no endémica, IIAMN
S12	<i>Dendroica townsendi</i>	1	1	1	0	Res inv	IIAMN
S13	<i>Diglossa baritula</i>	1	1	1	1	Residente	No disponible
S14	<i>Empidonax difficilis</i>	0	1	0	1	Residente	No disponible
S15	<i>Empidonax fulvifrons</i>	1	1	0	1	Residente	IIAMN
S16	<i>Empidonax hammondi</i>	1	1	0	1	Res inv	No disponible
S17	<i>Empidonax oberholseri</i>	1	1	0	1	Res inv	No disponible
S18	<i>Empidonax spp.</i>	1	1	1	1	Res inv	No disponible
S19	<i>Empidonax traillii</i>	0	1	0	1	No disponible	No disponible
S20	<i>Ergaticus ruber</i>	1	1	1	1	Residente	endémica
S21	<i>Eugenes fulgens</i>	0	1	0	1	Residente	IIAMN
S22	<i>Glaucidium gnoma</i>	1	1	1	1	Residente	Rara
S23	<i>Hylocharis leucotis</i>	1	1	1	1	Residente	No disponible
S24	<i>Junco phaeonotus</i>	1	1	1	1	Residente	Cuasiendémica
S25	<i>Lanius ludovicianus</i>	0	1	1	0	Residente	IIAMN
S26	<i>Melospiza lincolni</i>	0	1	1	1	Res inv	No disponible
S27	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	1	1	1	1	Residente	No disponible
S28	<i>Myioborus miniatus</i>	0	1	1	1	Residente	IIAMN
S29	<i>Oriturus superciliosus</i>	1	1	1	1	Residente	endémica
S30	<i>Otus flammeolus</i>	0	1	0	1	No disponible	No disponible
S31	<i>Parula superciliosa</i>	0	1	1	0	Residente	No disponible
S32	<i>Peucedramus taeniatus</i>	1	1	1	1	Residente	IIAMN
S33	<i>Phalaenoptilus nuttallii</i>	0	1	1	0	No disponible	No disponible
S34	<i>Picoides stricklandi</i>	1	0	0	1	Residente	no endémica
S35	<i>Picoides villosus</i>	1	1	1	1	Residente	No disponible
S36	<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	0	1	1	1	Residente	No disponible
S37	<i>Piranga flava</i>	1	0	1	0	Residente	No disponible
S38	<i>Poecile sclateri</i>	1	1	1	1	No disponible	No disponible
S39	<i>Regulus caléndula</i>	1	1	1	1	No disponible	endémica, IIAMN
S40	<i>Regulus sátrapa</i>	1	1	1	1	Residente	No disponible
S41	<i>Selasphorus platycercus</i>	1	1	1	1	Residente	No disponible
S42	<i>Sialia mexicana</i>	1	1	1	1	Residente	IIAMN
S43	<i>Sitta carolinensis</i>	1	0	1	0	Residente	No disponible
S44	<i>Sitta pygmaea</i>	1	1	1	1	Residente	No disponible
S45	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	1	1	1	0	Residente	IIAMN
S46	<i>Stellula calliope</i>	0	1	0	1	No disponible	No disponible
S47	<i>Troglodytes aedon</i>	1	1	1	1	Residente	endémica, IIAMN
S48	<i>Turdus grayi</i>	1	0	1	0	No disponible	No disponible
S49	<i>Turdus migratorius</i>	1	1	1	1	Residente	endémica, IIAMN
S50	<i>Vermivora celata</i>	1	1	1	1	Res inv	No disponible
S51	<i>Vireo huttoni</i>	1	1	1	1	Residente	endémica

1=Sí, 0=No; Res Inv=Residente de invierno; IIAMN=Interés Internacional como Ave Migratoria Neotropical. ♦ 1= Yes, 0=No. Res Inv = Winter Resident; IIAMN = International interest as Neotropical migratory bird.

Regulidae y Sittidae con dos (4 %) cada una; las otras 11 familias con una especie cada una (21 %). ♦ Regulidae y Sittidae with 2 (4%) each; the other 11 families with one specie each (21 %).

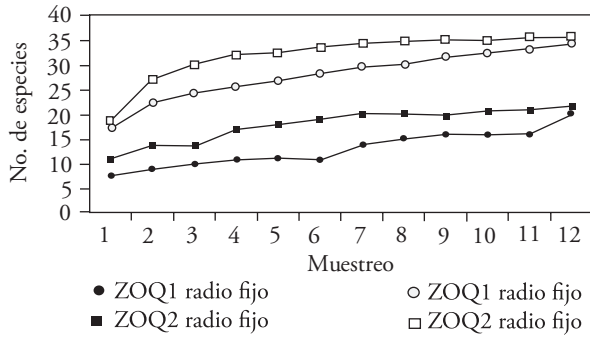


Figura 2. Curvas de acumulación de especies de aves en zonas poco alteradas (ZOQ1) y zonas perturbadas (ZOQ2) de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México.

Figure 2. Curves of bird species accumulation in slightly altered zones (ZOQ1) and disturbed zones (ZOQ2) of Zoquiapan Forest Experimental Station, Estado de México.

De acuerdo con el análisis de Kruskal-Wallis, la diversidad Shannon (H') no fue estadísticamente diferente ($F=0.07$; $P=0.071$) entre zonas: ZOQ1 ($H'=2.8$) y ZOQ2 ($H'=2.7$).

Captura por redes de niebla

La riqueza de especies no fue estadísticamente diferente ($F=0.74$; $P=0.413$) entre zonas.

La riqueza de especies estimada con Jackknife 1 fue de 29 (ZOQ1) y 39 (ZOQ2) especies, con lo que se conocen hasta ahora 23 (80 %; ZOQ1) y 29 (75 %; ZOQ2) de las especies estimadas (Figura 5).

La riqueza estimada (Jackknife 1) de especies no fue estadísticamente diferente ($F=0.09$; $P=0.076$) entre zonas.

Los datos de captura por redes de niebla siguieron una serie geométrica tanto en ZOQ1 ($\chi^2=4.9 < 33.92$; $gl=22$) (Figura 6) como en ZOQ2 ($\chi^2=46.26 > 43.77$; $gl=32$) (Figura 7).

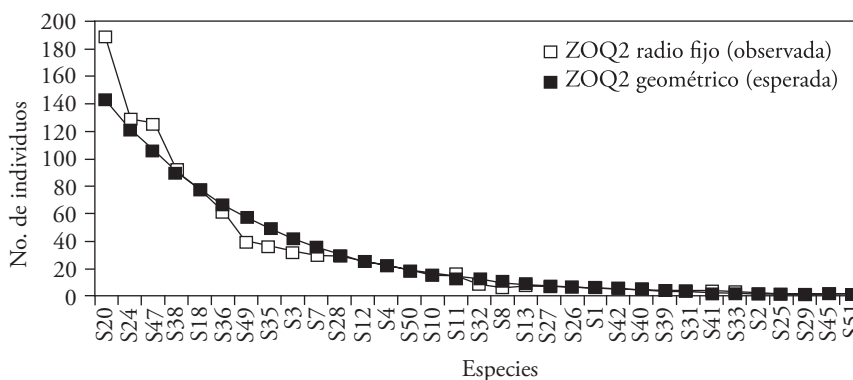


Figura 4. Abundancia de especies de aves observada y esperada en zona perturbada (ZOQ2) de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México. (Ver Cuadro 1 para No. de especie).

Figure 4. Abundance of bird species observed and expected in disturbed zone (ZOQ2) of Zoquiapan Forest Experimental Station, Estado de México (See Table 1 for No. of species).

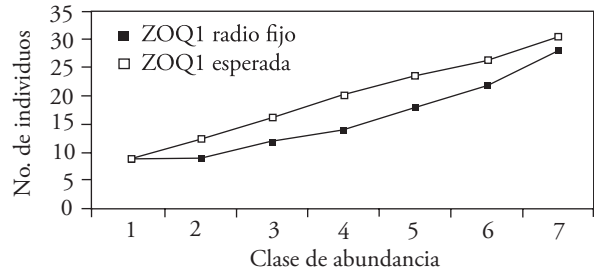


Figura 3. Abundancia de especies de aves en la zona poco alterada (ZOQ1) observada con recuento en puntos con radio fijo y la esperada en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México.

Figure 3. Bird species abundance in the slightly altered zone (ZOQ1) observed with point count of fixed radius and expected in the Zoquiapan Forest Experimental Station, Estado de México.

Species richness estimated with Jackknife 1 was 34 (ZOQ1) and 36 (ZOQ2) species, thus, altogether 20 (58 %; ZOQ1) and 22 (62 %; ZOQ2) of the calculated species have been known so far (Figure 2). Zone ZOQ2 had estimated species richness (Jackknife 1) considerably greater ($F=0.01$; $P=0.018$) than that of zone ZOQ1.

The data of point count with fixed radius followed a log-normal series ($\chi^2=7.16 < 14.06$; $gl=7$) in ZOQ1 (Figure 3) and a geometrical one ($\chi^2=31 < 43.77$; $gl=32$) in ZOQ2 (Figure 4).

According to Kruskal-Wallis analysis, Shannon diversity (H') was statistically not different ($F=0.07$; $P=0.071$) between zones: ZOQ1 ($H'=2.8$) and ZOQ2 ($H'=2.7$).

Capture using mist nets

Species richness was statistically not different ($F=0.74$; $P=0.413$) between zones.

Richness of species estimated with Jackknife 1 was 29 (ZOQ1) and 39 (ZOQ2) species; altogether,

De acuerdo con el análisis de Kruskal-Wallis, la diversidad Shannon (H') fue significativamente mayor ($F=0.06$; $P=0.0472$) para ZOQ2 ($H'=2.9$) que en ZOQ1 ($H'=2.7$).

En la prueba de homogeneidad (tabla de contingencia de χ^2), la proporción del número de individuos por especie (análisis de diversidad) en las zonas estudiadas fue significativamente diferente ($P=0.001$).

DISCUSIÓN

Los valores de riqueza y diversidad de especies fueron mayores en ZOQ2 que en ZOQ1 debido a la complejidad de su estructura vegetal, particularmente en un plano vertical, producto de perturbación. Específicamente, la diversidad fue mayor en bosque mixto debido a su condición de alteración intermedia como lo refiere Connell (1978) en su hipótesis de la perturbación intermedia. Así, la perturbación en ZOQ2 parece modificar la composición y dinámica de la comunidad avifaunística, al igual que en el estudio de Liu *et al.* (1998) quienes determinaron la función de las perturbaciones y su efecto sobre una comunidad biótica. Según Lusk (1996), la biodiversidad está directamente relacionada con la alteración

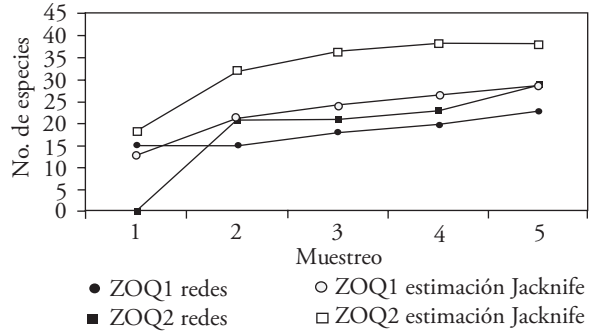


Figura 5. Curvas de acumulación de especies de aves capturadas por redes de niebla en zona poco alterada (ZOQ1) y perturbada (ZOQ2) de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México.

Figure 5. Curves of species accumulation of birds captured using mist nets in slightly altered zone (ZOQ1) and disturbed zone (ZOQ2) of Zoquiapan Forest Experimental Station, Estado de México.

23 (80 %; ZOQ1) and 29 (75 %, ZOQ2) of the estimated species have been known up to now (Figure 5).

The calculated richness of species (Jackknife 1) was statistically not different ($F=0.09$; $P=0.076$) between zones.

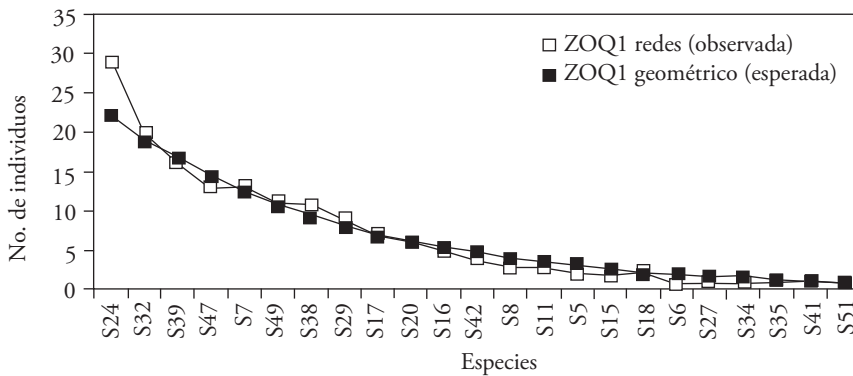


Figura 6. Abundancia de especies de aves observada y esperada en zona poco alterada (ZOQ1) de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México. (Ver Cuadro 1 para No. de especie).

Figure 6. Abundance of bird species observed and expected in slightly altered zone (ZOQ1) of Zoquiapan Forest Experimental Station, Estado de México (See Table 1 for No. of species).

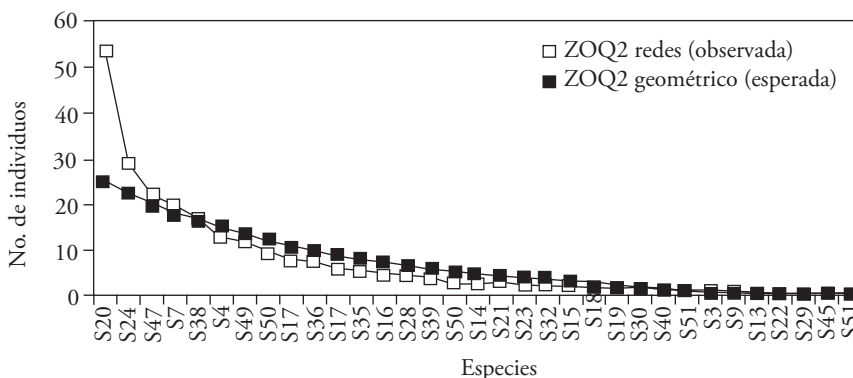


Figura 7. Abundancia de especies de aves observada y esperada en zona perturbada (ZOQ2) de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México. (Ver Cuadro 1 para No. de especie).

Figure 7. Abundance of bird species observed and expected in disturbed zone (ZOQ2) of Zoquiapan Forest Experimental Station, Estado de México (See Table 1 for No. of species).

recibida. Las perturbaciones producen heterogeneidad en el paisaje y determinan la estructura del hábitat (Sousa, 1984). MacArthur *et al.* (1962) indican que la heterogeneidad influye en la distribución horizontal y vertical de las comunidades de aves, las que a su vez pueden ser indicadoras del estado de ciertos ecosistemas. Así, Ugalde-Lezama *et al.* (2009) señalan que la distribución de las aves en la estructura vegetal en bosque mixto perturbado responde a cuatro estratos del hábitat: Bajo, Alto, Alto-Bajo e Indeterminado.

Estacionalidad y distribución de la abundancia

Otro aspecto importante a considerar en el presente estudio es la dinámica de las comunidades de aves en la zona; particularmente su estacionalidad, debido a que durante los periodos de estudio muchas especies son residentes de invierno y algunas son transeúntes durante la migración (invierno); otras más son residentes (primavera), lo que contribuye significativamente al aumento de la biodiversidad global regional. Por tanto, durante el periodo invernal, las aves migratorias pueden tener un uso diferencial del hábitat, incluso aquéllas que parecen preferir el bosque relativamente maduro y poco perturbado, pueden también ser comunes en hábitats perturbados (Villaseñor y Santana, 2002), a diferencia de las aves residentes las cuales necesitan hábitats más específicos (Rappole *et al.*, 1993). En resumen, las comunidades de aves en el Neotrópico tienen una dinámica compleja, lo que produce cambios en su composición y abundancia a distintas escalas espacio-temporales debido al recambio continuo en las comunidades, producido por fenómenos estacionales que activan el fenómeno de la migración (Blake y Loiselle, 1992).

La distribución de la abundancia de aves analizada mediante modelos log-normal y geométrico (Magurran, 1988) permitió inferir que el comportamiento en el número de individuos por especie observados en ambas zonas fue muy similar al predicho teóricamente por estos modelos. Su interpretación está relacionada con la disponibilidad de recursos, factor que MacArthur y Levins (1964) han sugerido como uno de los más importantes en la conformación de las comunidades de aves. Por tanto, la equitatividad en la serie log-normal es mayor que en la serie geométrica. El modelo log-normal para la zona poco alterada

Data of capture by mist nets followed a geometric series in ZOQ1 ($\chi^2=4.9<33.92$; $gl = 22$) (Figure 6) as well as in ZOQ2 ($\chi^2=46.26>43.77$; $gl=32$) (Figure 7).

According to the Kruskal-Wallis analysis, Shannon diversity (H') was considerably greater ($F=0.06$; $P=0.0472$) for ZOQ2 ($H'=2.9$) than for ZOQ1 ($H'=2.7$).

In the homogeneity test (contingency table χ^2), the proportion of number of individuals by species (diversity analysis) in the study zones was significantly different ($P=0.001$).

DISCUSSION

The values of richness and diversity of species were higher in ZOQ2 than in ZOQ1, due to the complexity of its vegetal structure, particularly on a vertical plane, product of perturbation. Specifically, diversity was greater in mixed forest owing to its condition of intermediate alteration, as Connell (1978) refers in his hypothesis of intermediate disturbance. Thus, disturbance in ZOQ2 seems to modify composition and dynamics of bird fauna community, the same as in Liu's *et al.* study (1998) which determines the function of disturbances and their effect on a biotic community. According to Lusk (1996), biodiversity is directly related to the alteration received. Perturbances produce heterogeneity in the landscape and determine habitat structure (Sousa, 1984). MacArthur *et al.* (1962) indicate that heterogeneity influences horizontal and vertical distribution of bird communities, which in turn may be indicators of the state of certain ecosystems. Thus, Ugalde-Lezama *et al.* (2009) point out that bird distribution in the vegetal structure in mixed forest responds to four habitat strata: Low, High, High-Low, and Indeterminate.

Seasonal pattern and distribution of abundance

Another important aspect to be considered in this study is the dynamic of bird communities in the zone, particularly their seasonal fluctuation, due to the fact that during the study period many species are winter residents, and some are non-resident during migration (winter), some others are residents (spring), which contributes significantly to the increase of global regional biodiversity. Therefore,

(ZOQ1) con datos de recuento en puntos, señaló que la comunidad de aves estuvo conformada jerárquicamente por algunas especies abundantes, especies con abundancia intermedia y especies raras. Así, no hay dominancia de alguna especie sobre la utilización de recursos, la comunidad es relativamente estable y sus especies pueden coexistir. En contraste, para la zona perturbada (ZOQ2) los modelos geométricos señalan una comunidad relativamente inestable, donde unas cuantas especies tienen una alta dominancia sobre los recursos y las restantes especies rara vez usan los residuos de dichos recursos en disputa. Este tipo de distribución es característico de comunidades sujetas a perturbación como ZOQ2

Comunidades sometidas a estrés se caracterizan por un cambio en la abundancia de especies y de distribuciones log-normal hacia series geométricas. Por ello, Platt *et al.* (1984) señalan que la distribución de la abundancia de especies frecuentemente es una medida más sensible a distorsiones ambientales que la sola riqueza de especies, y la abundancia de una especie puede ser afectada positiva o negativamente, de acuerdo con el grado de perturbación. En consecuencia, las diferencias en el área de estudio pueden explicarse también en cuanto a la estructura y composición florística que presentan ambas zonas, debido a que los sustratos de alimentación, así como la disponibilidad de alimento, dependen en gran parte de ella (Stiles, 1978). La presencia de vegetación perturbada en ZOQ2 durante ambos periodos (invierno y primavera) provee microhábitats que atraen ciertas aves y ahuyentan otras, tanto migratorias como residentes, pero que tienden a mantener más especies debido a la disponibilidad de alimentos (Lambert, 1992).

CONCLUSIONES

La riqueza de especies de aves fue significativamente mayor en bosque perturbado que en bosque poco alterado. La abundancia de aves fue mayor en bosque perturbado que en bosque poco alterado, comportamiento característico de comunidades de aves sujetas a condiciones de perturbación. La proporción del número de individuos por especie fue diferente entre zonas; la diversidad de especies de aves fue significativamente mayor en bosque perturbado que en bosque poco alterado.

Las perturbaciones modifican la fisonomía vegetal del hábitat promoviendo la presencia de zonas con

during the winter period, migratory birds may have differential use of habitat, including those that seem to prefer relatively mature and slightly disturbed forest, may also share disturbed habitats (Villaseñor and Santana, 2002), other than the resident birds which need more specific habitats (Rappole *et al.*, 1993). In short, bird communities in the Neotropic have complex dynamics, producing changes in their composition and abundance on different space-temporal scales, due to continuous changes in the communities, which are caused by seasonal circumstances activating the migration phenomenon (Blake and Loiselle, 1992).

With the distribution of bird abundance analyzed through log-normal and geometric models (Magurran, 1988), it was possible to infer that the behavior in the number of individuals per species observed in both zones, was very similar to the theoretically predicted one by these models. Their interpretation is related to availability of resources, factor suggested by MacArthur and Levins (1964) as one of the most important in the formation of bird communities. Therefore, equitability is more pronounced in the log-normal series than in the geometric series. The log-normal model for the slightly altered zone (ZOQ1) with data of point count indicated that the bird community was formed hierarchically by some abundant species, those of intermediate abundance, and rare species. So, there is no dominance of any species in utilizing resources, the community is relatively stable and their species can coexist. On the other hand, for the disturbed zone (ZOQ2) the geometric models indicate a relatively unstable community, where a few species have high dominance in resources, and remaining species seldom utilize the residues of the resources in dispute. This kind of distribution is typical of communities subject to disturbance like ZOQ2.

Communities submitted to stress are characterized by a change in species abundance and from log-normal distributions to geometric series. Therefore, Platt *et al.* (1984) point out that the distribution of species abundance often is a measure more susceptible to environmental distortions than just the richness of species; the abundance of one species may be positively or negatively affected, according to the degree of disturbance. Consequently, the differences in the study area may be explained also with respect to structure and floral compositions

vegetación secundaria, lo cual influye en la dinámica y diversidad de las comunidades de aves. Así, estas áreas son importantes para la supervivencia de ciertos grupos de aves: endémicas, en peligro de extinción o migratorias porque disminuye la presión que ejercen éstas últimas sobre las primeras, al proveerlas con una vasta gama de recursos alimenticios. Es recomendable la conservación de zonas perturbadas en bosques templados a escala local (área de estudio) y regional (Sierra Nevada), ya que involucran procesos ecológicos que determinan la estructura y sucesión de las comunidades de aves a través del tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT; Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados (Área de Fauna Silvestre); Laboratorio de Fauna Silvestre de la Universidad Autónoma Chapingo, particularmente a la M.C. Beatriz C. Aguilar Valdez; personal de los herbarios CHAPA y CHAP así como de la EFEZ; Biól. Fernando de la Cruz Romero y C.P. Alicia Karina Gómez Rojas. Al Ing. Jorge Bustillos por el apoyo en la elaboración del SIG.

LITERATURA CITADA

- A.O.U. 1998. Check-list of North American Birds. 7th edition. American Ornithologists Union. Washington, D.C. 131 p.
- Blake, J. G., and B. A. Loiselle. 1992. Habitat use by Neotropical Migrants at la Selva Biological Stations and Braulio Carrillo National Park, Costa Rica. *In*: Hagan, J. M., and D. W. Johnston (eds). Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. pp: 257-272.
- Bojorges B, J. C., y L. López M. 2005. Riqueza y diversidad de especies de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Acta Zool. Mex. (Nueva Serie)* 21(1):1-20.
- Brawn, J. D., S. K. Robinson, and F. R. Thompson. 2001. The role of disturbance in the ecology and conservation of birds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 32:251-276.
- Butler, B. J., and R. L. Chazdon. 1998. Species richness, spatial variation, and abundance of the soil seed bank of a secondary tropical rain forest. *Biotropica* 30(2):214-222.
- CIPAMEX. 1999. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C. (CIPAMEX). México, D.F. 440 p.
- Colwell, R. K. 2000. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version Win 6b1a. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut. Connecticut, U.S.A. 235 p.
- Connell, M. L. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science Wash.* 199:1302-1310.
- INEGI-UNAM. 2001. Inventario Nacional Forestal 2000. INEGI-UNAM. México, D.F. 322 p.

presented by both zones, due to the fact that diet substrata as well as food availability largely depend on them (Stiles, 1978). The presence of disturbed vegetation in ZOQ2 during both seasons (winter and spring) provide micro-habitats, which attract certain birds and keep others away, migratory birds as well as residents, but tending to maintain more species because of food availability (Lambert, 1992).

CONCLUSIONS

Richness of bird species was significantly higher in disturbed forests than in forests with little alteration. Abundance of birds was greater in disturbed forests than in slightly altered forests, typical behavior of bird communities submitted to disturbance conditions. The proportion of number of individuals by species was different between zones; bird species diversity was significantly greater in disturbed forest than in slightly altered forest.

The disturbances modify vegetal phytosony of habitat promoting the presence of zones with secondary vegetation, which influences dynamics and diversity of bird communities. Thus, these areas are important for the survival of certain bird groups: endemic ones, in danger of extinction, or migratory birds, because the pressure of the latter on the first group diminishes at providing them with a wide range of food resources. The conservation of disturbed zones in temperate forests on a local (study area) and regional scale (Sierra Nevada) is recommendable, since they involve ecological processes determining structure and succession of bird communities throughout time.

—End of the English version—

-----*-----

- JMP IN. 2003. Statistics for the Apple MacIntosh. Statistics and Graphics Guide, Version 4.0.2. Academic SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, U.S.A.
- Lambert, F. R. 1992. The consequences of selective logging for Bornean lowland forest birds. *Philosophical Trans. Royal Soc. London Series B-Biol. Sci.* 335:443-457.
- Lantschner M., V., y V. Rusch. 2007. Impacto de diferentes disturbios antrópicos sobre las comunidades de aves de bosques y matorrales de *Nothofagus antarctica* en el NO Patagónico. *Ecología Austral* 17:99-112.
- Liu, Q. J., A. Kondoh, and N. Takeuchi. 1998. The forest vegetation and its differentiation under disturbance in a temperate mountain, China. *J. For. Res.* 3:111-117.

- López-DeCasenave, J., J. P. Pellot, S. M. Caziani, M. Mermoz, and J. Protomastro. 1998. Responses of avian assemblages to a natural edge in a chaco semiarid forest in Argentina. *The Auk* 115(2):425-435.
- Lusk, C. 1996. Gradient analysis and disturbance history of temperate rain forest of coast range summit plateau, Valdivia, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 69:401-411.
- MacArthur, R. H., and R. Levins. 1964. Competition, habitat selection and character displacement in a patchy environment. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA) Am. Zool.* 51(6):1207-1210.
- MacArthur, R. H., J. W. MacArthur, and J. Preer. 1962. On bird species diversity II. Prediction of bird census from habitat measurements. *The Am. Nat.* 96(888):167-174.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press. New Jersey, U.S.A. 179 p.
- Miranda F., y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28:29-179.
- Nocedal, J. 1984. Estructura y utilización del follaje de las comunidades de pájaros en bosques templados del Valle de México. *Acta Zool. Mex. (Nueva Serie)* 6:1-45.
- Parker R., E. 1976. *Estadística para Biólogos*. Ediciones Omega S. A. Barcelona, España. 136 p.
- Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5:285-307.
- Pickett, S. T. A., and P. S. White (eds). 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press Inc. San Diego, California, U.S.A. 472 p.
- Platt, H. M., K. M. Shaw, and P. J. Lambshead D. 1984. Nematode species abundance patterns and their use in the detection of environmental perturbations. *Hydrobiología* 118:59-66.
- Ralph C., J., G. R. Geupel, P. Pyle, Th. E. Martín, D. F. DeSante, y B. Milá. 1996. *Manual de Métodos de Campo para el Monitoreo de Aves Terrestres*. Department of Agriculture and Forest Service. California, U.S.A. 46 p.
- Ramírez-Albores J., E. 2006. Variación en la composición de comunidades de aves en la Reserva de la Biosfera de Montes Azules y áreas adyacentes, Chiapas, México. *Biota Neotropica* 6(2):1-19.
- Rappole J., H., E. S. Morton, T. E. Lovejoy, y J. L. Ruos. 1993. *Aves Migratorias Neárticas en los Neotropicos*. Conservation and Research Center, National Zoological Parks. Smithsonian Institution. Washington, D.C., USA. 341 p.
- Rappole, J. H., K. Winker, and G. V. Powell N. 1998. Migratory bird habitat use in Southern Mexico: Mist nets versus point counts. *J. Field Ornithol.* 69(4):635-646.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México, D.F. 432 p.
- Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1981. *Biometry*. 2nd ed. W. H. Freeman and Company. New York, U.S.A. 859 p.
- Sousa, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Ann. Rev. Ecol. and Syst.* 15:353-391.
- Stiles, E. W. 1978. Avian communities in temperate and tropical alder forests. *The Condor* 80:276-284.
- Ugalde-Lezama, S., J. I. Valdez-Hernández, G. Ramírez-Valverde, J. L. Alcántara-Carbajal, y J. Velázquez-Mendoza. 2009. Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y Bosques* 15(1):5-26.
- Villaseñor G., J. F., y E. Santana. 2002. El monitoreo de poblaciones: herramienta necesaria para la conservación de aves en México. *In: Conservación de aves. Experiencias en México*. Gómez D., H., y D. A. Oliveras (eds). Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C. (CIPAMEX). México, D.F. pp: 224-262.
- Whittaker, R. H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. *Evolutionary Biol.* 10:1-67.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. pp: 32-45.