

ARTÍCULO ORIGINAL

Patrones de riqueza y diversidad de aves en áreas verdes del centro urbano de San Salvador, El Salvador

Richness and diversity patterns of birds in urban green areas in the center of San Salvador, El Salvador

Gabriel L. Vides-Hernández¹, Maryory A. Velado-Cano¹, José D. Pablo-Cea^{1*}, Víctor D. Carmona-Galindo²

Resumen

La creciente urbanización ha propiciado que los ecosistemas naturales sean constantemente sustituidos por paisajes urbanos, proceso muy notorio en El Salvador, debido a su pequeña extensión territorial (21.041 km^2) y su alta densidad poblacional (291 hab/km^2). Realizamos un inventario en 12 áreas verdes urbanas, con diferentes tamaños, formas y distancia con respecto al área boscosa más grande de la zona metropolitana, basados en la teoría de biogeografía de islas de McArthur y Wilson (1967). Evaluamos si la riqueza, diversidad y equitatividad de aves se relacionaba con el tamaño y la distancia de las áreas verdes y si la forma de las mismas tenía algún efecto sobre la riqueza de aves. Registramos un total de 20 especies de aves y las clasificamos según su dieta (generalista y especialista). Observamos que la distancia no influyó en la riqueza de aves y que no hubo interacción entre las variables tamaño y distancia, pero que sí influyó el tamaño del área verde. La riqueza de aves con dieta restringida incremento en las áreas verdes más circulares que en las de forma más irregular. Concluimos que en el centro urbano de San Salvador, la presencia de áreas verdes grandes y circulares aporta más a la riqueza de aves de dieta especialista, que áreas de similar tamaño pero de forma irregular. Sin embargo, áreas pequeñas aportan más a la riqueza de aves que poseen esa dieta, si su forma es más circular.

Palabras clave: Avifauna, biogeografía de islas, ecología urbana, fragmentación.

Abstract

Increasing urbanization has led to natural ecosystems being constantly replaced by an urban landscape, a process that is very noticeable in El Salvador, due to its small territorial extension (21.041 km^2) and high population density (291 hab/km^2). We performed an inventory in 12 urban green areas, with different sizes, shape and distances from the largest forest area in the metropolitan zone, based on the McArthur and Wilson's (1967) island biogeography theory. We evaluated if the richness, diversity and equitability of birds were related to the size and distance of the green areas and if their shape had any effect on the richness of birds. We observed a total of 20 bird species and we classified them according to their diet (generalist and specialist). We observed that the distance did not influence the bird richness and that there was no interaction between size and distance variables, but the size of the green area did influence. The richness of birds with specialist diet increased in the more circular green areas than in the irregular ones. We conclude that in the urban center of San Salvador, the presence of large and circular green areas contributes more to the specialist diet birds' richness, than areas of similar size but of irregular shape. However, small areas contribute more to the specialist diet birds' richness, if its shape is more circular.

Keywords: Avifauna, fragmentation, island biogeography, urban ecology.

Recibido: 25 de julio de 2016. **Aceptado:** 29 de junio de 2017

Editora asociada: Iriana Leticia Zuria Jordan

Introducción

El creciente desarrollo humano ha propiciado que el ecosistema natural sea paulatinamente sustituido por un paisaje urbano (Bolund y Hunhammar 1999), el cual origina un mosaico de parches

de vegetación pequeños y aislados inmersos en una matriz de estructuras antropogénicas (Niemelä 1999). La urbanización tiene diversas consecuencias en la biodiversidad (Farinha-Marques et al. 2011), por lo tanto los ecólogos se han interesado en el estudio del comportamiento de la diversidad biológica en áreas urbanas (e.g. Niemelä 1999, Farinha-Marques et al. 2011, Fontana et al. 2011, Nielsen et al. 2013) y han utilizado los parches de vegetación inmersos en los paisajes urbanos para estimar la diversidad de organismos que los utilizan (Bolund y Hunhammar 1999). Es-

¹ Escuela de Biología, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. *Correo electrónico: pcea_coleoptera@hotmail.com

² Biology Department, Loyola Marymount University, Los Angeles, California, EEUU.

tas áreas verdes urbanas son muy importantes porque ayudan a mantener una riqueza de especies de diversos grupos de flora y fauna (Bolund y Hunhammar 1999, Knapp *et al.* 2008, Nielsen *et al.* 2013, incluidas las aves, cuyo comportamiento en parques urbanos ha sido documentado por diferentes autores en América (Atchison y Rodewald 2006, Barbosa *et al.* 2011, Carbó-Ramírez y Zuria 2011, Oliver *et al.* 2011, Pineda-López *et al.* 2013, Strohbach *et al.* 2013). Este grupo de vertebrados ha sido utilizado como indicador de calidad ambiental y se le considera un modelo óptimo para estudiar los efectos ecológicos de la urbanización debido a sus características que lo posicionan como el grupo que principalmente se utiliza en estudios de ecología urbana (Park y Lee 2000, Savard *et al.* 2000, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009, Fontana *et al.* 2011, MacGregor-Fors y Ortega-Álvarez 2011, Oliver *et al.* 2011, Nielsen *et al.* 2013).

En El Salvador, país con una cobertura boscosa baja (menos del 2% de la cobertura boscosa original), los paisajes urbanos y agrícolas son predominantes (Dull 2008) y la mayoría de estudios con aves se han limitado a inventarios de especies (Komar e Ibarra 2009, Ibarra 2013). Los estudios que describen la ecología de aves en el país son escasos (Komar 2008, Pineda *et al.* 2008) y aún se desconoce la distribución de éstas en un paisaje urbano. El objetivo de esta investigación fue estimar la riqueza, equitatividad y diversidad de las especies de aves que usan 12 áreas verdes del centro urbano de San Salvador y relacionar dichas estimaciones con el tamaño, distancia del área verde de mayor tamaño dentro del centro urbano de San Salvador y la forma del área, basados en principio en lo establecido por MacArthur y Wilson (1967) en su teoría de biogeografía de islas. Se probaron las siguientes hipótesis: (1) la riqueza, equitatividad y diversidad de especies de aves

variaría respecto al tamaño y distancia del área verde de mayor tamaño en el centro urbano de San Salvador y (2) la riqueza de aves variaría de acuerdo con la forma del área verde.

Métodos

Área de estudio

Realizamos el estudio en el centro urbano de San Salvador ($13^{\circ}41'24''N$ y $89^{\circ}11'24''O$), el cual representa el 3% del territorio nacional (73 km^2 de superficie aproximadamente). Este centro urbano alberga 32% de la población total de El Salvador (6.3 millones de habitantes) y es la ciudad más densamente poblada del país (4,375 habitantes/km²) (Hecht *et al.* 2006).

Selección de las áreas verdes

Realizamos una búsqueda de áreas verdes (AV) en el centro urbano de San Salvador utilizando el servicio de imágenes del planeta Google Earth™. Evaluamos 33 AV, de las cuales promediamos el tamaño (3.89 ha) y la distancia (4.10 km) con respecto al Área Natural Protegida (ANP) El Espino-Parque Los Pericos (90.1 ha), área que tomamos como referencia, ya que es la más grande en la zona metropolitana, posee una considerable riqueza de aves (106 especies, según Andino y Galán 2011) y es uno de los últimos remanentes de la Cordillera del Balsamo. Ésta era una franja boscosa que partía desde el departamento de Sonsonate hasta el departamento de La Libertad

Cuadro 1. Características físicas de las 12 áreas verdes (AV) seleccionadas en el centro urbano de Salvador. GC: grande cercana, GL: grande lejana, PC: pequeña cercana y PL: pequeña lejana.

Nombre del área verde	Área (Ha)	Distancia (Km)	Categoría	Forma (\$)
Universidad Centroamericana	19.40	2.1	GC	1.38
Parque Alejandría	5.27	2.45	GC	2.08
Parque Maquilishuat	5.00	1.71	GC	1.36
Universidad de El Salvador	41.97	6.33	GL	1.17
Parque Cuscatlán	7.09	5.18	GL	1.16
Parque Infantil	4.42	6.656	GL	1.14
Plaza del Soldado	0.99	1.63	PC	2.00
Plaza Beethoven	0.81	2.6	PC	1.51
Parque Los Elíseos	0.46	3.72	PC	1.51
Parque Satélite	2.26	5.5	PL	1.77
Parque Miramonte	1.59	4.67	PL	1.22
Parque El Roble	0.81	5.7	PL	1.02

en los límites con San Salvador y que paulatinamente ha sido sustituida por cafetales, urbanizaciones y centros comerciales.

Seleccionamos 12 AV a partir de los promedios obtenidos y las clasificamos de acuerdo con dos criterios: tamaño (grande: mayor a 3.89 ha; o pequeña: menor a 3.89 Ha) y distancia (cercana: menor a 4.10 km del ANP El Espino-Parque Los Pericos o lejana: mayor a 4.10 km del ANP El Espino-Parque Los Pericos) (Cuadro 1, Figura 1).

Conteos de aves y hábitos alimentarios

Realizamos un inventario de aves del 19 al 26 de noviembre de 2012 entre las 06:00-10:30 h y 16:30-18:00 h; visitamos cada área en la mañana y tarde del mismo día. El método empleado fue búsqueda intensiva (Ralph et al. 1996). Contabilizamos sólo a los individuos y especies en cada área verde por un periodo de 30 minutos. Posteriormente separamos las especies observadas en dos categorías de acuerdo con su dieta: generalista (más de un tipo de alimento consumido) y especialista (un solo tipo de alimento consumido), basados en la información de la biología alimentaria de cada especie (Stiles

y Skutch 2003). La diferencia entre la riqueza de aves generalistas y especialistas, la evaluamos a través de una prueba-T utilizando Statistica v6.0 (StatSoft, Inc. 2007).

Estimación de la riqueza de especies

La riqueza de especies la determinamos para todas las AV de la misma categoría (grande, pequeña, cercana y lejana). Los datos de campo con respecto a riqueza las utilizamos para generar cinco estimadores de riqueza (ACE, ICE, CHAO 1, Bootstrap y Jackknife) con EstimateS v8.2.0 (Colwell 2013). Los valores mínimos y máximos de cada estimador de riqueza los utilizamos para obtener el porcentaje de representación de la diversidad para cada una de las categorías de AV.

Tamaño de las áreas verdes y distancia con respecto al ANP El Espino-Parque Los Pericos

Previo al análisis de varianza realizamos una prueba de Shapiro-Wilks para verificar la distribución normal de los datos de



Figura 1. Distribución de las 12 áreas verdes en la zona urbana de San Salvador; ANP EE-PLP= Área Natural Protegida El Espino-Parque Los Pericos, GC=grande cercana, GL=grande lejana, PC=pequeña cercana y PL=pequeña lejana.

Cuadro 2. Especies de aves observadas y número de individuos en las 12 áreas verdes (AV) en el centro urbano de San Salvador. GC: grande cercana, GL: grande lejana, PC: pequeña cercana y PL: pequeña lejana. Die: dieta, E: especialista, G: generalista. Est: estacionalidad, R: residente, M: migratoria, RM: residente y migratoria. Con: estado de conservación, NA: no amenazada, A: amenazada.

Orden	Familia	Especie	Die	Est	Con	Categoría AV urbanas				
						GC	GL	PC	PL	Total
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	E	R	NA	0	1	0	7	8
		<i>Columbina talpacoti</i>	E	R	NA	7	1	0	10	18
		<i>Zenaida asiatica</i>	E	RM	NA	16	23	5	15	59
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	E	R	NA	2	10	0	0	12
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	G	RM	NA	0	3	0	1	4
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo plagiatus</i>	E	R	NA	1	1	0	0	2
Coraciiformes	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	G	R	NA	8	3	0	4	15
		<i>Momotus lessonii</i>	G	R	NA	3	4	2	0	9
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	G	R	NA	0	5	1	0	6
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Brotogeris jugularis</i>	E	R	A	10	3	4	3	20
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	G	R	NA	2	18	0	0	20
	Corvidae	<i>Calocitta formosa</i>	G	R	NA	1	5	0	0	6
	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	E	R	NA	19	17	0	0	36
Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	G	R	NA	21	33	7	26	87	
	Parulidae	<i>Setophaga ruticilla</i>	E	M	NA	0	15	0	0	15
		<i>Setophaga petechia</i>	E	M	NA	0	4	0	12	16
Thraupidae	<i>Saltator coerulescens</i>	G	R	NA	5	0	0	0	5	
Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	G	M	NA	0	1	0	0	1	
Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	G	R	NA	12	9	0	0	21	
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	G	R	NA	24	36	17	6	83	
						131	192	36	84	443

riqueza de aves. La riqueza observada de aves con respecto a las variables: tamaño y distancia las analizamos mediante un Análisis de Varianza (ANOVA), utilizamos Statistica v6.0 (StatSoft, Inc. 2007).

La riqueza y abundancia de especies para cada área verde las utilizamos para generar curvas de rarefacción del índice de Shanon-Wiener (H), mediante el programa EstimateS v8.2.0 (Colwell 2013). Para comparar los valores H, con base en un mismo número de individuos, efectuamos modelos para la curva de rarefacción de cada AV para obtener valores H comparativos con base en 32 individuos. El

índice de equitatividad lo calculamos utilizando la fórmula (1).

$$E_H = \frac{H}{\ln(S)} \quad (1)$$

Donde H es el índice de Shanon-Wiener y S la riqueza de aves que observamos en cada AV. Realizamos una prueba de Chi-cuadrada (χ^2) para conocer la homogeneidad de la diversidad y equitatividad con respecto a tamaño y distancia.

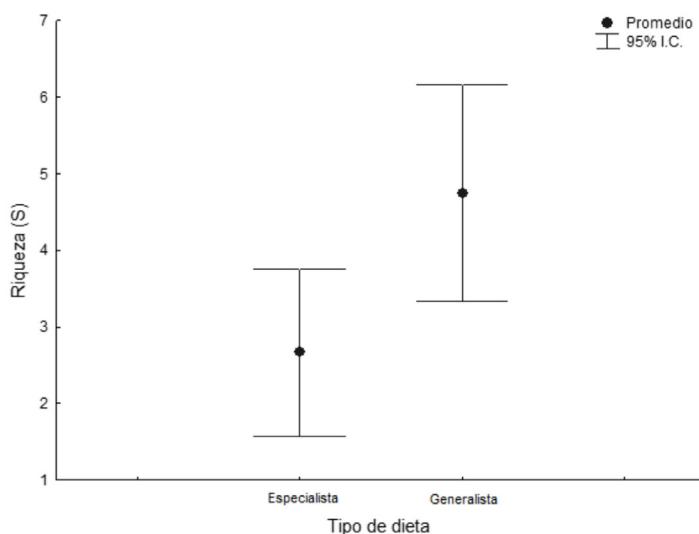


Figura 2. Riqueza de especies de aves en relación con su dieta alimenticia: generalista (más de un hábito alimentario) y especialista (un hábito alimentario).

Forma de las áreas verdes y dieta

Para analizar la forma de las AV utilizamos la fórmula (2) propuesta por Bowen y Burgess (1981).

$$S = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (2)$$

Donde P es el perímetro del área, A es su área y el valor $S=1$ pertenece a una forma circular, que aumenta en valor cuando la forma se desvía de circular a irregular. La relación entre la forma de los parches de cada área verde y la riqueza de aves por hábito alimentario (especialista y generalista) la obtuvimos mediante la prueba del coeficiente de correlación de Pearson (r) utilizando Statistica v6.0. (StatSoft, Inc. 2007).

Resultados

Obtuvimos un total de 443 registros e identificamos 8 órdenes de aves, donde las Passeriformes (215 registros) fueron las más

abundantes, después las Columbiformes (85 registros) y las Coraciiformes (24 registros). Observamos 15 familias y 20 especies de aves, tres de las cuales fueron migratorias: *Setophaga petechia*, *S. ruticilla* y *Piranga rubra* (Ibarra 2013) y una de ellas se considera amenazada en el país: *Brotogeris jugularis* (MARN 2009). En las AV grandes cercanas observamos 14 especies y 131 individuos, donde *Quiscalus mexicanus* (18%), *Turdus grayi* (16%) y *Campylorhynchus rufinucha* (15%) fueron las especies con mayor abundancia relativa. En las AV grandes lejanas registramos 18 especies y 192 individuos, donde *Q. mexicanus* (19%), *Turdus grayi* (17%) y *Zenaida asiatica* (12%) fueron las especies con mayor abundancia relativa. En las AV pequeñas cercanas pudimos observar 6 especies y 36 individuos, donde *Q. mexicanus* (47%) fue la especie con mayor abundancia relativa. En las AV pequeña lejanas observamos 9 especies y 84 individuos, donde *Turdus grayi* (26%) fue la especie con mayor abundancia relativa. Las especies generalistas *T. grayi* y *Q. mexicanus* constituyeron las especies más abundantes, junto a *Zenaida asiatica* y *Brotogeris jugularis* que fueron las únicas especies que encontramos en los cuatro tipos de sitios categorizados.

Con base en la información obtenida sobre la biología alimentaria (Stiles y Skutch 2003), 11 especies fueron categorizadas como generalistas y nueve como especialistas (especies granívoras, insectívoras, por ejemplo). En promedio, en cada AV, las aves generalistas presentaron mayor riqueza que las de dieta especialista ($t=210.66$ $P<0.05$, Cuadro 2, Figura 2). El esfuerzo de muestreo que empleamos en cada área verde capturó entre el 75 y 86% de las especies estimadas para cada sitio (Cuadro 3).

La riqueza de aves que observamos presentó una distribución normal ($W=0.94$, $P=0.18$ y hubo diferencias con respecto al tamaño del AV; en AV más grandes la riqueza de especies de aves se incrementó ($F=13.61$, $P=0.006$, $gl= 1,8$) (Figura 3). No hubo diferencia significativa en la riqueza de aves con respecto a la distancia desde el AV al ANP El Espino-Parque Los Pericos ($F=1.51$, $P= 0.25$, $gl= 1,8$). La interacción entre las variables tamaño y distancia no explicó de manera

Cuadro 3. Riqueza de especies de aves observada y los rangos de riqueza estimada (con base en estimadores multivariados) en las áreas verdes por tamaño y distancia al área boscosa en la zona urbana de San Salvador.

Tamaño	Distancia	Riqueza Observada	Riqueza Estimada	Representación Estimada (%)
Grande	Cercana	14	14-20	82.4%
Grande	Lejana	18	19-23	85.7%
Pequeña	Cercana	6	6-10	75%
Pequeña	Lejana	9	9-13	81.8%

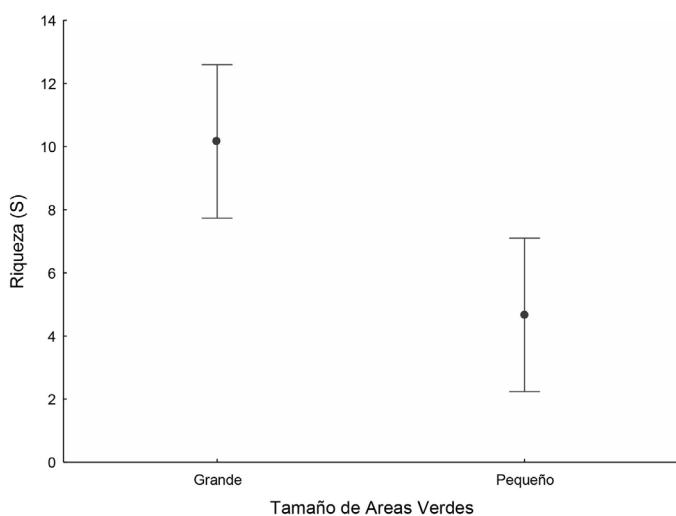


Figura 3. La riqueza de especies de aves en relación al tamaño de las 12 áreas verdes en el centro urbano de San Salvador: grande (>3.89 ha) y pequeño (<3.89 ha).

significativa la variación en la riqueza de aves que observamos en las AV ($F=0.11$, $P=0.75$, $gl= 1,8$). Las AV grandes presentaron los índices de diversidad más altos (con base en 32 individuos), independientemente de la distancia desde el ANP El Espino-Parque Los Pericos ($\chi^2=0.001$, $P=0.98$, Cuadro 4). Sin embargo, la equitatividad de especies fue similar en las cuatro categorías ($\chi^2=0.021$, $P=0.89$, Cuadro 4).

La riqueza total de aves ($r=-0.48$, $P>0.05$) y la riqueza de aves con dieta amplia ($r=-0.36$, $P>0.05$) no se correlacionaron significativamente con la forma de las AV. Sin embargo, la riqueza de aves con dieta especialista aumentó en las AV que presentaron una forma más circular y disminuyó a medida que la forma del área verde se hacía irregular ($r=-0.58$, $P<0.05$, Figura 4).

Discusión

Composición de especies

Turdus grayi, *Q. mexicanus*, *Z. asiatica* y en general la mayoría de especies que reportamos son fácilmente observadas en

Cuadro 4. Índices de diversidad (H) y equitatividad (J) de especies de aves, basadas en 32 individuos por medio de un submuestreo rarificado, en las cuatro categorías de área verde evaluadas.

Tamaño	Distancia	
	Cercana	Lejana
Grande	$H= 1.98$ ($J= 0.75$)	$H= 1.80$ ($J= 0.62$)
Pequeña	$H= 1.48$ ($J= 0.67$)	$H= 1.40$ ($J= 0.78$)

los sitios de estudio (Andino y Galán 2011). *Columbia livia* es también común en el centro urbano de San Salvador y se encuentra especialmente en zonas residenciales y plazas públicas concurridas por muchas personas, sitios que usualmente presentan una cobertura vegetal mínima y que son los hábitats preferidos de la especie (Rose *et al.* 2006, Pineda-López *et al.* 2013) donde les es fácil alimentarse (Almazán-Núñez y Hinterholzer-Rodríguez 2010). Dichos sitios no fueron considerados para este estudio, lo que podría explicar los pocos individuos que observamos de la especie.

Geografía ecológica

La riqueza, diversidad y equitatividad de aves de las AV del centro urbano no está siendo condicionada simplemente por las variables propuestas por la teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson (1967). La interacción entre el tamaño y la distancia de las 12 AV satelitales al área verde más grande de San Salvador, no explicó significativamente la variación observada en la riqueza, diversidad, y equitatividad de aves en el centro urbano. Se ha planteado que dicha teoría (MacArthur y Wilson 1967) falla al no evaluar factores como: el efecto de borde, el efecto de la matriz donde está inmerso el parche, la distancia del borde de la ciudad, la intensidad del paso de peatones, la intensidad del paso de automóviles, entre otros, que pueden en conjunto explicar de mejor forma la variación de la avifauna y de la biodiversidad en general, en centros urbanos (Laurance 2008, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009, Barbosa *et al.* 2011, MacGregor-Fors y Ortega-Álvarez 2011, Leveau 2013, Leveau y Leveau 2016).

En este estudio, notamos que el tamaño del área verde condiciona la riqueza y diversidad de las aves del área metropolitana, patrón que se ha observado en otras investigaciones (Park y Lee 2000, Suárez-Rubio y Thomlinson 2009, Fontana *et al.* 2011, Oliver *et al.* 2011, Strohbach *et al.* 2013) y que usualmente se relaciona con diversos factores, tales como el incremento en espacio y diversidad de hábitats disponibles y disminución del efecto de borde (Connor y McCoy 2001). Además el tamaño del área verde les permite evitar problemas de densidad poblacional (Hanski y Hanski 1999) y tener acceso a mayor cantidad y diversidad de recursos por individuo (Johnson 1975, Faeth y Kane 1978, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009, Fontana *et al.* 2011, Oliver *et al.* 2011).

La distancia al área natural más grande no influyó en la riqueza de aves, como ha sido observado en otros estudios (Turchi *et al.* 1995, Brotons y Herrando 2001); sin embargo, este patrón puede cambiar al considerar un tiempo mayor de

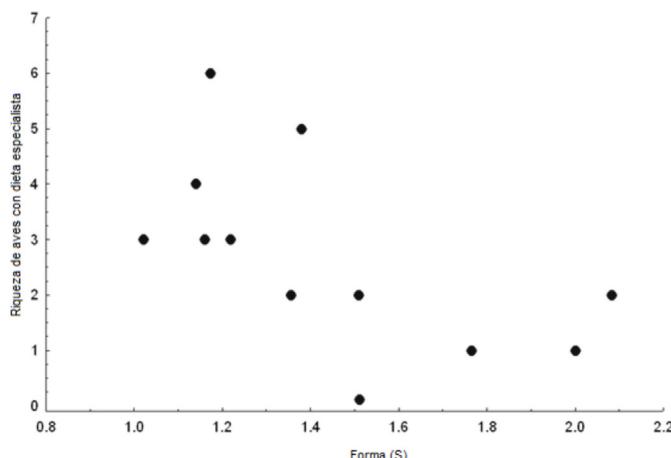


Figura 4. Correlación negativa entre la riqueza de aves con dieta restringida y la forma (S) de las áreas verdes ($r = -0.58$, $p < 0.05$). Entre menos circular o más irregular es la forma del área verde, más se desvía el valor de $S=1$ (el que representa un perfecto círculo geométrico).

observación. La similitud de riquezas en AV con diferentes distancias podría deberse a la categorización utilizada, ya que fue realizada bajo una medición de tipo estructural y no funcional (Calabrese y Fagan 2004), es decir, medimos esta variable únicamente con base en las características espaciales del área y no con base en la capacidad de movimiento de los organismos en estudio.

La homogeneidad detectada en la equitatividad de aves en las diferentes AV, en cuanto a tamaño y distancia, sugiere que los cambios detectados en la diversidad de aves (AV grandes) son a causa de cambios en la riqueza de aves y no por cambios en la abundancia relativa de las diferentes especies de aves (Carmona y Carmona 2013).

Forma del área verde

La riqueza de las aves no se relaciona con las formas de las AV, tampoco lo hizo la riqueza de aves generalistas. Sin embargo, detectamos que la riqueza de aves especialistas sí se relacionó con la forma de las AV. Las aves especialistas son más propensas a la urbanización y a las diferentes modificaciones que ésta conlleva, que especies con mayor plasticidad alimentaria (Marzluff et al. 1998, Fontana et al. 2011), y en el área urbana de San Salvador las AV con forma circular presentaron mayor riqueza que las AV con forma irregular. Un AV con forma irregular (menos redonda) tiene una mayor proporción perímetro-área (Didham y Ewers 2012) y una reducción en el área núcleo disponible para poblaciones de especies vulnerables a los efectos de borde (Connor y McCoy 2001, Ewers y Didham 2007). Es decir, la zona amortiguadora en AV de forma irregu-

lar, proporciona un menor hábitat donde las aves se pueden refugiar del ecotono que resulta de un borde con un hábitat urbano. Dentro del centro urbano de San Salvador, en condiciones óptimas, el establecimiento de áreas verdes grandes y circulares ayudaría más a la riqueza de aves, que áreas de similar tamaño irregulares. Sin embargo, basados en la alta densidad de la capital salvadoreña y el poco espacio disponible para el establecimiento de AV urbanas, al establecer AV de menor tamaño, éstas brindarían un mejor refugio para la avifauna especialista, si son diseñadas de forma circular. Este estudio se realizó en un tiempo limitado y las estimaciones podrían variar si el estudio se realizara en un ciclo anual de muestreo, al incluir variables como la estacionalidad, especies migratorias, entre otras. Sugerimos continuar con estudios más extensos en el área de estudio.

Agradecimientos

A Nohemy Ventura y Martín Guerra de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, por el apoyo logístico brindado. A la Loyola Marymount University (EEUU) por la donación de los equipos utilizados en este estudio. A Abizai Chinchilla por sus comentarios y a los revisores anónimos de la revista por sus valiosas observaciones que mejoraron significativamente el manuscrito original. V. Carmona-Galindo fue apoyado por una beca del programa Fulbright Scholars administrado por el Council for International Exchange of Scholars, una división del Institute of International Education (EEUU).

Literatura citada

- Almazán-Núñez, R.C. y A. Hinterholzer-Rodríguez. 2010. Dinámica temporal de la avifauna en un parque urbano de la ciudad de Puebla, México. *Huitzil* 11(1): 26-34.
- Andino, L.A. y A.V. Galán. 2011. Inventario de Aves Área Natural Protegida El Espino – Bosque Los Pericos - Parque del Bicentenario. Disponible en: http://www.salvanatura.org/wp-content/uploads/2015/08/INVENTARIOS-AVES_PDB_MLQ-2012.pdf (consultado el 3 de febrero de 2017).
- Atchison, K.A. y A.D. Rodewald. 2006. The value of urban forests to wintering birds. *Natural Areas Journal* 26:280-288.
- Barbosa, M.C., R.J. Donatelli y G.T. Batista. 2011. Relation between green spaces and bird community structure in an urban area in Southeast Brazil. *Urban Ecosystems* 15:111-131.

- Bolund, P. y S. Hunhammar. 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* 29(2):293-301.
- Bowen, G.W. y R.L. Burgess. 1981. Quantitative analysis of forest island pattern in selected Ohio landscapes. Oak Ridge National Laboratory, Environmental Science Division Publication No. 1719. Oak Ridge Tennessee,
- Brotons, L. y S. Herrando. 2001. Factors affecting bird communities in fragments of secondary pine forests in the northwestern Mediterranean basin. *Acta Oecologica* 22(1):21-31.
- Carbó-Ramírez P. y I. Zuria. 2011. The value of small urban green spaces for birds in a Mexican city. *Landscape and Urban Planning* 100:213-222.
- Calabrese, J.M. y W.F. Fagan. 2004. A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(10):529-536.
- Carmona, V.D. y T.V. Carmona. 2013. La Diversidad de los análisis de diversidad [The Diversity of Diversity Analyses]. *Bioma* 14:20-28.
- Colwell, R.K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's Guide and application. Published at: <http://purl.oclc.org/estimates> (consultado el 1 de marzo de 2016).
- Connor, E.F. y E.D. McCoy. 2001. Species-area relationships. Pp 397-411. En: Simon A. Levin (ed.) *Encyclopedia of biodiversity* 5. Academic Press, San Diego, United States of America.
- Didham, R.K. y R.M. Ewers. 2012. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats: Laurance and Yensen's core area model revisited. *Biological Conservation* 155:104-110.
- Dull, R.A. 2008. Unpacking El Salvador's ecological predicament: Theoretical templates and "long-view" ecologies. *Global Environmental Change* 18:319-329.
- Ewers, R.M. y R.K. Didham. 2007. The effect of fragment shape and species' sensitivity to habitat edges on animal population size. *Conservation Biology* 21:926-936.
- Faeth, S. y T. Kane. 1978. Urban biogeography. *Oecologia* 32(1):127-133.
- Farinha-Marques, P., J.M. Lameiras, C. Fernandes, S. Silva y F. Guiherme. 2011. Urban biodiversity: a review of current concepts and contributions to multidisciplinary approaches. *European Journal of Social Sciences Research* 24:247-271.
- Fontana, S., T. Sattler, F. Bontadina y M. Moretti. 2011. How to manage the urban green to improve bird diversity and community structure. *Landscape and Urban Planning* 101:278-285.
- Hanski, I., y I. A. Hanski. 1999. *Metapopulation Ecology*, vol. 232. Oxford: Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Hecht, S.B., S. Kandel, I. Gomes, N. Cuéllar y H. Rosa. 2006. Globalization, Forest Resurgence, and Environmental Politics in El Salvador. *World Development* 34(2):308-323.
- Ibarra R. 2013. Aves de El Salvador: estado actual del conocimiento e iniciativas de conservación. *Bioma* 1(9):12-91.
- Johnson, N.K. 1975. Controls of Number of Bird Species on Montane Islands in the Great Basin. *Evolution* 29(3):545-567.
- Knapp, S., I. Kühn, V. Mosbrugger y S. Klotz. 2008. Do protected areas in urban and rural landscapes differ in species diversity? *Biodiversity Conservation* 17(7):1595-1612.
- Komar, O. 2008. Estudio invernal del Chipe Cachetidorado (*Dendroica chrysoparia*). *Aratinga* 1(1):8.
- Komar, O. y R. Ibarra. 2009. El Salvador. Pp. 197-204. En C. Devenish, D.F. Díaz, R.P. Fernández, J. Clay, Davidson y I. Yépez Zabala. *Important Bird Areas Americas-Priority sites for biodiversity conservation*. Quito, Ecuador. Birdlife International (Birdlife Conservation Series No. 16).
- Laurance, W.F. 2008. Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation* 141:1731-1744.
- Leveau, L.M. 2013. Relaciones aves-hábitat en el sector suburbano de Mar del Plata, Argentina. *Ornitol Neotrop* 24:201-212.
- Leveau, L.M. y C.M. Leveau. 2016. Does urbanization affect the seasonal dynamics of bird communities in urban parks? *Urban Ecosystems* 19:63.
- MacArthur, R.H. y E.O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press. Princeton, N.J.
- MacGregor-Fors, I. y R. Ortega-Álvarez. 2011. Fading from the forest: bird community shifts related to urban park site-specific and landscape traits. *Urban Forestry & Urban Greening* 10:239-246.
- MARN. 2009. Acuerdo No. 36. Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas o En Peligro de extinción. Diario Oficial, Tomo No. 383, No. 103. Marzluff, J.M., F.R. Gelbach y D.A. Manuwal. 1998. Urban Environments: Influences on avifauna and challenges for the avian conservationist. Pp. 283-299. En: J.M. Marzluff y R. Sallabanks (eds.) *Avian Conservation. Research and management*. Island Press. United States of America. 564 p.
- Nielsen, A.B., M. van den Bosch, S. Maruthaveeran y C. Konijnenberg. 2013. Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence. *Urban Ecosystems* 17:305.
- Niemelä, J. 1999. Is there a need for a theory of urban ecology? *Urban Ecosystems* 3(1):57-65.

- Ortega-Álvarez, R. y I. MacGregor-Fors. 2009. Living in the big city: Effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape and Urban Planning* 90:189-195.
- Oliver, A.J., C. Hong-Wa, J. Devonshire, K.R. Olea, G.F. Rivas y M.K. Gahl. 2011. Avifauna richness enhanced in large, isolated urban parks. *Landscape and Urban Planning* 102(4):215-225.
- Park, C. y Lee, W. 2000. Relationship between species composition and area in breeding birds of urban woods in Seoul, Korea. *Landscape and Urban Planning* 51:29-36.
- Pineda L., N. Herrera y R. Ibarra. 2008. Contribuciones a la biología reproductiva de la pava negra (*Penelope nigra*) en El Salvador. *Zelidonia* 12(1):20-24.
- Pineda-López, R., A. Malagamba, I. Arce, J.A. Ojeda. 2013. Detección de aves exóticas en parques urbanos del centro de México. *Huitzil* 14(1):56-67.
- Rose, E., P. Nagel y D. Haag-Wackernagel. 2006. Spatiotemporal use of the urban habitat by feral pigeons (*Columba livia*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 60:242-254.
- Savard, J.P., P. Clergeau, G. Mennechez. 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning* 48:131-142.
- StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. Disponible en: www.statsoft.com (consultado el 16 de febrero de 2016).
- Stiles, G. y A.F. Skutch. 2003. Guía de Aves de Costa Rica. 3a ed., INBio, Costa Rica.
- Strohbach, M.W., S.B. Lerman y P.S. Warren. 2013. Are small greening areas enhancing bird diversity? Insights from community-driven greening projects in Boston. *Landscape and Urban Planning* 114:69-79.
- Suárez-Rubio, M. y J.R. Thomlinson. 2009. Landscape and patch-level factors influence bird communities in an urbanized tropical island. *Biological Conservation* 142:1311-1321.
- Turchi, G.M., Kennedy, P.L., Urban, D. y Hein, D. 1995. Bird Species Richness in Relation to Isolation of Aspen Habitats. *The Wilson Bulletin* 107(3):463-474.



Sociedad para el Estudio y Conservación
de las Aves en México, A.C.