

Aves en sistemas agrícolas con labranza de conservación en el centro-norte de México

Benjamín Figueroa-Sandoval¹
José Pimentel-López¹
Saúl Ugalde-Lezama²
Oscar Luis Figueroa-Rodríguez³
Katia Angélica Figueroa-Rodríguez⁴
Luis Antonio Tarango-Arámbula^{1§}

¹Programa de Innovación en el Manejo de Recursos Naturales-*Campus* San Luis Potosí-Colegio de Postgraduados. Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. CP. 78600. (benjamin@colpos.mx; josep@colpos.mx). ²Departamento de Suelos-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México. CP. 56230. (biologo.ugalde@hotmail.com). ³Programa de Desarrollo Rural-*Campus* Montecillo-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. (figueroa@colpos.mx). ⁴Programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable-*Campus* Córdoba-Colegio de Postgraduados. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. CP. 94946. (f-katia@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: ltarango@colpos.mx.

Resumen

En México, la apertura de nuevas zonas agrícolas propicia la pérdida de especies de aves. Para conocer el rol de sistemas agrícolas con labranza de conservación cero-cerco vivo (LCC-CV) en el mantenimiento de la diversidad-uso de hábitat por la avifauna, durante junio-septiembre de 2014, se realizó un monitoreo de aves en el centro-norte de México. La riqueza de especies se analizó con Jackknife1, la similitud con Sorensen, Conglomerados, la abundancia con un modelo Log-normal, χ^2 , la diversidad con Shannon-Wiener y las posibles diferencias en dichos parámetros con Kruskal-Wallis. El uso de hábitat en los planos vertical (estratos)-horizontal (sustratos) se infirió con la frecuencia de observación (FO) y regresión Poisson (ARP). En los sistemas (LCC-CV) se registraron 52 especies de aves, distribuidas en cinco órdenes, 19 familias y 10 subfamilias. Los resultados promedio de Jackknife1 para UE's fue de 38.7%, Sorensen 31%; asimismo, se conformó un Clúster con tres subamalgamaciones (mínima, e= 2.7; máxima, e= 3.6); Log-normal ($\chi^2= 130.09$, Y= 0.3518, 3 gdl), χ^2 (p-value= 0.028); Shannon-Wiener H²= 2.99; Kruskal-Wallis de p-value= 0.0248, 0.028, 0.4232, respectivamente. Las FO sugieren que el estrato-sustrato más utilizado fue el superior (46.15%)-vuelo (27.95%). El ARP para estrato, comportamiento, sexo, edad, sustrato indicó que 2, 4, 1, 2 y 6 variables presentaron coeficientes significativos. México enfrenta el problema de apertura de tierras a la agricultura, las zonas áridas y semiáridas no escapan a este fenómeno, por ello, los sistemas de LCC-CV constituyen una opción para mantener y conservar la avifauna.

Palabras clave: abundancia, comportamiento, hábitat.

Recibido: enero de 2019

Aceptado: abril de 2019

Introducción

México es uno de los 12 países megadiversos, su avifauna está conformada por 1054 especies (22 órdenes y 78 familias), equivalente al 11% mundial (Navarro y Benítez, 1993). Su ornitofauna se asocia a su cobertura forestal, misma que abarcaba (70's), 72.05% del territorio nacional. Dicha cobertura ha sido sometida a perturbaciones y disturbios (Maser, 2001). Durante 1970-1980 las áreas agrícolas abarcaban 16% del territorio, de estas 4.58% era de riego, 11% de temporal-cultivos forestales, de las cuales 93.5% era menor a 20 ha (Navarro *et al.*, 2000).

La apertura de nuevas zonas agrícolas ha propiciado la pérdida de algunas especies, particularmente de aves (Ramírez-Albores, 2010). Las de ambientes áridos-semiáridos no escapan a estas alteraciones por su fragilidad y amplia extensión 50-60% del territorio nacional (Pompa-García, 2008) de su matorral Xérofilo, una porción importante de éste se distribuye en el Altiplano Mexicano (Rzedowski, 1978). Los matorrales del Altiplano Potosino-Zacatecano se han utilizado para establecer áreas de pastoreo y cultivos agrícolas convencionales mismos que se han manejado bajo un esquema de labranza intensiva con suministro de insumos para incrementar la fertilidad del suelo-rendimiento de los cultivos.

Dicho manejo ha ocasionado la compactación, erosión, contaminación del suelo-agua; propiciado la pérdida de biodiversidad (Figueroa-Sandoval, 1983), particularmente de la avifauna, grupo taxonómico que juega un rol trascendental en los flujos de energía dentro y entre ecosistemas ya que sustentan diversas cadenas tróficas, actúan sobre la propagación vegetativa como vectores de diseminación de semillas, algunas se encuentran en categoría de riesgo (Herrera, 1985). Para mitigar el deterioro edáfico e incrementar el rendimiento de los cultivos tradicionales-calidad ambiental, en la región se han establecido sistemas agrícolas mixtos basados en la tecnología de labranza de conservación cero-cerco vivo (LCC-CV) (Navarro *et al.*, 2008), los cuales parecen mitigar los efectos negativos de la intensificación agrícola.

Para planificar la compatibilidad de los sistemas productivos con la conservación de la biodiversidad, es esencial evaluar los cambios que éstos provocan sobre sus poblaciones (Lantschner y Rusch, 2007). Sin embargo, la importancia (efecto de borde) de estos sistemas de producción agrícola mixta y su beneficio, en términos de conservación, para las especies de fauna silvestre, no ha sido estudiada, menos aún para la avifauna que hace uso de ellas en este tipo de sistemas circundantes a bosques Xérofitos. El objetivo de la presente investigación fue determinar el papel que juegan los sistemas agrícolas con LCC-CV sobre la diversidad y uso de hábitat (vertical-horizontal) por comunidades de aves en el centro de México.

Materiales y métodos

La zona agrícola del Municipio de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, se localiza en el Altiplano Potosino-Zacatecano, situado en la región fisiográfica de la Planicie Central del Altiplano Mexicano, en el extremo meridional del Desierto Chihuahuense dentro de las altiplanicies del centro y sur de San Luis Potosí y sureste de Zacatecas, en las coordenadas 22° 45', 22° 42' Norte y 101° 57', 101° 46' Oeste, entre las cotas de los 2 100 a 2 330 msnm. El área colinda al Norte con Santo Domingo, Villa de Ramos, al Sur con Zacatecas, al Oeste con Villa de Ramos, Zacatecas, al Este con Charcas, Venado, Moctezuma, Zacatecas (Luna-Cavazos *et al.*, 2007).

Diseño de muestreo

Se eligieron siete unidades de estudio (UE's), las poligonales y superficies de cada una de ellas (9, 10, 4, 2, 3, 10 y 8 ha, respectivamente) se delimitaron y cuantificaron con un Sistema de Información Geográfica (SIG) (Figura 1). El diseño de muestreo utilizado fue el muestreo sistemático (MS) a conveniencia con distancias predeterminadas de 250 m entre cada unidad de elección (UEL) (Cochran, 1977).

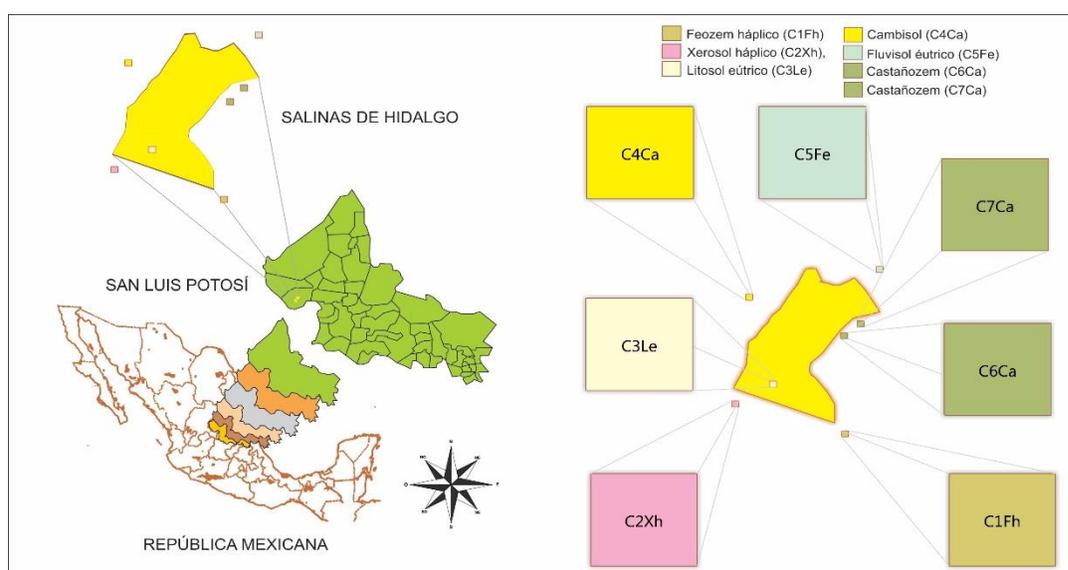


Figura 1. Parcelas bajo estudio en la zona agrícola de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

Las aves se monitorearon utilizando un esquema mixto de recuento en puntos con radio fijo de 25 m y búsqueda intensiva (Ralph *et al.*, 1996). Este sistema combinado posibilita una mejor detección de algunas especies de comportamiento quieto, silencioso y conspicuo (López-DeCasenave *et al.*, 1998). Las aves se observaron con binoculares de 25 X 50 m (Bushnell) y las especies avistadas se identificaron con guías de campo estándar (aves de México y de Norte América). Los datos referentes a la vegetación arbórea se recabaron mediante la aplicación de cuadrantes con punto central (Cottam y Curtis, 1956), para herbáceas-arbustivas cuadros empotrados (Oosting, 1956). Asimismo, las variables del hábitat (cobertura del suelo) se registraron mediante Línea de Canfield (Canfield, 1941). Los muestreos se llevaron a cabo mensualmente (junio-septiembre de 2011).

Análisis estadístico

La riqueza específica de aves se ordenó sistemáticamente mediante la clasificación de American Ornithologists Union (AOU, 2009) para ello, se utilizó la información del número de especies registradas de manera puntual en tiempo y espacio. La riqueza de especies se analizó mediante Jackknife1 empleando los datos de presencia-ausencia registradas en cada UE-pulso, muestreo, Magurran (1988). La similitud entre las UE's evaluadas se estimó con Sorensen (Chao *et al.*, 2005), dichos parámetros se calcularon en EstimateS 8.2.0. (Burnham y Overton, 1979; Colwell, 2009). Para visualizar gráficamente la similitud en la riqueza registrada en las UEs bajo estudio, se llevó a cabo un análisis multivariado de conglomerados por observaciones (Kaufman y Rousseeuw, 2009), mismo que se realizó en Minitab 15.1.20 (2007).

La distribución de la abundancia (número de individuos por especie) registrada en cada UE se interpretó ecológicamente a través de modelos Log-normal, por ser éstos los que mejor ajustaron la distribución de los datos del presente trabajo (Preston, 1948), dichos modelos fueron llevados a cabo en Microsoft Excel (2003). Para determinar si el número de individuos registrados por especie es el que potencialmente se distribuye en cada UE, se utilizó una prueba de bondad de ajuste de χ^2 para tablas de contingencia para muestras independientes (Molinero, 2003b). Este análisis se llevó a cabo en JMP IN versión 8.0.2. (2009).

La diversidad de especies de aves en cada UE se analizó mediante Shannon-Wiener empleando la información sobre las frecuencias de las especies registradas en cada una de ellas (Tramer, 1969). Dicho estimador se calculó en EstimateS 8.2.0. Las posibles diferencias en la riqueza, abundancia y diversidad entre UE's se determinaron mediante Kruskal-Wallis (Molinero, 2003a) mismos que se realizaron en JMP IN 8.0.2 (2009).

La proporción de individuos por especie que hacen uso de cada estrato vertical y sustrato (plano horizontal), se estimó con índices de frecuencia de observación (FO); Curts (1993) modificados para la presente. Estos se calcularon en Microsoft Excel (2003). Para determinar la posible relación entre la abundancia de aves registrada (variable dependiente 'y') y los estratos verticales de la vegetación; comportamientos exhibidos por las aves (en base a los criterios propuestos por Remsen y Robinson, 1990); sexos; edades y sustratos horizontales (cada uno de ellos como variables independientes, 'x'), se utilizaron modelos de regresión Poisson (ARP). El ajuste de la variable dependiente a las independientes se realizó mediante modelos lineales generalizados (GLM); McCullagh y Nelder (1989). En todos los ARP, se empleó el criterio de selección de variables por pasos hacia atrás (Stepwise), con criterio de clasificación del mínimo Akaike (AIC); Akaike (1969), estos análisis se realizaron en R-versión 2.12.1 (2010).

En todos los casos se utilizó un $\alpha = 0.05$, por lo que se consideraron como coeficientes estadísticamente significativos aquéllos en los que $p < 0.05$.

Resultados y discusión

Con base en la AOU (2009), se registraron 52 especies de aves en los sistemas (LCC-CV), distribuidas en cinco órdenes, 19 familias y 10 subfamilias. Los órdenes más representativos en número de especies fueron passeriformes con 35 (67%), falconiformes con siete (13%), columbiformes con cinco (10%), piciformes con cuatro (8). De las especies registradas en este estudio, una especie se encuentra en peligro de extinción (P), dos amenazadas (A), cinco sujetas a protección especial (Pr), 44 no incluidas en ninguna categoría; sólo cuatro son endémicas (SEMARNAT, 2010). El estimador de Jackknife evidenció que con el esfuerzo de muestreo por UE's bajo estudio se logró detectar el 100% (UE1), 46.7 (UE2), 23.26 (UE3), 25 (UE4), 30.3 (UE5), 19.9 (UE6) y 26% (UE7) de las especies de aves que teóricamente están presentes en cada UE (Figura 2).

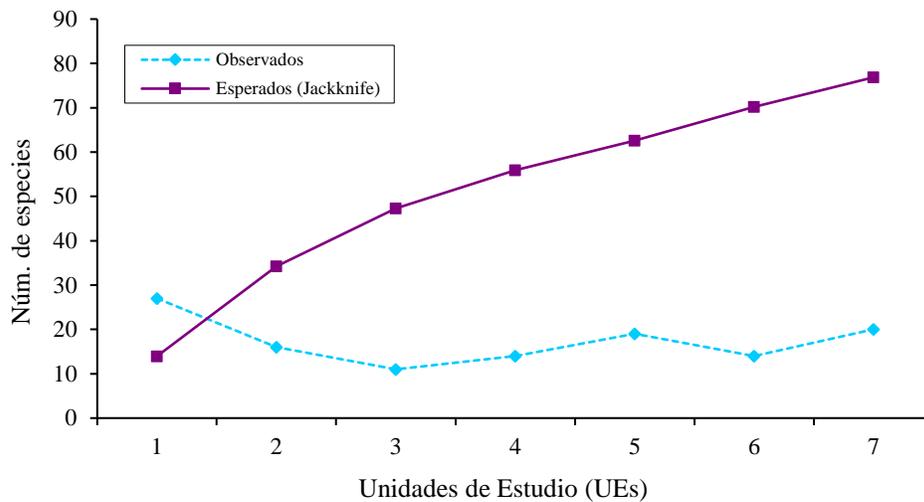


Figura 2. Curvas de acumulación de especies de aves observadas y esperadas (índice de Jackknife1) por cada UE en sistemas agrícolas de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

Asimismo, para el caso de muestreos (pulsos) Jackknife1 logró detectar 100% (P1), 41.6 (P2), 39 (P3), 30.4% (P4) en cada uno de ellos (Figura 3). Los resultados de Kruskal-Wallis (p -value= 0.0248) identificaron diferencias significativas en el número de especies registradas en cada una de las UE's bajo estudio.

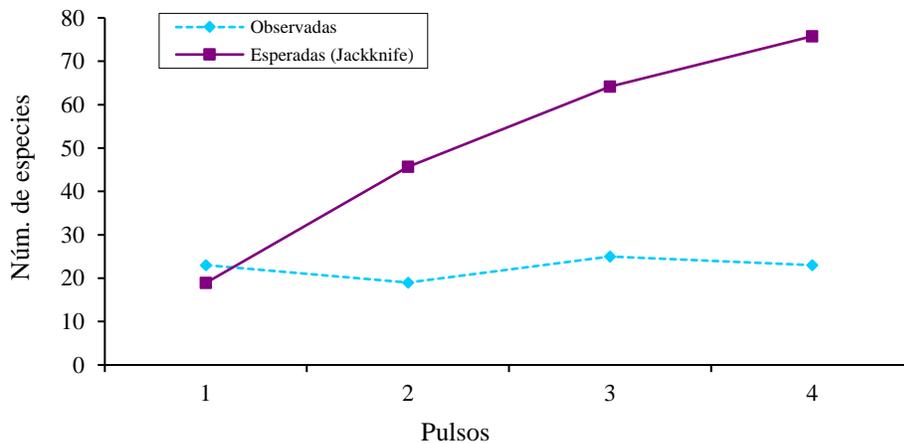


Figura 3. Curvas de acumulación de especies de aves observadas y esperadas (índice de Jackknife1) por cada pulso en sistemas agrícolas de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

De acuerdo con Sorensen el promedio de similitud de las especies registradas entre (UE's), expresado en porcentaje fue de 31%. La similitud más alta se presentó en las UE's 1-7, con 50%, con 11 especies compartidas. De igual forma, la menor similitud se observó entre las UE's 2-4 y 2-6, con 15% entre ellas, siete y seis especies compartidas, respectivamente. El análisis Clúster para los datos de especies registradas por UE exhibió un solo clúster; sin embargo, se formaron tres subamalgamaciones con una distancia euclidiana mínima de $e= 2.7$ y máxima de $e= 3.6$ (Figura 4).

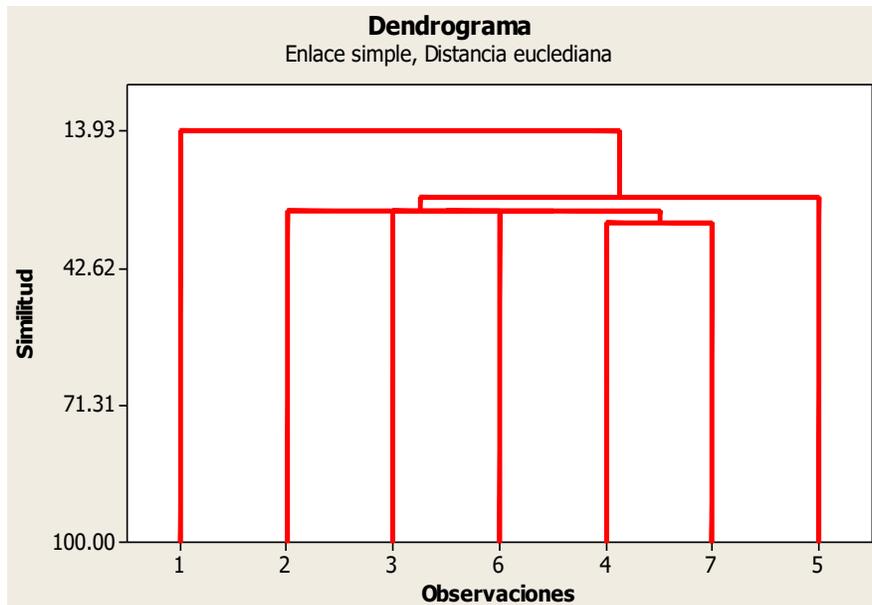


Figura 4. Clúster de similitud para especies por UE's en sistemas agrícolas de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

El modelo Log-normal señala que los logaritmos de los datos de frecuencias de aves registradas por UEs están distribuidos de manera normal ($\chi^2 = 130.09$, $Y = 0.3518$, 3 gdl), lo que evidencia un ajuste en la distribución de las abundancias a dicha serie (Figura 5). Los resultados de χ^2 sugieren que se registró la mayor proporción de los individuos por especie de ave que potencialmente se esperaría en las UE's bajo estudio, lo cual se respalda con el análisis Kruskal-Wallis ($p\text{-value} = 0.028$), el cual detectó diferencias en las abundancias por especie registrada en cada una de ellas.

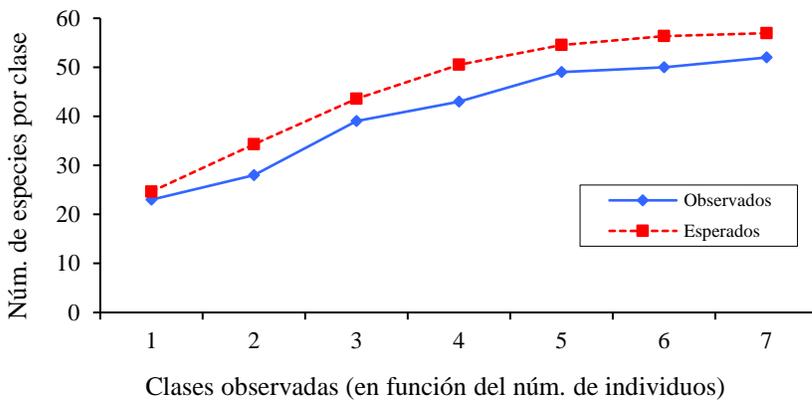


Figura 5. Distribución de las abundancias de aves registradas en las UE's bajo estudio ajustadas a una serie log-normal en sistemas agrícolas de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

Shannon-Wiener considerando el número de individuos por especie registrados en cada UE's, estimó un valor mínimo de $H' = 2.84$ (UE1) y máximo de $H' = 3.15$ (UE7) (Figura 6). Mientras que Kruskal-Wallis comparando la diversidad de especies no detectó diferencias significativas ($p\text{-value} = 0.4232$) entre la diversidad de especies registrada y estimada en cada una de las UE's bajo estudio.

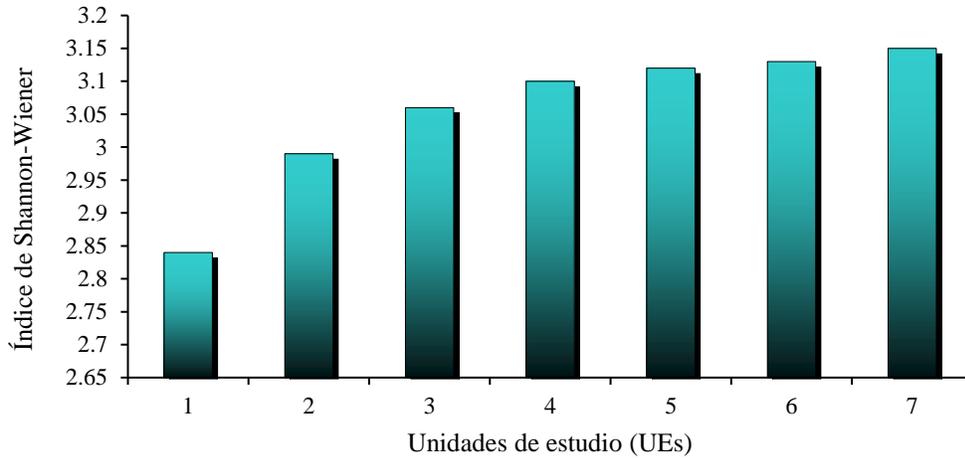


Figura 6. Índice de Shannon-Wiener para cada UE's en sistemas agrícolas de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

El análisis de FO de aves registradas en cada uno de los estratos (alturas) de la vegetación; mostró que las aves prefieren, en ese orden, al estrato de vegetación superior (46.15%), bajo (37.31%) y medio (16.54%). Por su parte, el análisis de FO de aves registradas en cada uno de los sustratos (plano horizontal), señaló una preferencia por el vuelo (27.95%) utilizando para ello el sustrato suelo (24.58%), herbáceo (15.15%), cerco vivo (nopal) (7.07%), pirul (*Shinus* spp. 6.40%), huizache (*Acacia* spp. 5.72%), mezquite (*Prosopis* spp. 5.39%), maguey (*Agave* spp. 3.03%), yuca (*Yucca* spp. 2.69%), nopal (*Opuntia* spp. 2.02%). La regresión Poisson entre la abundancia de aves y los estratos verticales de la vegetación, comportamientos, sexos, edades y sustratos horizontales, mostraron que las variables 2, 4, 1, 2 y 6 tuvieron un efecto sobre la variable dependiente (y) con valores de AIC de 58.192, 52.373, 53.574, 54.272 y 55.888, para cada uno de los análisis, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados de ARP mediante modelos GLM para abundancia de aves y estratos verticales, comportamientos, sexos, edades y sustratos horizontales en las UE's bajo estudio en sistemas agrícolas de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

ARP	Estimate	Std. error	z value	Pr(> z)	Significancia
ARP de abundancia de aves y estratos verticales de la vegetación					
Estrato bajo	0.059316	0.011019	5.383	7.33E-08	***
Estrato superior	0.01498	0.00526	2.848	0.0044	**
ARP de abundancia de aves y sus comportamientos					
Apareándose	1.03963	0.14044	7.403	1.33E-13	***
Cortejando	-0.85504	0.2494	-3.428	0.000607	***
Cortejando 2	0.54178	0.11861	4.568	4.93E-06	***
Percha	0.08689	0.01027	8.464	< 2E-16	***
ARP de abundancia de aves y su sexo					
H	0.10231	0.02614	3.914	9.06E-05	***
ARP de abundancia de aves y sus edades					
A	0.017296	0.004362	3.965	7.33E-05	***
J	0.062126	0.01277	4.865	1.14E-06	***

ARP	Estimate	Std. error	z value	Pr(> z)	Significancia
ARP de la abundancia de aves y los sustratos horizontales					
Suelo	1.005138	0.400328	2.511	0.01205	*
Suelo 2	-0.047395	0.020329	-2.331	0.01974	*
Suscerc	0.626164	0.25402	2.465	0.0137	*
Suscerc 2	-0.065653	0.021738	-3.02	0.00253	**
Susther	-0.236201	0.111782	-2.113	0.0346	*
Susther 2	0.019102	0.006991	2.732	0.00629	**

En todos los casos se asumió una distribución Poisson en la abundancia (y), por lo que se aplicó un logaritmo como función liga entre ésta y las variables independientes (X)= H= hembra; A= adulto; J= juvenil; suelo 2= efecto cuadrático de suelo; Suscerc= sustrato cerco; suscerc2= efecto cuadrático de Suscerc; Susther= sustrato herbáceo; susther 2= efecto cuadrático de Susther.

Las tendencias de la riqueza específica y estatus de conservación de algunas de las aves registradas coinciden parcialmente con lo reportado por Cárdenas *et al.* (2003) quienes realizaron un estudio en zonas agrícolas encontrando que la familia más representativa en número de especies y frecuencias de éstas fue Tyrannidae; por su parte, Ibarra *et al.* (2001) llevaron a cabo una investigación sobre la avifauna asociada a dos cacaotales en Tabasco (México), concluyendo que las familias más representadas fueron Emberizidae y Tyrannidae.

Estos resultados son muy similares a los obtenidos en el presente estudio; sin embargo, las inferencias obtenidas en el estimador de riqueza de especies contrastan con los obtenidos por Bolwig *et al.* (2004) quienes reportan datos de riqueza de especies avifaunísticas para tres tipos de ecosistemas agrícolas en Uganda, en donde la intensidad media de cultivo comparte la característica de perturbación antrópica que supone la actividad agrícola, en nuestras UE's; no obstante, los patrones en las curvas de rarefacción permitieron afirmar que la LCC-CV presupone una presión menor.

Así, las tendencias en la riqueza de especies, para la presente, parecen responder al esfuerzo de muestreo realizado y a la propia fenología migratoria de las aves, misma que puede variar incluso de un año con respecto a otro, lo que puede afectar su detectabilidad, tal como lo sugieren Bojorges y López-Mata (2005) quienes a pesar de tener buenas aproximaciones (90%) en la estimación de dicho parámetro, recomiendan incrementar el esfuerzo de monitoreo en una escala espacio-temporal, considerando las coacciones ambientales que puedan incidir en la presencia de aves accidentales o migratorias (Carrascal, 1987).

Por su parte, Rappole *et al.* (1993) reportan que en sistemas agrícolas y en algunos sistemas naturales, el incremento de especies durante el periodo migratorio y el desplazamiento de especies residentes es mínimo, ya que las aves migratorias pueden ser flexibles en la utilización del hábitat, encontrándolas en sistemas perturbados como fue el caso de este estudio. No obstante, los patrones de riqueza registrados entre UE's contrastan con lo reportado por Sánchez y López (1988) quienes señalan que dos comunidades faunísticas son similares si su índice de similitud es menor de 66.6%, esto para parcelas de diversa índole de tipo agrícola tradicional; sin embargo, la composición y estructura de la comunidad de aves registrada en esta investigación fue más heterogénea.

La distribución de la abundancia registrada en la presente evidencia una comunidad avifaunística conformada por pocas especies, pero abundantes, seguida de especies más o menos abundantes y especies raras, sin presencia de dominancia (monopolio) sobre la utilización de recursos. Éstos resultados difieren con lo reportado por Ugalde-Lezama *et al.* (2009) quienes sugieren que en zonas semiconservadas de un rodal forestal de *Pinus greggii* Englem, en Zoquiapan, México, la distribución de las abundancias se ajustaron a una serie Log-normal; sin embargo, las tendencias registradas en la presente mostraron que los sistemas LCC-CV sostienen comunidades de aves similares al gradiente de perturbación que exhibieron dichos bosques.

De igual forma, las proporciones de individuos registrados por especie en cada UE pudieron atribuirse a su fisonomía, misma que proporciona una amplia gama de recursos a que permiten la distribución espacial de las especies de aves registradas en ellas. Patrones similares son reportados por Enríquez-Lenis *et al.* (2007) quienes señalan que la estacionalidad puede modificar positiva o negativamente la estructura y composición florística, mismas que condicionan la utilización de nichos ecológicos en el plano vertical-horizontal, determinando los patrones de abundancia y diversidad, particularmente en aves.

La diversidad de especies registradas en esta investigación fue relativamente alta, especialmente si se considera que las UE's objeto de estudio son sistemas agrícolas con LCC-CV. Sin embargo, esto contrasta con lo reportado por Carrascal *et al.* (2002) quienes estimaron patrones de diversidad bajos en diferentes gradientes de perturbación, incluyendo rodales forestales y zonas agrícolas.

Las frecuencias de aves que hacen uso o tienen preferencia por algún estrato vertical en particular, contrastan con lo reportado por Emlen (1977) quien registró patrones homogéneos de utilización desde el estrato inferior hasta el superior. Por su parte Carrascal y Tellería (1985) reportan la utilización de los estratos medio e inferior, señalando que el sustrato vegetal es más relevante para las aves comparado con la variable altura; sin embargo, las aves registradas en este trabajo sí se separaron verticalmente, lo cual coincide con Cueto y López-DeCasenave (1999) quienes reportaron un efecto de la estructura vertical de la vegetación sobre las abundancias-distribución de este grupo taxonómico, particularmente en los estratos herbáceo y arbóreo.

Por su parte, las frecuencias de aves que hacen uso o tienen preferencia por algún sustrato en el plano horizontal coinciden con lo reportado por Becerra y Grigera (2005) quienes señalan que éstos tienen un efecto sobre diversos patrones de actividad de las aves como la alimentación, por lo que la variación en su disponibilidad y productividad determina la estructura y composición de comunidades de aves. Las aves en este estudio contaban con cercos vivos, aunado a la presencia de árboles y arbustos, los cuales, tuvieron un efecto sobre sus abundancias, lo que les proporcionó hábitats de orilla entre dos o más ambientes distintos como lo sugieren Salinas *et al.* (2007) quienes señalan que el incremento en la diversidad se debe en gran medida a la presencia y establecimiento de cercos vivos, ya que funcionan como corredores de conectividad en la conservación de la vida silvestre al ofrecer espacios para percha, alimentación, refugio, anidación para algunas especies; particularmente aves, demostrándose que éstos pueden albergar, en algunas ocasiones muy particulares, más especies, incluso que las zonas agrícolas tradicionales.

Los sistemas de LCC-CV resultan benéficos para la biodiversidad avifaunística en los parámetros evaluados entre UE's, los cuales fueron aceptables; sin embargo, se recomienda incrementar el esfuerzo de monitoreo en una escala espacio-temporal que permita complementar las inferencias

realizadas. Existió efecto de los estratos (vertical) y sustratos (horizontal), encontrando patrones diferenciales de utilización de éstos. Este estudio, es el primero en su tipo, en el que se demuestra que estos sistemas agrícolas (LCC-CV) son convenientes en el mantenimiento-conservación de aves en el Altiplano Potosino-Zacatecano, por las múltiples ventajas y servicios que ofrecen a este grupo taxonómico comparado con los sistemas agrícolas tradicionales.

Conclusiones

En este estudio se registraron 52 especies de aves de cinco órdenes, 19 familias y 10 subfamilias. Los promedios de Jackknife1 para UE's fue de 38.7% y Sorensen 31%.

Se conformó un Clúster con tres subamalgamaciones (mínima, $e = 2.7$; máxima, $e = 3.6$). Las frecuencias de observación sugieren que el estrato-sustrato más utilizado fue el superior (46.15%)-vuelo (27.95%). Los sistemas de LCC-CV constituyen una opción para mantener y conservar la avifauna en el norte centro de México.

Agradecimientos

A los propietarios de los sistemas agrícolas de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

Literatura citada

- AOU. 2009. Check-list of North American birds. 7th (Ed.). American Ornithologists Union, Washington, DC. 131 pp.
- Akaike, H. 1969. Fitting autoregressive models for prediction. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*. 21(1):243-247.
- Becerra, S. R. M. y Grigera, D. 2005. Dinámica estacional del ensamblaje de aves de un bosque Norpatagónico de Lengua (*Nothofagus pumilio*) y su relación con la disponibilidad de sustratos de alimentación. *El Hornero*. 20(2):131-139.
- Bojorges, B. J. C. y López, M. L. 2005. Riqueza y diversidad de especies de aves en una selva mediana subperennifolia en el Centro de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* (ns). 21(1):1-20.
- Bolwig, S.; Mushabe, D.; Nkuutu, D.; Pomeroy, D. and Tushabe, H. 2004. Biodiversity in Uganda's Farming Systems in Relation to Agricultural Intensification. Makerere University Institute of Environment and Natural Resources (MUIENR) PO. Box 7298, Kampala, Uganda. 105 p.
- Burnham, K. P. and Overton, W. S. 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *J. Ecol.* 60(5):927-936.
- Canfield, R. H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *J. Forest*. 39(4):388-394.
- Cárdenas, G.; Harvey, C. Ibrahim, M. y Finegan, B. 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10:(39-40):78-85.
- Carrascal, L. M. 1987. Relación entre avifauna y estructura de la vegetación en las repoblaciones de coníferas de Tenerife (Islas Canarias). *Ardeola*. 34(2):193-224.

- Carrascal, L. M. y Tellería, J. L. 1985. Estudio multidimensional del uso de espacio en un grupo de aves insectívoras forestales durante el invierno. *Ardeola*. 32(1):95-113.
- Carrascal, L. M.; Palomino D. y Lobo, J. M. 2002. Patrones de preferencias de hábitat y de distribución y abundancia invernal de aves en el centro de España. Análisis y predicción del efecto de factores ecológicos. *Animal Biodiversity and Conservation*. 25(1):7-40.
- Chao, A.; Chazdon, R. L.; Colwell, R. K. and Shen, T. J. 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecol. Letters*. 8(2):148-159.
- Cochran, W. G. 1977. *Sampling techniques*. John Wiley and Sons, Nueva York, USA. 448 p.
- Colwell, R. K. 2009. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2.0. Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut. Connecticut, USA. User's guide and application. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Cottam, G. and Curtis, J. T. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*. 37(3):451-460.
- Cueto, V. R. y López de Casenave, J. 1999. Determinants of bird species richness: role of climate and vegetation structure at a regional scale. *J. Biog.* 26(3):487-492.
- Curts, J. 1993. Análisis exploratorio de datos. In: Salas, P. M. A. y Trejo, C. O. (Eds.) *Las aves de la Sierra Purépecha del estado de Michoacán*. SARH, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigación Pacífico Centro. Boletín divulgativo núm. 79, Coyoacán, D. F., México. 1-14 pp.
- Emlen, J. T. 1977. Estimating breeding season bird densities from transect count. *The Auk*. 94:455-468.
- Enríquez-Lenis, M. L.; Sáenz, J. C. e Ibrahim, M. 2007. Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje dominado por la ganadería en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 45:49-57.
- Figueroa-Sandoval, B. 1983. La investigación en labranza en México. *Terra*. 1:37-43.
- Herrera, C. M. 1985. Determinants of plant-animal coevolution: the case of mutualistic dispersal of seeds by vertebrates. *Oikos*. 44(1):132-141.
- JMP IN 8.0.2. 2009. *Statistics for the Apple MacIntosh. Statistics and Graphics Guide, Version 8.0.2*. Academic SAS Institute Inc. Cary, Carolina del Norte, USA.
- Ibarra, A. C.; Arriaga-Weiss, S. y Estrada, A. 2001. Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 17(34):101-112.
- Kaufman, L. and Rousseeuw, P. J. 2009. *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis*. Wiley Series in Probability and Statistics, Nueva York, USA. 368 p.
- Lantschner, M. V. y Rusch, V. 2007. Impacto de diferentes disturbios antrópicos sobre las comunidades de aves de bosques y matorrales de *Nothofagus antarctica* en el No Patagónico. *Ecol. Austral*. 17:99-112.
- López-DeCasenave J.; Pellot, J. P.; Caziani, S. M.; Mermoz, M. an Protomastro, J. 1998. Responses of avian assemblages to a natural edge in a chaco semiarid forest in Argentina. *The Auk*. 115(2):425-435.
- Luna-Cavazos, M.; Romero-Manzanares, A. y García-Moya, E. 2007. Distribución geográfica y ecológica de papas silvestres (*Solanum l.*), del altiplano potosino-zacatecano, México. *Rev. Chapingo Ser. Hortic*. 13(1):35-41.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Nueva Jersey, USA. 179 p.

- Masera, O. R. 2001. Deforestación y degradación forestal en México. Departamento de Ecología Campus Morelia. Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, México. 13 p.
- McCullagh, P. and Nelder, J. A. 1989. Generalized linear models. Second (Ed.). Chapman and Hall, Londres. 256 p.
- Microsoft Excel. 2003. Excel. Microsoft Office for Windows.
- Minitab 15.1.20. 2007. Minitab, Inc.
- Molinero, L. M. 2003a. Análisis de la varianza. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga española para la lucha contra la hipertensión arterial. Madrid, España. 5 p.
- Molinero, L. M. 2003b. Análisis de tablas de contingencia de más de dos variables cualitativas. Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la lucha contra la Hipertensión Arterial. Madrid, España. 9 p.
- Navarro, B. A.; Figueroa, S. B.; Martínez, M. M.; González, C. F. y Osuna, C. E. S. 2008. Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Agric. Téc. Méx.* 34(2):151-158.
- Navarro, B. A.; Figueroa, S. B.; Ordaz, CH. V. M. y González, C. F. V. 2000. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y desarrollo de maíz y frijol. *Terra.* 18(1):61-69.
- Navarro, S. A. G. y Benítez, D. 1993. Patrones de riqueza y endemismos de las aves. *In: Flores, V. O. y Navarro, A. S. (Eds.). Biología y problemática de los vertebrados en México. Ciencias.* 7:45-53.
- Oosting, H. J. 1956. The study of plant communities. Freeman, San Francisco, USA. 185 p.
- Pompa-García, M. 2008. Distribución especial de la pérdida de vegetación en ecosistemas áridos de México. *MES.* 3(3):13-22.
- Preston, F.W. 1948. The commonness, and rarity, of species. *Ecology.* 29(3):254-283.
- R 2.12.1. 2010. The R foundation for statistical computing version 2.11.0. (2010-03-15). ISBN 3-900051-07-0.
- Ralph, C. J.; Geupel, G. R.; Pyle, P.; Martín, T. E.; DeSante, D. F. y Milá, B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Department of Agriculture and Forest Service, USA. 46 p.
- Ramírez-Albores, J. E. 2010. Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Rev. Biol. Trop.* 58(1):511-528.
- Rappole, J. H.; Morton, E. S.; Lovejoy, T. E. y Ruos, J. L. 1993. Aves migratorias Neárticas en los Neotropicos. Ed. Conservation and research. Center National Zoological Park, Smithsonian Institution. Virginia, USA. 341 p.
- Remsen, J. V. Jr. and Robinson, S. K. 1990. A classification scheme for foraging behavior of birds in terrestrial habitats. *Studies in Avian Biology.* 13:144-160.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México, Distrito Federal. 432 p.
- Salinas, L., C. Arana y V. Pulido. 2007. Diversidad, abundancia y conservación de aves en un agroecosistema del desierto de Ica, Perú. *Rev. Peruana de Biología.* 13(3):155-167.
- Sánchez, O. y López, G. 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. *Folia Entomológica Mexicana.* 75:119-145.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana 059. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF. 78 p.
- Tramer, E. J. 1969. Bird species diversity: components of Shannon's formula. *Ecology.* 50(5):927-929.
- Ugalde, L. S.; Valdez, H. J. I.; Ramírez, V. G.; Alcántara, C. J. L. y Velázquez, M. Y J. 2009. Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y Bosques.* 15(1):5-26.