



El Colegio de la Frontera Sur

Riqueza y abundancia de aves en áreas verdes de la
ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural
Con Orientación en Manejo y Conservación de los Recursos Naturales

Por

Ana Patricia Medrano Guzmán

2017



El Colegio de la Frontera Sur

_____, ____ de _____ de 2017.

Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de:

Ana Patricia Medrano Guzmán

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada

Riqueza y abundancia de aves en áreas verdes de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas,
Chiapas, México

para obtener el grado de **Maestro (a) en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

	Nombre	Firma
Director/a	<u>Dra. Paula L. Enríquez Rocha</u>	
Asesor/a	<u>Dra. Iriana L. Zuria Jordan</u>	
Asesor/a	<u>M. en C. Jorge Castellanos Albores</u>	
Sinodal adicional	<u>Dr. Luis-Bernardo Vázquez Hernández</u>	
Sinodal adicional	<u>M. en C. José Raúl Vázquez</u>	
Sinodal suplente	<u>Dr. Eduardo J. Naranjo Piñera</u>	

Dedicatoria

A mis padres, Ana y Felipe, por ser una fuente de inspiración a lo largo de toda mi vida
y por enseñarme las maravillas de la ciencia desde pequeña

A mis abuelos, Leonor, Daniel, Adelaida y Alejandro, aunque ya no están en este
mundo, sé que estarían orgullosos

A mis tías y tío, Martha, Silvia, Antonia, Rosario, Gilda, Nuria y Daniel, por apoyarme y
darme ánimos

A mis hermanos, Carlos, Raquel y Mariana por inspirarme cada día a buscar más allá

A Laura por estar conmigo en las buenas y malas de manera incondicional

A la ciudad de San Cristóbal de Las Casas
por su hospitalidad y belleza
a pesar de los retos encontrados en algunas zonas

y más que nada

A las aves de San Cristóbal por ser tan hermosas y únicas

"El amor por todas las criaturas vivientes es el más noble atributo del hombre"
–Charles Darwin

Agradecimientos

A mi comité de tesis: Dra. Paula Enríquez, M. en C. Jorge Castellanos y Dra. Iriana Zuria, por apoyarme con sus valiosos comentarios y guiarme a lo largo de este proceso. A mis sinodales: Dr. Eduardo Naranjo, Dr. Luis-Bernardo Vázquez y M. en C. José Raúl Vázquez Pérez por las sugerencias para mejorar este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada (No. 402055) para realizar mis estudios de maestría en El Colegio de la Frontera Sur. A Pronatura Sur A.C. en la Reserva Ecológica Moxviquil por permitirme realizar el trabajo de campo. A La Albarrada y Museo Na Bolom igualmente por los permisos otorgados para los muestreos dentro de sus instalaciones.

A Miguel Martínez Icó por apoyarme con sus conocimientos sobre la vegetación local. Al LAIGE por proporcionarme las imágenes de satélite. Al Dr. Alberto Macías Duarte de la Universidad Estatal de Sonora por sus valiosas aportaciones para los análisis realizados en esta tesis. A Selene Espinosa, Pedro Ramírez, Ghelen Mera y José Raúl Vázquez por acompañarme durante el trabajo de campo, ayudarme con el proceso de identificación y las buenas charlas.

A los grandes amigos que hice durante la maestría: Lidia García, Yuriana Martínez, Avril Figueroa, Cindy Livier, Paola Torres, Manuel Camaras, Martha Rodríguez, Jorge Hidalgo, Ricardo Morales y Ceci Iuit. A doña Carmelita, Don Jorge, Elenita y Paty por abrirme las puertas de su casa durante mi estancia en San Cristóbal.

A mis amigos incondicionales fuera de ECOSUR: Elena Lerma, Elena Rodríguez, Javier Carrizoza, Edgar Vidrio, Leticia Valenzuela, Liliana Flores, Claudio Monge, Patty Souza, Lissette Gallo, Daniela Bernardo, Marjanah Medina y Alejandra Saucedo.

Tabla de contenido

Resumen general	6
Capítulo 1. Introducción	7
Metodología.....	13
Análisis de datos	15
Capítulo 2. Riqueza y abundancia de aves en áreas verdes de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.....	18
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIONES	40
AGRADECIMIENTOS.....	40
REFERENCIAS	40
TABLAS.....	46
FIGURAS	49
Capítulo 3. Discusiones y conclusiones generales	53
Recomendaciones para el estudio y la conservación de la riqueza y la avifauna en las áreas verdes.....	55
Literatura citada.....	56
Anexos	60

Resumen general

Los organismos responden a los cambios en el ambiente de manera positiva o negativa y el crecimiento va aumentando. Por esto, los procesos ecológicos en zonas naturales se ven alterados con la creación de ciudades. En este estudio se identificaron 75 especies de aves en 10 áreas verdes de diferente tamaño en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México en 2016. El análisis se realizó en dos temporadas (secas y lluvias) a dos escalas geográficas (localmente y de paisaje). Se realizaron análisis de completitud de inventario de especies de aves para cada una de las áreas verdes. La diversidad de especies de aves se calculó mediante el índice de Shannon-Wiener (H') entre áreas verdes para todas las especies de aves. Se hizo uso de análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis y U-Mann Whitney para evaluar la variación de la riqueza y abundancia de aves entre áreas verdes, categorías de tamaño y temporadas. La correlación de Pearson y la regresión de Poisson se utilizaron para determinar la asociación de la riqueza y abundancia con las variables locales de vegetación y de paisaje. Se encontraron diferencias significativas en la riqueza y abundancia entre áreas verdes y en las categorías de tamaño, pero no hubo diferencias significativas para las temporadas. El porcentaje de superficie ocupada de cobertura vegetal en buffers de 100 m fue la variable más importante al correlacionarse positivamente con la riqueza y abundancia, mientras que el porcentaje de cobertura de dosel, de construcciones, de pavimento y de áreas verdes muestreadas se correlacionaron negativamente con la riqueza y abundancia de aves. Por lo que la heterogeneidad espacial de la estructura vegetal vertical en las áreas verdes es importante para incrementar la diversidad de la avifauna.

Palabras clave: local, paisaje, heterogeneidad espacial, estructura vegetal vertical, escala geográfica.

Capítulo 1. Introducción

Los organismos responden a los cambios en el ambiente de forma positiva o negativa. Así mismo, la población humana también ha ido aumentando y con esto han incrementado las modificaciones en los ambientes naturales; por lo que los procesos ecológicos en zonas naturales se ven alterados con la creación de asentamientos convertidos en ciudades (Vitousek 1997; Marzluff 2001). Este proceso, conocido como urbanización incluye, además de este aumento en el crecimiento de la población humana en las ciudades, un aumento desmesurado de construcciones. Dichas transformaciones, traen como resultado la creación de diversos usos de suelo y superficies impermeables (Blair 1996; Marzluff 2001; Berry 2008; Adams y Lindsey 2011; MacGregor-Fors et al. 2015). Las áreas urbanas pueden incluir ciudades, pueblos o zonas conurbadas, pero no se incluyen a los asentamientos rurales (Adams y Lindsey 2011). La Organización de las Naciones Unidas (United Nations 2005) explica que el concepto de área urbana cambia entre países, y aún por regiones dentro de un mismo país, como por ejemplo en términos de densidad de población específica o por designación política. En el caso particular de México, las áreas urbanas se definen como localidades con más de 2,500 habitantes (United Nations 2005; INEGI 2010).

La urbanización puede ocasionar fragmentación en los hábitats naturales, por lo que la biodiversidad presente en estos sitios se ve afectada con la disminución de poblaciones de especies nativas silvestres (Marzluff y Ewing 2008; McDonnell y Hahs 2008; MacGregor-Fors y Ortega-Álvarez 2013). Este proceso modifica la riqueza y diversidad de especies, dependiendo de los distintos usos que se le dé al suelo, lo que crea sistemas urbanos altamente heterogéneos (McKinney 2008; MacGregor-Fors et al. 2016).

Uno ejemplo de estos sistemas urbanos son las áreas verdes, ya sean públicas o privadas, las cuales tienen usos de suelo marcados como parques, campos deportivos, cementerios, bosques urbanos o zonas de humedal (MacGregor-Fors et al. 2016). Estos sitios poseen un alto valor recreativo, estético, de bienestar psicológico (Forman

2008) y permiten el mantenimiento de cierta representación de la diversidad original como especies nativas, pero también presentan una alta proporción de especies introducidas (McDonnell y Pickett 1990). La riqueza de especies y la abundancia de individuos dentro de las áreas verdes dependen de diversos factores como el tamaño del sitio, la estructura de la vegetación vertical, la perturbación humana y el grado de aislamiento en que se encuentre el área verde de la matriz urbana (Fernández-Juricic y Jokimäki 2001).

Particularmente, de los estudios realizados en ciudades, las aves han sido uno de los principales grupos de estudio debido a la sensibilidad que presentan algunas especies a cambios en la composición del hábitat, así como su amplia capacidad de dispersión y colonización (Savard et al. 2000; De la Fuente-Díaz-Ordaz 2003; Clucas y Marzluff 2015). El 20% de las especies de aves en el mundo (e.g. 2,041 especies de 10,052) se encuentran en áreas urbanas. Aunque la riqueza de especies puede diferir de gran manera entre ciudades, con una media de 112.5 aves por ciudad y esto depende en gran medida de factores como la localización geográfica, topografía, su historia de conformación y las modificaciones antropogénicas (Rangel-Salazar et al. 2005; Aronson et al. 2014; Clucas y Marzluff 2015).

Sin embargo, la riqueza y abundancia de la avifauna se ha venido homogenizado en diferentes regiones por la influencia del ser humano (Clergeau et al., 1998; Jokimäki y Suhonen, 1998; Blair 2001, Clergeau et al. 2006). De acuerdo a Blair (1996) ocurren ciertos patrones generales dentro de estas regiones debido a los efectos de la urbanización: la composición de especies de aves cambia conforme el área se va urbanizando, el número de especies de aves decrece cuando la urbanización aumenta y la abundancia o densidad de aves aumenta a la par de la urbanización. Aún con todos estos patrones, las especies pueden responder de manera distinta a la urbanización siendo las especies “más abundantes” las que mejor responden a este proceso, debido a que existen nuevas fuentes de alimento o sitios de anidación. Por otro lado, las especies “menos abundantes” prefieren áreas más conservadas que se asemejen a las zonas naturales debido a que la urbanización puede significar nuevos depredadores,

competidores y agotamiento de recursos (Clucas y Marzluff 2015; Johnston-López et al. 2015).

En diferentes estudios se ha encontrado que entre más grande sea el área verde, la riqueza de aves será mayor, a diferencia de las áreas pequeñas tienden a tener menor riqueza (Fernández-Juricic 2000; Fernández-Juricic y Jokimäki 2001). Gavareski (1976) encontró que la abundancia de individuos aumenta para las especies que son denominadas como “urbanas típicas” en aquellos sitios con menor tamaño y con estructura de la vegetación vertical muy modificada. En contraste, las especies con menor abundancia utilizan áreas verdes de mayor tamaño con menos alteraciones en la estructura vegetal.

Por esta razón, la estructura vegetal vertical está relacionada con la heterogeneidad espacial del área verde; la cual se define como la variación que hay dentro de la estructura vegetal. Es decir, entre mayor cobertura de dosel, altura arbórea y número de especies vegetales haya, habrá una mayor probabilidad de encontrar mayor riqueza y una menor abundancia de aves (De la Fuente-Díaz-Ordaz 2003; Bojorges-Baños y López-Mata 2006; García-Méndez et al. 2014).

Otro factor que puede influir en los procesos que determinan la riqueza, abundancia y la composición de la avifauna son las escalas geográficas, ya sea localmente en cada área verde o en el paisaje (ciudad entera y áreas circundantes). Lo anterior debido a que la capacidad de dispersión de las especies de aves y sus patrones de selección de hábitat que están ligados a las características generales de cada área verde (e.g. tipo de vegetación y disponibilidad de alimento) (Hostetler y Holling 2000; Fernández-Juricic y Jokimäki 2001; Melles et al. 2003). La temporalidad es otro factor que también puede influir, ya que la riqueza y abundancia de aves varía de acuerdo a las estaciones y año con año en el que las aves se encuentren presentes en las áreas verdes (Fernández-Juricic y Jokimäki 2001).

Existe poca información publicada sobre los efectos de la urbanización en la avifauna, especialmente para México. De la Fuente-Díaz-Ordaz (2003) estudió y modeló la estructura de las comunidades de aves (49 especies en total) en los parques urbanos de Puebla, México, considerando el tamaño del parque, estructura de la vegetación y grado de perturbación antrópica. Sus estudios concluyeron que el tamaño de los parques se correlacionaba positivamente con la riqueza de las especies, mientras que la cobertura media de herbáceas y el nivel medio de ruido se correlacionaban negativamente con las especies de aves observadas.

Carbó-Ramírez y Zuria (2011) evaluaron la importancia de las áreas verdes pequeñas (menores a 2 ha) de la ciudad de Pachuca, Hidalgo con la riqueza, abundancia y composición de la comunidad de aves. En este estudio se registraron 39 especies en 19 áreas verdes clasificadas como parques, jardines y camellones, durante las temporadas de verano e invierno, en donde la riqueza de aves fue mayor para los parques y jardines y menor para los camellones (donde hubo mayor tráfico y ruido). El tamaño de las áreas verdes y la composición del paisaje circundante influyeron en la riqueza de aves en verano e invierno. Durante el verano la riqueza de especies fue menor cuando había mayor porcentaje de construcciones en el paisaje circundante al área verde.

Por otra parte, MacGregor-Fors y Ortega-Álvarez (2011) estudiaron los cambios en las comunidades de aves de cinco parques urbanos al sur de la Ciudad de México en relación con la vegetación, infraestructura urbana, actividad antropogénica, posibles depredadores y distancia de los parques hasta los bordes de la ciudad. Registraron un total de 62 especies de aves, concluyendo que la distancia al borde de la ciudad y cobertura vegetal fueron negativamente correlacionadas con la riqueza de especies categorizadas como especialistas (e.g. especies de aves de bosque y especies que se encuentran en bosques y parques urbanos) y mutualistas (e.g. especies generalistas y especies de parques urbanos y zonas residenciales). La abundancia de las especies mutualistas fue positivamente correlacionada con las áreas pavimentadas y la

abundancia de las especialistas se correlacionó negativamente con áreas de pavimento.

Estudios realizados por Malagamba-Rubio y colaboradores (2013) en 12 áreas verdes de diferente tamaño y sus respectivas áreas adyacentes y estructura vegetal en la ciudad de Querétaro, registraron 40 especies de aves cuya riqueza no se correlacionaba con el tamaño de área verde, ya que la de mayor tamaño tenía menor riqueza que las áreas verdes más pequeñas. No obstante, se probó que la composición de las comunidades de aves en las áreas verdes fue más diversa y distinta que en las áreas adyacentes. Además, se observó que el diámetro a la altura de pecho (DAP) en las especies vegetales arbóreas tuvo una relación positiva con la composición de las comunidades de especies tanto para áreas verdes como áreas adyacentes.

Finalmente, MacGregor-Fors y colaboradores (2015) realizaron un estudio multi taxonómico con 10 grupos dentro de seis áreas verdes de la ciudad de Xalapa, Veracruz, para evaluar la riqueza y composición. No encontraron diferencias entre las áreas verdes y la riqueza y composición de hongos ascomycetes, murciélagos y escarabajos copronecrófago, pero sí observaron mayor riqueza de especies de hongos basidiomycetes, saltamontes, anfibios y aves en las áreas verdes más grandes cercanas a la periferia en comparación de aquellas de menor tamaño. La presencia de aves fue más abundante en ambientes más urbanizados y la distancia al borde de la ciudad se correlacionó negativamente con la riqueza de especies.

Chiapas es considerado uno de los estados con mayor diversidad de aves en México. Se estima un total de 659 especies de aves, de las cuales 327 de ellas pertenecen a la región de Los Altos y 182 se encuentran en la ciudad de San Cristóbal (Rangel-Salazar et al. 2005; Huffman 2011). San Cristóbal de Las Casas (SCLC) es una de las ciudades principales del estado y el crecimiento poblacional promedio ha aumentado en un 3.3 % en los últimos veinte años, categorizándola como la cuarta ciudad con mayor crecimiento estatal (INEGI 2010). Esto ha conllevado a que urbanicen más zonas desde la periferia hacia los centros urbanos como las zonas agrícolas, áreas

verdes (e.g. reservas ecológicas) y humedales; lo que reduce significativamente a estas áreas con vegetación nativa e introducida. Todo esto se debe a la falta de políticas gubernamentales que regulen el crecimiento urbano en SCLC (Cisneros-Calderón et al. 2012). En este sentido, se han realizado pocos estudios en la ciudad sobre riqueza y abundancia de las especies de aves en sus áreas verdes.

Por ejemplo, Merino-García (2013) realizó una evaluación espacio-temporal de la diversidad de 69 especies de aves asociadas a los humedales de La Kisst y María Eugenia. En este estudio se reporta que la riqueza, abundancia y diversidad están positivamente relacionadas con la heterogeneidad del hábitat. Es decir, que los hábitats más complejos proveen de una mayor cantidad de nichos y diferentes formas de explotación de los recursos naturales.

Por lo anterior, la riqueza y abundancia de las aves en SCLC podrían ser indicadores del estado en el que se encuentran sus áreas verdes. Sin embargo, ante la falta de información actualizada, se requiere evaluar si la riqueza y abundancia de las aves estarán relacionadas con el tamaño de las áreas verdes en SCLC y su heterogeneidad espacial. Por lo que se planteó la siguiente pregunta: ¿la riqueza y la abundancia de la avifauna estarán relacionadas con el tamaño de las áreas verdes y la heterogeneidad espacial de la estructura vegetal vertical? A partir de ello, se deriva como objetivo general de esta investigación el determinar la riqueza y abundancia de la avifauna en áreas verdes en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas y específicamente 1) determinar la riqueza y la abundancia en áreas verdes con diferente tamaño y estructura vegetal vertical; 2) evaluar si existe una variación de la riqueza y abundancia en dos temporadas (secas y lluvias); y 3) examinar si la riqueza y la abundancia de la avifauna se relacionan con las variables de vegetación locales y variables en el paisaje.

La hipótesis planteada fue la siguiente: si un área verde es de mayor tamaño y presentará una mayor heterogeneidad espacial en su estructura vegetal vertical,

entonces habrá una mayor riqueza de especies de aves con abundancias menores que en aquellas áreas verdes de menor tamaño y con menor heterogeneidad espacial.

Metodología

En este estudio se delimitaron y se calcularon los tamaños de 10 áreas verdes públicas y privadas como sitios de muestreo en la ciudad de SCLC, Chiapas, por medio de imágenes de satélite usando el programa Google Earth Pro 7.1.5. Las áreas verdes se definieron como aquellos espacios donde hay cobertura vegetal y existe un nulo o bajo porcentaje de superficie ocupada por construcciones con respecto a la superficie total del área verde (Forman 2008; García-Méndez et al. 2014). Para fines de esta investigación, se consideró como áreas verdes a aquellas que tuvieran más de 10 árboles y estuvieran presentes dentro o en las orillas de la ciudad. Los sitios se clasificaron de acuerdo a su tamaño en: 1) áreas pequeñas entre 0.3 a 1 ha (parques públicos y jardines particulares), 2) áreas medianas entre 6 y 24 ha (cementerio, canchas deportivas y Cerrito) y 3) áreas grandes, mayores a 25 ha (zonas de humedal y reserva) (Anexo I).

Con el fin de determinar los cambios en la composición de especies, así como patrones de riqueza y abundancia en cada sitio, se registraron las especies de aves mediante avistamientos realizados mensualmente de febrero a julio de 2016, con lapsos de 10 días (dos muestreos en cada sitio por mes). Para lo anterior, se utilizó el método de conteo por puntos fijos con distancia variable (Ralph et al. 1996; Gibbons y Gregory 2006). En este método el observador define un punto fijo dentro de un sitio y se registran todas las aves vistas o escuchadas en un lapso de tiempo específico (10 minutos). El número de puntos de conteo por sitio varió de uno a cuatro, dependiendo del tamaño del lugar (Anexo II), mientras que la distancia de separación entre los puntos fue de 250 m para asegurar su independencia (Ralph et al. 1996; De la Fuente-Díaz-Ordaz 2003; Gibbons y Gregory 2006). El horario de los avistamientos fue de las 7:00 a las 13:00 horas y las visitas a las áreas verdes se realizaron en diferentes horarios para evitar sesos en el muestreo. Igualmente, las temporadas (secas y lluvias) de muestreo, que se obtuvieron con base en los registros de precipitación mensual de

CONAGUA (2016), se tomaron como medidas independientes debido a que pueden presentar variación entre ellas (Fernández-Juricic y Jokimäki 2001).

Las aves se identificaron hasta nivel de especie con la ayuda de binoculares (10x25) y guías de campo (Howell y Webb 1995; Dunn y Alderfer 2011; Huffman 2011). Se tomaron fotografías (Canon EOS t5i lente de 75-300 mm) para asegurar la identificación cuando existieron dudas. Para la clasificación taxonómica de las especies se siguió la propuesta por la American Ornithologist Union (2016). Los nombres comunes de las aves fueron los sugeridos por Escalante et al. (2014). Como descripción complementaria y para ubicar potencialmente a la riqueza de especies en las áreas verdes se obtuvieron las categorías de endemismo, estacionalidad y estatus de conservación de la NOM-059-2010 (SEMARNAT 2010) y la Check-list de las Aves de México (Berlanga et al. 2015), así como las categorías de sensibilidad a la perturbación humana propuestas por Stotz y colaboradores (1996). Se realizaron grabaciones de las vocalizaciones de las aves por 10 minutos en cada punto de muestreo, utilizando un teléfono celular (iPhone 6™) y las grabaciones se procesaron con OcenAudio 3.0.9. La identificación auditiva de las aves, se realizó con apoyo de la fonoteca de aves de Chiapas (Duncan 1993), la página web Xeno-canto y con la ayuda de un especialista de ECOSUR (M. en C. José Raúl Vázquez Pérez).

De manera local, se realizó una caracterización de la vegetación en las áreas verdes durante julio y agosto 2016. Para ello, se trazaron parcelas cíclicas de 12.5 m de radio considerando como centro los puntos de conteo. A partir del centro se trazaron cuatro líneas en dirección a los puntos cardinales. En cada línea se midió la cobertura del dosel cada 4 m con la ayuda de un densiómetro convexo modelo DSM43™. Para el estrato arbóreo solo se consideraron individuos con más de 20 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP). La altura de los árboles se calculó usando un clinómetro Burton (modelo Clino-Master-CM360LA™) (Vázquez-Pérez et al. 2011) y cinta métrica para aquellos individuos que no fueron mayores a 2 m de altura. La identificación de las especies vegetales dominantes se realizó por medio de fotografías con un experto en el herbario de ECOSUR (Técnico Miguel Martínez Icó). Para fines de esta investigación, la

heterogeneidad espacial en la estructura vegetal vertical fue definida en términos estadísticos como la variación en la cobertura de dosel, la altura arbórea, el DAP y el número de árboles dentro del área verde.

Para el análisis en el paisaje, se utilizaron imágenes de satélite pancromáticas y multispectrales (SPOT 6 2014). A través del programa Arc View versión 3.2 se estimaron los porcentajes de superficie total ocupada de: 1) cobertura vegetal (vegetación) (González-Oreja et al. 2007), 2) pavimento y 3) construcciones, considerando áreas buffers de 100 m de radio alrededor del punto de conteo (Melles et al. 2003). Finalmente, se estimó el porcentaje de área verde muestreada (Carbó-Ramírez y Zuria 2011). Los datos obtenidos de los avistamientos de las aves y caracterización de la vegetación se registraron en formatos de campo que incluyeron datos de la especie, número y actividad de los individuos y datos de vegetación como cobertura de dosel, número de árboles, diámetro a la altura de pecho (DAP) y altura del estrato arbóreo (Anexo III y IV).

Análisis de datos

Se realizaron análisis de acumulación de especies o completitud del inventario utilizando curvas de acumulación de especies observadas y estimadas entre áreas verdes. Las curvas se realizaron por medio de repeticiones aleatorias de las muestras (100 repeticiones) con un intervalo de confianza al 95 % usando el programa iNEXT versión 1 (Chao et al. 2016).

Para cada área verde con categoría de diferente tamaño (pequeña, mediana y grande) se obtuvo la riqueza y abundancia total de las especies de aves en dos temporadas (secas y lluvias). La riqueza y abundancia total se calcularon sumando a todas las especies obtenidas (en el caso de la riqueza) y de individuos (en el caso de la abundancia) acumulados de los seis meses de muestreo. Mientras que la abundancia relativa fue calculada con el número de individuos por cada mes de muestreo, esta medida se definió como el promedio de individuos de cada una de las especies de las dos visitas mensuales.

Se utilizaron análisis estadísticos no paramétricos de muestras independientes (Kruskal-Wallis) para comparar las variables dependientes de riqueza y abundancia total acumulada, así como la abundancia relativa entre cada una de las diez áreas verdes. Estas mismas variables dependientes se contrastaron con las categorías de tamaño (pequeña, mediana, grande) con el mismo análisis no paramétrico. Se usó la prueba de U Mann-Whitney de dos muestras independientes para comparar las temporadas de secas y lluvias con las variables dependientes.

Asimismo, se calculó la diversidad de especies en cada área verde por medio del índice de Shannon-Weiner (H'), el cual mide el grado promedio de incertidumbre que predice a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección de datos; sus valores van de 1.5 a 3.5 y rara vez alcanza el valor de 4 (Magurran 2004; Seaby y Henderson 2006). Para ver diferencias significativas entre los valores del índice de Shannon y las áreas verdes se utilizó una prueba de Kruskal-Wallis.

Las variables locales de vegetación (cobertura de dosel, número de árboles, diámetro a la altura de pecho (DAP) y altura de los estratos arbóreo y arbustivo) y variables de paisaje (porcentaje de superficie total ocupada de vegetación, construcciones, pavimento y área verde muestreada dentro de las áreas buffer de 100 m de radio) se compararon con análisis no paramétricos por área verde y por categorías de tamaño. La posible relación entre la riqueza y abundancia con las variables de vegetación locales y variables de paisaje se exploró mediante un análisis de correlación de Pearson. Finalmente, con el fin de modelar en términos logarítmicos qué tanta proporción de riqueza y abundancia explican las variables de vegetación locales y de paisaje se utilizó el modelo de regresión de Poisson, el cual es un análisis de referencia en estudios de conteo modelando valores enteros que no sean negativos cuando la frecuencia en que ocurren estos eventos es baja (Cameron y Trivedi 2013).

Durante el análisis, se eliminaron a todas aquellas variables que no fueron significativas dentro de los modelos, utilizando el procedimiento de pasos hacia adelante

(Cameron y Trivedi 2013). Todas las variables de vegetación local y variables de paisaje se estandarizaron transformándolas a valores z, ya que presentaron diferentes unidades de medida entre ellas. En los casos donde hubiera dispersión de los datos dentro de la regresión, se utilizó un modelo robusto, un estimador que no sea afectado por pequeñas variaciones respecto a la hipótesis del modelo, para corregirla.

Los análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis y U-Mann Whitney, la correlación de Pearson y la regresión de Poisson se realizaron con el programa IBM SPSS Statistics Versión 21. Mientras que el índice de Shannon-Wiener se realizó con el programa Species Diversity Richness IV. El nivel de significancia (α) fue menor a 0.05 en todos los análisis estadísticos.

Capítulo 2. Riqueza y abundancia de aves en áreas verdes de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México *

Ana Patricia Medrano-Guzmán¹, Paula L. Enríquez^{1*}, Iriana L. Zuria-Jordan², y Jorge Castellanos-Albores¹

¹Departamento de la Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio de María Auxiliadora, C.P. 29290 San Cristóbal de Las Casas. *penrique@ecosur.mx

²Centro de Investigaciones Biológicas, Área Académica de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km. 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo s/n, Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, C.P. 42184, México.

RESUMEN

Las áreas verdes en las ciudades son elementos importantes para la conservación de la avifauna. En este estudio se presentan estimaciones de la riqueza y abundancia de aves y su relación con las áreas verdes de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. Identificamos un total de 75 especies de aves en diez áreas verdes de diferente tamaño durante dos temporadas (secas y lluvias) de febrero a julio de 2016 y a dos escalas geográficas distintas (local y de paisaje). Se utilizaron análisis no paramétricos para comparar la riqueza y abundancia de las aves entre áreas verdes, categorías de tamaño y temporadas. Además, para determinar la relación de la riqueza y abundancia con las variables de vegetación locales y de paisaje se utilizó la correlación de Pearson y la regresión de Poisson. El porcentaje de superficie total ocupada de vegetación en el paisaje fue la variable más importante al correlacionarse positivamente con la riqueza y abundancia de aves. Mientras que el porcentaje de cobertura de dosel, de superficie total ocupada de construcciones, de pavimento y de áreas verdes muestreadas se correlacionaron negativamente. Por lo que el mantenimiento de la vegetación y la heterogeneidad espacial de la

* Enviado a la revista Biotecnia (publicación cuatrimestral, editada por la Universidad de Sonora, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. <http://biotecnia.unison.mx>, (biotecnia@ciencias.uson.mx)

estructura vegetal vertical en las áreas verdes urbanas es importante para incrementar la diversidad de la avifauna.

Palabras clave: áreas verdes, aves, heterogeneidad espacial, tamaño, escalas geográficas

INTRODUCCIÓN

Las áreas verdes de las ciudades como parques, jardines, cementerios, campos deportivos y bosques urbanos son importantes para la conservación de la avifauna. Estos sitios se consideran altamente heterogéneos debido a su diferente estructura de vegetación, cobertura del dosel y tipos de vegetación nativa o inducida (MacGregor-Fors *et al.*, 2016). La riqueza y abundancia de las aves en estos espacios depende de diversos factores como son el tamaño del área verde, la estructura vegetal vertical y qué tan aislada se encuentre el área de la matriz urbana (Fernández-Juricic y Jokimäki, 2001). Algunos estudios, como los de Fernández-Juricic (2000) y Fernández-Juricic y Jokimäki (2001), mostraron que entre más grande es el área verde, la diversidad de aves será mayor, a diferencia de las áreas pequeñas que presentan menor diversidad.

Por otra parte, Gavareski (1976) encontró que la abundancia de individuos aumenta para las especies que son denominadas como “urbanas típicas” en aquellos sitios de menor tamaño y con vegetación muy modificada. Mientras que las especies con menores abundancias utilizan áreas verdes de mayor tamaño y con menos alteraciones en la estructura vegetal vertical. Esta estructura está relacionada con la heterogeneidad espacial del área verde que se define como la variación de la cobertura de dosel, altura de los estratos vegetales y cantidad de especies vegetales, y que incrementa la probabilidad de encontrar más riqueza y una menor abundancia de aves (De La Fuente-Díaz-Ordaz, 2003; Bojorges-Baños y López-Mata, 2006; García-Méndez *et al.*, 2014)

Otro factor que puede influir en los procesos que determinan la diversidad y composición de la avifauna son las distintas escalas geográficas, ya sea de manera local en cada área verde y en el paisaje (ciudad entera y áreas circundantes), esto puede deberse a la capacidad de dispersión de las aves y a la selección del hábitat de cada especie (Hostetler y Holling, 2000; Fernández-Juricic y Jokimäki, 2001; Melles *et al.*, 2003). La temporalidad es otro factor que puede igualmente influir, ya que la riqueza y abundancia de la avifauna varían de acuerdo a las estaciones y año con año (Fernández-Juricic y Jokimäki, 2001).

Siendo Chiapas uno de los estados con mayor diversidad de aves en México, se estima un total de 659 especies de aves, donde 327 de ellas pertenecen a la región de Los Altos y 182 se encuentran en la ciudad de San Cristóbal de las Casas (SCLC), Chiapas (Rangel-Salazar *et al.*, 2005; Huffman, 2011). SCLC es conocida como la cuarta ciudad con la mayor tasa de crecimiento en el estado con un 3.3 % durante el período 2000-2010 (INEGI, 2010). Este aumento poblacional ha logrado que se urbanicen más zonas como las agrícolas, las áreas verdes y los humedales de montaña, reduciéndolas de manera significativa (Cisneros-Calderón *et al.*, 2012).

El estudio de la avifauna en las áreas verdes de SCLC podría indicarnos el estado en el que se encuentran estas áreas. Por lo que nos planteamos la siguiente hipótesis: Si un área verde es de mayor tamaño y presenta una mayor heterogeneidad espacial en su estructura vegetal vertical, entonces habrá una mayor riqueza de especies con menores abundancias que en aquellas áreas verdes de menor tamaño y con menor heterogeneidad. Debido a ello, el objetivo general de este estudio fue determinar la riqueza y abundancia de la avifauna en áreas verdes con diferente

tamaño y estructura vegetal vertical, durante la temporada de secas y lluvias, a dos escalas geográficas diferentes (local y de paisaje).

MATERIALES Y MÉTODOS

1) Área de estudio

El estudio se realizó en la ciudad de San Cristóbal de las Casas (SCLC), Chiapas, México (17° 45' N y 93° 38' O) que pertenece a la región fisiográfica de Los Altos de Chiapas, con una altitud de los 2,120 a los 2,700 msnm (García-García, 2005; INEGI, 2017) (Fig. 1). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y un rango de precipitación anual de los 1,000 a 1,500mm. La temporada de secas en SCLC se presenta durante los meses de noviembre a abril y los rangos de temperatura anual son de 12 a 24°C (INEGI, 2010).

2) Selección, clasificación y descripción de las áreas verdes

Se delimitaron y calcularon previamente los tamaños de diez áreas verdes públicas y privadas como sitios de muestreo en la ciudad de SCLC, Chiapas, por medio de imágenes de satélite con el programa Google Earth Pro 7.1.5. Para fines de nuestro trabajo, las áreas verdes se consideraron como aquellas con más de 10 árboles y que estuvieran presentes dentro o en las orillas de la ciudad. Estas áreas presentaron distintos usos de suelo como: parques públicos, jardines particulares, zonas de humedal, cementerio, canchas deportivas y reserva ecológica.

En función de su tamaño, las áreas verdes se clasificaron en tres categorías: 1) áreas pequeñas de 0.3 a 1 ha (parques públicos y jardines particulares), 2) áreas medianas de 6 ha a 24 ha

(cementerio, canchas deportivas y Cerrito), y 3) áreas grandes, mayores a 25 ha (zonas de humedal y reserva).

3) Muestreos de la avifauna

Se utilizó el método de conteo por puntos fijos con distancia variable (Ralph *et al.*, 1996; Gibbons y Gregory, 2006). El número de puntos de conteo por área verde varió de uno a cuatro, dependiendo de su tamaño, estos puntos estuvieron separados cada 250 m. El muestreo fue de las 7:00 a la 13:00 horas, y las visitas a cada área verde variaron en diferentes horarios para evitar sesgos en el muestreo. Cada punto de conteo se muestreó por 10 minutos y con repeticiones mensuales de febrero a julio de 2016, durante lapsos de 10 días.

4) Identificación de las especies de aves

Las aves se identificaron hasta nivel de especie con ayuda de binoculares (10x25), y guías de campo (Howell y Webb, 1995; Dunn y Alderfer, 2011; Huffman, 2011). Para la clasificación taxonómica de las especies se siguió el American Ornithologist Union (2016). Los nombres comunes de las aves fueron los sugeridos por Escalante y colaboradores (2014); y complementariamente para explicar los cambios en la riqueza de especies entre áreas verdes, se obtuvieron las categorías de endemismo, estacionalidad y estatus de conservación por medio de la NOM-059-2010 (SEMARNAT, 2010) y la Check-list de las Aves de México (Berlanger *et al.*, 2015), así como las categorías de sensibilidad a la perturbación humana propuestas por Stotz y colaboradores (1996).

Además, se realizaron grabaciones de las vocalizaciones de las aves por 10 minutos en cada punto de muestreo utilizando un teléfono celular (iPhone 6™). Las grabaciones se procesaron con el programa OcenAudio 3.0.9 y se identificaron posteriormente con la fonoteca

de aves de Chiapas (Duncan, 1993), la página web xeno-canto y con un especialista de ECOSUR.

5) Caracterización local y de paisaje

Durante julio y agosto 2016, se realizó una caracterización de la vegetación local de las áreas verdes mediante parcelas circulares de 12.5 m de radio considerando los centros como punto de conteo. A partir del centro se trazaron cuatro líneas en dirección a los puntos cardinales. En cada línea se midió la cobertura del dosel cada 4 m con la ayuda de un densiómetro convexo modelo DSM43™. Para el estrato arbóreo solamente se consideraron individuos con más de 20 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP). La altura del estrato se midió usando un clinómetro Burton (modelo Clino-Master-CM360LA™) (Vázquez-Pérez *et al.*, 2011) y cinta métrica para aquellos individuos que no rebasaran los 2 m de altura. La identificación de las especies vegetales dominantes se realizó con un experto en el herbario de ECOSUR por medio de fotografías.

Para el paisaje, se utilizaron imágenes de satélite pancromáticas y multiespectrales (SPOT 6 2014) y el programa Arc View ver. 3.2, con el fin de estimar los porcentajes de superficie total ocupada de cobertura vegetal (vegetación) (González-Oreja *et al.*, 2007), de pavimento, y construcciones con respecto a áreas buffers de 100 m de radio alrededor del punto de conteo (Melles *et al.*, 2003), además se estimó el porcentaje de área verde muestreada dentro de estos buffers (Carbó-Ramírez y Zuria, 2011). Toda la información de los avistamientos de las aves y la caracterización de la vegetación se registró en formatos de campo que incluyeron datos de la especie, número y actividad de los individuos y datos de vegetación como cobertura del dosel, número de árboles, diámetro a la altura de pecho (DAP) y altura del estrato arbóreo.

6) Análisis de datos

Se analizó la completitud del inventario utilizando curvas de acumulación de especies observadas y estimadas entre las diez áreas verdes. Las curvas se realizaron por medio de repeticiones aleatorias de las muestras (100 repeticiones) usando el programa iNEXT versión 1 (Chao *et al.*, 2016).

Se realizaron análisis estadísticos no paramétricos de Kruskal-Wallis y U-Mann Whitney en cada área verde de diferente tamaño (pequeña, mediana y grande) para compararlas con las variables dependientes a la riqueza y abundancia total acumulada de aves en dos temporadas (secas y lluvias). La riqueza y abundancia total se calcularon sumando todas las especies obtenidas (en el caso de la riqueza) y de individuos (abundancia) acumulados de los seis meses de muestreo. Mientras que la abundancia relativa fue calculada tomando en cuenta el número de individuos por cada mes de muestreo y se definió como el promedio de individuos de cada especie durante las dos visitas mensuales.

Además, se calculó la diversidad de especies en cada sitio por medio del índice de Shannon-Weiner (H') (Magurran, 2004; Seaby y Henderson, 2006) y se utilizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para ver diferencias entre los índices de diversidad de las áreas verdes. Los valores de H' van de 1.5 a 3.5 para datos ecológicos y rara vez supera un valor de 4.

Para determinar variaciones en las variables locales de vegetación y de paisaje entre las diez áreas verdes y las categorías de tamaño se realizaron comparaciones con análisis de Kruskal Wallis. La posible relación entre la riqueza y abundancia de aves con las variables locales de vegetación y de paisaje se exploró mediante una correlación de Pearson y se modeló por medio

de una regresión de Poisson, donde se eliminaron todas aquellas variables no significativas en los modelos usando la técnica de pasos hacia delante (Cameron y Trivedi, 2013). Se estandarizaron a las variables locales de vegetación y de paisaje transformándolas a valores z, ya que presentaron diferentes unidades de medida entre ellas y en caso de que hubiera sobredispersión, se utilizó un modelo robusto, es decir un estimador que no sea afectado por pequeñas variaciones con respecto a la hipótesis del modelo, para corregirlo.

Para realizar los análisis no paramétricos (Kruskal-Wallis y U-Mann Whitney), la correlación de Pearson y la regresión Poisson se usó el programa IBM SPSS Statistics Versión 21. Para el índice de Shannon-Wiener se utilizó el programa Species Diversity Richness IV. Las pruebas estadísticas fueron consideradas significativas con un valor de $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1) Composición de la riqueza y abundancia total

El total de especies de aves registradas durante este estudio fue de 75 (Anexo V), de las cuales 68 % fueron residentes, 29 % migratorias y 3 % transitorias. El 5 % de las especies fueron cuasi endémicas (CE) (aquellas cuya distribución geográfica pertenece a dos o más regiones que sean colindantes) como *Turdus rufitorques*, *Ptilogonys cinereus*, *Coccothraustes abeillei* y *Basileuterus rufifrons*; mientras que el 3 % de ellas fueron exóticas (EXO) (las que se encuentran fuera de su área de distribución original o nativa) tales como *Columba livia* y *Passer domesticus*. El 100 % de las especies estuvieron categorizadas, según la UICN, como Preocupación Menor (LC) (Anexo V).

Para las categorías de la NOM-059-2010, las especies Amenazadas (A) fueron *Lamprolaima rhami*, *Catharus frantzii*, *Turdus infuscatus* y *T. rufitorques* y representaron el 5 % del total de especies. Especies en Protección Especial (Pr) como *Dactylortyx thoracicus*, *Geranoaetus albicaudatus*, *Amazona albifrons* y *Myadestes occidentalis* también representaron el 5 %. En cuanto a las categorías de sensibilidad, el 61 % de las especies fueron de sensibilidad baja (B), seguidas del 38 % las de sensibilidad media (M) y solo 1% (una sola especie, *T. infuscatus*) fue de sensibilidad alta (Al) (Anexo V).

El 65 % de las especies pertenecieron al orden de los Passeriformes y las que representaron sólo el 1% de las especies fueron los órdenes Anseriformes, Galliformes, Columbiformes, Guiformes, Charadriiformes, Pelecaniformes, Accipitiformes y Trogoniformes. El resto de los órdenes representaron entre el 2 % y 8 % de las especies. La familia más representativa fue Parulidae con 20 % de las especies. Del 100 % de las familias, sólo el 17 % presentó una sola especie y las demás representaron entre el 2 y 9 % del total de especies (Anexo V). Dos especies (*Zonotrichia capensis* y *Quiscalus mexicanus*) estuvieron presentes en todas las áreas; seguido de *Passer domesticus* que estuvo presente en nueve áreas. El 57 % de las especies fueron raras (n=43) y se presentaron en una sola área verde. Las especies restantes fueron avistadas entre dos y ocho áreas verdes (Anexo VI).

La abundancia total de individuos durante todo el estudio fue de 2453, de los cuales, las especies con mayores registros fueron las urbanas típicas: *Q. mexicanus* (909 individuos), *C. livia* (403 individuos), *P. domesticus* (274 individuos), *Z. capensis* (142 individuos), *Haemorhous mexicanus* (132 individuos) y otras especies muy abundantes que no fueron urbanas típicas como

Hylocharis leucotis (124 individuos) y *Agelaius phoeniceus* (81 individuos). Estas especies representaron el 9 % del total, mientras que las que tuvieron un solo individuo representaron el 35 % de las especies totales como *Archilochus colubris*, *Buteo brachyurus*, *L. rhami*, *Trogon mexicanus*, *Contopus pertinax*, e *Icterus spurius*. El 56 % restante tuvo entre 2 y 32 individuos.

La riqueza avifaunística obtenida en este estudio representa el 41% de las especies de aves de la ciudad de SCLC. Hay que considerar que existen factores que pueden aumentar o disminuir el número de especies encontradas como: la detectabilidad de las especies, la correcta detección puede ser afectada debido a barreras visuales o actividad antropogénica (Ramírez-Bastida, 2000). Otro factor es que las aves no tienen los mismos horarios de actividad en todas las áreas verdes. Por ejemplo, en la Reserva Ecológica Moxviquil, las especies de aves presentaron mayor actividad después de las 10 a.m., a diferencia de las otras áreas verdes donde la mayor actividad iniciaba desde las 7 a.m. (observaciones personales).

Particularmente, las especies registradas como “urbanas típicas” o “más abundantes” en esta investigación, coinciden con algunas que han sido mencionadas por Gavareski (1976) y Blair (1996) como la paloma doméstica (*C. livia*), el gorrión doméstico (*P. domesticus*) y el pinzón mexicano (*H. mexicanus*). No obstante, también se encontraron otras especies como los zanates (*Q. mexicanus*) y el tordo sargento (*A. phoeniceus*). Estas últimas especies han ampliado su rango de distribución, debido a sus características particulares de historias de vida: son especies que parasitan a otras especies durante la temporada de incubación, se alimentan de semillas e invertebrados, son ecológicamente flexibles para modificar su selección de hábitat y se pueden asociar a cuerpos de agua, en algunos casos (Wehtje, 2003). Se ha observado que el zanate ha desplazado a especies de aves nativas e incluso depreda sus huevos, individuos juveniles y

adultos (Blankinship, 1966; Clapp, 1986). En el caso del zafiro oreja blanca (*H. leucotis*), es un colibrí que se encuentra todo el año (residente) y es altamente territorial con otras especies nectarívoras en los lugares donde habita (Lara *et al.*, 2009), así como el gorrión chingolo (*Z. capensis*) que es un passeriforme que sólo se distribuye en los trópicos y ha colonizado exitosamente las ciudades (Tellez-Farfán y Sánchez, 2016).

Las especies “poco abundantes” (menos de 30 individuos) fueron las más representativas, donde el 35 % del total de especies tuvieron solo un individuo y el 53 % del total estuvo presente en una sola área verde. Esto puede estar relacionado a la sensibilidad a la perturbación humana de las áreas verdes. Donde la sensibilidad que tienen algunas especies de aves, puede ser determinante en su presencia o ausencia dentro de estas áreas verdes. La mayoría de estas especies se registraron en la Reserva Ecológica de Moxviquil, la cual es un área verde que colinda con la ciudad, está menos modificada y tiene una extensión grande en comparación con las otras nueve áreas muestreadas, presenta una especie con alta sensibilidad a la perturbación (i.e. el mirlo negro, *T. infuscatus*). Este mismo patrón de especies “poco abundantes” en áreas verdes más conservadas también se ha registrado en otros estudios como los de Gavareski (1976), Blair (1996) y De La Fuente-Díaz-Ordaz (2003).

2) Completitud del inventario de especies de las diez áreas verdes

Los análisis realizados indican que todas las áreas verdes presentaron una cobertura de muestra de 90 % o más. Siendo la Plaza Fray Bartolomé (PFB) (IC 100-100) y la Plaza La Merced (PLM) (IC 99-100) las que tuvieron un 100 % de completitud, respectivamente. Mientras que la Reserva Ecológica Moxviquil tuvo el menor porcentaje de cobertura de muestra con 90 % (IC 85-94). El resto de las áreas verdes tuvo un porcentaje de cobertura de muestra de 95 % a 99

%). El número de especies esperadas en estas áreas verdes fue de 2 a 5 especies más que el número de especies observadas. En general, se observó un 99 % de cobertura de la muestra total (IC 98-99) para las diez áreas verdes.

Las diferentes especies que están presentes o ausentes en las áreas verdes de SCLC pueden estar determinadas por factores como la temporada migratoria o reproductiva de cada especie (Rangel-Salazar *et al.*, 2005). En el caso de este estudio, algunas especies de aves residentes como el gorrión doméstico (*P. domesticus*) y el capulinero gris (*Ptilogonys cinereus*) se registraron en los meses de mayo a julio 2016 ya sea cortejando o anidando en áreas verdes más urbanizadas como el Parque Central y el Panteón Municipal. Mientras que las migratorias estuvieron más dispersas en todas las áreas verdes y solo se observaron de febrero a abril ya sea alimentándose o descansando.

3) Riqueza total, abundancia total y relativa entre áreas verdes

La mayor riqueza de especies durante todo el estudio fue en el SEDEM con 32 especies y en Moxviquil con 31 especies. El área con menor riqueza fue la Plaza Fray Bartolomé con 4 especies (Fig. 2a). Por lo tanto, la riqueza de especies entre áreas verdes fue diferente ($H_{9,58}=47.02, P<0.05$). Por otro lado, el área verde con mayor abundancia total fue el Parque Central con 400 individuos y Na Bolom presentó el menor número de individuos con 76 (Fig. 2b). Asimismo, hubo variación en las abundancias totales de individuos de aves entre las distintas áreas verdes ($H_{9,58}=47.32, P<0.05$). El área verde con mayor abundancia relativa fue el SEDEM con 236 individuos promedio, mientras que el área con menor abundancia de individuos promedio fue Na Bolom con 40 individuos (Fig. 2c). La abundancia relativa fue significativamente diferente entre áreas verdes ($H_{9,58}=48.19, P<0.05$).

Las áreas verdes con mayor riqueza, como el SEDEM, presentan distintos usos de suelo como áreas deportivas y colinda con un humedal importante de SCLC (La Kisst) rodeada de vegetación nativa e introducida; mientras que la segunda área (Moxviquil) se localiza a orillas de la ciudad, es una reserva ecológica y presenta principalmente encinos. En esta última se encontraron especies como la codorniz silbadora (*D. thoracicus*), el colibrí ala castaña (*L. rhami*), el aguililla cola blanca (*G. albicaudatus*), el clarín jilguero (*M. occidentalis*), el zorzal de Frantzius (*C. frantzii*), el mirlo negro y de cuello rufo (*T. infuscatus* y *T. rufitorques*) (Anexo V).

La Albarrada fue la tercera área verde con mayor riqueza, conocida por ser un centro comunitario donde se realizan actividades de cultivo, reforestación de especies vegetales nativas como cipreses, es una zona escolar y presenta también un humedal. Todos estos diferentes usos de suelo hacen una heterogeneidad en ambientes que se refleja en la riqueza de las especies de aves. En esta área se encontraron especies como el pibí oriental (*Contopus virens*), ocotero enmascarado (*Peucedramus taeniatus*), tångara capucha roja (*Piranga ludoviciana*), el chivirín ceja rufa (*Troglodytes rufociliatus*), el mirlo de cuello rufo (*T. rufitorques*) y el vireo reyezuelo (*Vireo huttoni*).

El aumento de la riqueza dentro de ciertas áreas verdes puede ser debido a que existe una menor actividad antropogénica (como es el caso de Moxviquil). También hay una mayor heterogeneidad espacial de la estructura vegetal vertical (como es el caso de SEDEM y La Albarrada). Por otro lado, las áreas verdes pequeñas (Plaza Fray Bartolomé, Plaza La Merced y Parque Central) tienen menor riqueza debido a que están sometidas a mayor presión antropogénica y están constituidas en su mayoría por especies vegetales exóticas (Anexo VII).

La estructura de las áreas verdes y las características ambientales que rodean a estas áreas, ya sean más conservadas o más urbanizadas, pueden ser distintas y determinan las especies que se albergan dentro de ellas. De La Fuente-Díaz-Ordaz (2003) demostró que los parques urbanos más grandes mantienen mayor riqueza de especies, son áreas más conservadas y su composición es diferente a áreas de menor tamaño con mayor actividad antropogénica. Lo que concuerda con los resultados obtenidos en nuestro estudio, aunque uno de sus parques grandes (Parque Ecológico) presentó bajos valores de riqueza incluso contra parques de tamaño debido a la alta actividad humana y por la poca variación y complejidad de la vegetación.

La mayor abundancia total de individuos fue para las especies urbanas típicas. Este patrón se presentó en áreas verdes con más construcciones, pavimentación y más afluencia de personas. Algunos factores que contribuyen a esto es que las aves son alimentadas por los humanos, como las palomas domésticas (*C. livia*), en el Parque Central (observaciones personales durante junio). Además, las construcciones y luminarias cercanas pueden ser posibles sitios de anidación. Así como el bajo número de depredadores y competidores que contribuyen al éxito de estas especies. Por lo tanto, solo pocas especies de aves son dominantes (siete especies en el caso de nuestro estudio como: *A. phoeniceus*, *H. mexicanus*, *C. livia*, *H. leucotis*, *P. domesticus*, *Q. mexicanus* y *Z. capensis*) (Carbó-Ramírez, 2008; Clucas y Marzluff, 2015; Johnston-López *et al.*, 2015). La abundancia relativa presentó patrones similares a la riqueza y abundancia total. Este patrón depende en gran medida de las características propias del área verde que se mencionaron anteriormente.

4) Riqueza y abundancia total de aves entre categorías de tamaño de áreas verdes

La mayor riqueza de especies de aves se presentó en la categoría de tamaño grande (>25 ha) con 64 especies, después fueron áreas de la categoría mediana (6-17 ha) con 42 especies, y la categoría pequeña (0.3 – 1 ha) presentó la menor riqueza con 14 (Fig. 3a). La riqueza de especies varió significativamente entre las categorías pequeñas y medianas ($H_{1,58} = -22.38$, $P < 0.05$) y entre las pequeñas y grandes ($H_{1,58} = -34.90$, $P < 0.05$). Sin embargo, no hubo diferencias entre categorías mediana y grande ($H_{1,58} = -12.52$, $P = 0.084$).

De acuerdo a las abundancias totales de las aves, la categoría de área grande presentó valores mayores con 925 individuos, después fue la categoría pequeña con 836 individuos, la categoría mediana presentó las menores abundancias de individuos con 692 (Fig. 3b). La abundancia de individuos totales entre tamaño de áreas fue diferente entre las áreas pequeñas y medianas ($H_{1,58} = -24.05$, $P < 0.05$) y entre las pequeñas y las grandes ($H_{1,58} = -33.94$, $P < 0.05$).

4.1) Índice de diversidad

Los valores totales del índice de Shannon-Wiener (H') entre las categorías de tamaño de áreas verdes fueron más diversas en las áreas grandes como Moxviquil ($H' = 2.75$ bits/individuos) y medianas como Cerrito ($H' = 2.16$ bits/individuos) y Canchas “Víctor Manuel Galindo ($H' = 2.01$ bits/individuos), y con menor diversidad fueron áreas pequeñas como Plaza La Merced ($H' = 1.33$ bits/individuos), Na Bolom ($H' = 1.1$ bits/individuos) y Parque Central ($H' = 1.0$ bits/individuos). La diversidad (H') fue significativamente diferente entre las diez áreas verdes ($H_{9,30} = 25.8258$; $P = 0.0022$).

Estos hallazgos pueden ser explicados en términos de la distribución de las especies: las

áreas verdes más grandes se ven favorecidas por especies menos abundantes. Mientras que en las áreas más pequeñas son pocas especies, pero muy abundantes. El tamaño de área verde determina las distribuciones de las especies en estos sitios, aumenta la diversidad en los hábitats donde hay nichos que pueden ser utilizados por especies menos abundantes y disminuye el número de especies comunes que habitan en áreas más pequeñas (Fernández-Juricic y Jokimäki, 2001). No obstante, las áreas verdes más pequeñas también pueden contribuir en la conectividad de las zonas urbanas cuando aumenta la complejidad del hábitat. La teoría de biogeografía de islas aplicada en términos de ecología urbana en las áreas verdes, puede considerarse porque estas áreas son sistemas aislados rodeados de una matriz urbana (Fernández-Juricic y Jokimäki, 2001; De La Fuente-Díaz-Ordaz, 2003).

5) Riqueza y abundancia total entre temporadas

De acuerdo a la temporalidad, la época de secas (febrero-abril) tuvo una mayor riqueza de especies (56), que la de lluvias (mayo-julio; 50 especies) (Fig. 4a). Sin embargo, no hubo diferencias en la riqueza de especies entre temporadas ($U_{1,58} = 391.00$, $P = 0.65$). Por otro lado, la temporada de lluvias presentó la mayor abundancia de individuos (número de individuos; 1326) que la de secas (1127 individuos; Fig. 4b). A pesar de esto no hubo diferencias significativas en las abundancias de aves totales entre temporadas ($U_{1,58} = 373.50$, $P = 0.46$).

Las variaciones temporales en la riqueza y abundancia, igualmente tiene que ver con factores reproductivos de las especies, la ausencia o presencia de especies migratorias, disponibilidad de recursos, entre otros (Carbó-Ramírez y Zuria, 2011; Wang *et al.*, 2016). Aunque también con factores relacionados con el muestreo y también puede haber un efecto de acarreo de especies de un mes a otro, lo que podría indicar que las temporadas pueden estar

relacionadas entre sí y no necesariamente ser independientes una de otra como se había planteado inicialmente.

6) Variables locales de vegetación y de paisaje entre áreas verdes y categorías de tamaño

De las variables locales de vegetación en las áreas verdes, Na Bolom presentó el mayor porcentaje de cobertura de dosel con 81.2 % y el menor porcentaje fue en las Canchas “Víctor Manuel Galindo” con 6.4 %. Mientras que el mayor número de árboles lo tuvo el Parque Central con 12 árboles, donde solo se muestreó una parcela y no hubo árboles más allá del parque y el menor número de árboles promedio fue en las canchas con 3 árboles. El área verde que presentó árboles con el mayor diámetro a la altura de pecho (DAP) promedio fue el Panteón Municipal con 309.2 cm, y Moxviquil fue el área verde con el menor DAP promedio con 79.6 cm. Por otro lado, la mayor altura de los árboles promedio también se observó en el Panteón Municipal con 33.2 m, mientras que La Albarrada tuvo el menor promedio con 6.3 m. (Cuadro I).

De las variables del paisaje, el mayor porcentaje de superficie total ocupada de cobertura vegetal (vegetación) en buffers de 100 m lo presentó Moxviquil (86.7 %), mientras que la Plaza Fray Bartolomé tuvo el menor porcentaje (15.5 %). El Panteón Municipal presentó el mayor porcentaje de construcciones con 64.9 %, y el Parque Central el menor porcentaje con 2.6 %. Esta última área verde tuvo más porcentaje de pavimento con 30.5 %, a comparación a Moxviquil con 2.5 %. Por otro lado, el área que tuvo más porcentaje de área verde promedio fue Na Bolom con 31.8 % (Cuadro I).

En las variables locales de vegetación, el porcentaje de cobertura de dosel fue mayor en las áreas de categoría pequeña con 59.2 % que en las áreas de categoría mediana (11.4 %). La categoría grande presentó el mayor número de árboles promedio (13 árboles), mientras que la categoría mediana tuvo el menor número (5 árboles). Por otro lado, esta misma categoría presentó tanto el mayor DAP promedio (50.7 cm) como la mayor altura arbórea promedio con (18.6 m), y la categoría grande presentó tanto el menor DAP promedio (41.9 cm), como la menor altura arbórea (11.7 m). Solamente la cobertura del dosel y el número de árboles tuvieron diferencias significativas entre categorías ($P= 0.004$ y $P<0.0001$, respectivamente; Cuadro II).

En las variables del paisaje, el porcentaje de superficie total ocupada de cobertura vegetal (vegetación) promedio fue mayor en la categoría grande (60.9 %), mientras que en la categoría pequeña fue la menor (26.8 %). Asimismo, esta última categoría presentó el mayor porcentaje de construcciones promedio (37.2 %), y el mayor porcentaje de pavimento promedio (19.1 %) mientras que en la categoría grande hubo un menor porcentaje de construcciones promedio (17.8 %) y menor porcentaje de pavimento (3.8 %). Hubo diferencias significativas en el porcentaje de cobertura vegetal (vegetación), porcentaje de construcciones y porcentaje de área verde muestreada entre categorías ($P<0.0001$, respectivamente, Cuadro II).

Es importante considerar el factor histórico de las áreas verdes de SCLC ya que esta ciudad se ha venido urbanizando desde su fundación en 1528 (aproximadamente 489 años). Las plazas públicas como Plaza Fray Bartolomé, Plaza La Merced y Parque Central tienen alrededor de 130 años de antigüedad. Panteón Municipal tiene casi 160 años desde que se construyó, mientras que Na Bolom es un jardín privado que ya lleva 67 años en funcionamiento. La Albarrada, El Cerrito y SEDEM son áreas verdes relativamente recientes (1990 en adelante) que

han sido reforestadas a lo largo del tiempo (García-Méndez *et al.*, 2014; Moreno-Luna, 2014; Ayuntamiento de San Cristóbal de Las Casas, 2017). Y Moxviquil es una de las pocas áreas conservadas en SCLC pero que se ha visto afectada por el impacto de los asentamientos humanos que están a su alrededor (Moreno-Luna, 2014), la reserva se usa de servidumbre de paso lo que provoca compactación del suelo en los senderos, basura y entrada de animales como perros.

Este factor histórico de las áreas verdes tiene mucho que ver con la variabilidad intrínseca de cada área verde y sus particularidades, así como de las variables locales de vegetación. Fernández-Juricic y Jokimäki (2001) mencionan que se presenta un patrón donde las áreas de menor tamaño presentan una menor cobertura de dosel que en áreas verdes más conservadas y de mayor tamaño. En el caso de este estudio, fue totalmente lo contrario, ya que las áreas más pequeñas (Na Bolom) presentaron la mayor cobertura de dosel que en áreas de mayor tamaño. Esto puede darse por un efecto de abigarramiento dentro de esta área verde y al mantenimiento constante que se le da al jardín (observaciones personales).

No obstante, la mayor densidad de árboles y de altura promedio de árboles fueron mayores en áreas de tamaño grande (como Moxviquil). Sin embargo, el DAP fue mayor en áreas medianas como el Panteón Municipal, que como se mencionó anteriormente, es una de las áreas verdes más viejas de SCLC. Estas medidas de vegetación local son importantes para evaluar un área verde, ya que los hábitats con vegetación nativa, árboles más altos y de más edad son muy valiosos para la conservación de la diversidad de aves; donde las especies con diferentes requerimientos de hábitat pueden hacer uso de esta estructura vegetal vertical (Fernández-Juricic y Jokimäki, 2001; Schütz y Schulze, 2015).

Otro factor que se debe considerar, particularmente para el paisaje que rodea a las áreas verdes, es qué tan urbanizado se encuentra. Esto debido a que se puede dificultar la conectividad del paisaje entre áreas verdes, y que es un factor clave para mantener la diversidad de aves en hábitats fragmentados (Schütz y Schulze, 2015).

7) Relación de la riqueza y abundancia total de la avifauna con las variables locales y de paisaje

En los análisis de correlación de Pearson (Anexo VIII) se observó que la riqueza de especies de aves se correlacionó negativamente con la cobertura de dosel ($r = -0.0280$, $P = 0.03$). Por otro lado, esta misma riqueza se correlacionó positivamente con el porcentaje superficie total ocupada de cobertura vegetal (vegetación) ($r = 0.540$; $P < 0.05$) y negativamente con el de construcciones ($r = -0.647$, $P < 0.05$), de pavimento ($r = -0.379$; $P < 0.05$) y de áreas verdes muestreadas ($r = -0.502$, $P < 0.05$).

La abundancia de individuos de las especies de aves se correlacionó negativamente con la cobertura de dosel ($r = -0.286$; $P = 0.029$), positivamente con el porcentaje de superficie total ocupada de cobertura vegetal en buffers de 100 m (vegetación) ($r = 0.523$, $P < 0.05$), negativamente con el porcentaje de superficie total ocupada de construcciones ($r = -0.705$; $P < 0.05$), de pavimento ($r = -0.319$; $P < 0.05$) y de áreas verde muestreadas ($r = -0.562$; $P < 0.05$) (Anexo VIII).

Estos resultados pueden explicarse en términos de que, a menor porcentaje de cobertura de dosel, disminuye la riqueza y la abundancia de aves. Por lo que es sumamente importante aumentar la cobertura dentro de las áreas verdes más conservadas o crear más áreas verdes dentro de la zona urbana en lotes o espacios sin vegetación. Esta cobertura de dosel provee de

protección, sitios de anidación y alimentación para las especies de aves tanto residentes como migratorias (Schneider *et al.*, 2012).

El porcentaje de superficie total ocupada de cobertura vegetal (vegetación) en buffers de 100 m fue la variable más importante en nuestro estudio ya que, a mayor porcentaje de vegetación, la riqueza de especies de aves y la abundancia de individuos aumentará para aquellas especies de bosque y más sensibles a la urbanización (Mills *et al.*, 1989; Blair, 1996). Este proceso provoca que la vegetación se reduzca en gran medida, lo que representa un impacto ya que de ella obtienen alimento y sitios de anidación, además de que la mayor riqueza se encuentra en áreas con vegetación más compleja (Ikin *et al.*, 2015).

Si el porcentaje de superficie total ocupada de construcciones aumenta al igual que el porcentaje de pavimento, entonces disminuye la riqueza y abundancia de especies de aves. Esto coincide con estudios como el de Jokimäki y Suhonen (1998). Sin embargo, la abundancia de algunas especies de aves como las típicas urbanas o dominantes aumentará y la riqueza de especies disminuirá en estas áreas más urbanizadas (Blair 1996; Xie *et al.*, 2016). Si el porcentaje de superficie total ocupada de área verde muestreada disminuye, también lo harán la riqueza y la abundancia, esto se relaciona directamente con la cobertura de dosel (estructura vegetal vertical) y porcentaje de cobertura vegetal en una superficie total ocupada (estructura vegetal horizontal) y cuya disminución impacta directamente a las áreas verdes (Mills *et al.*, 1989).

El modelo de regresión de Poisson (Cuadro III) tanto para la riqueza como para la abundancia tuvo como variable principal y significativa la cobertura de dosel. Mientras que, en el paisaje, las variables que explican la proporción de riqueza fueron el porcentaje de superficie

total ocupada de construcciones en buffers de 100 m, el porcentaje de pavimento y el porcentaje de área verde muestreada. Las variables que explican la proporción de abundancia fueron, de manera local, el porcentaje de cobertura de dosel y en el paisaje, el porcentaje de superficie total ocupada de construcciones en buffers de 100 m y el de área verde muestreada. El resto de las variables locales y de paisaje se descartaron del modelo de regresión Poisson al tener un valor de significancia mayor a 0.05.

Aunque no todas las variables locales y de paisaje fueron significativas dentro del modelo para explicar la variación de la riqueza de especies de aves y su abundancia. Es importante considerar los aspectos biológicos y ecológicos de las mismas. El DAP, la altura arbórea y el número de árboles pueden estar directamente relacionados con la cobertura de dosel. También hay otros atributos de la vegetación, variables fisiográficas o factores antropogénicos que han considerados en otros estudios y que pueden influir en la riqueza de especies de aves que no se consideraron en esta investigación. Tales como: el grado de aislamiento, la diversidad de especies vegetales y la perturbación humana como ruido y número de peatones (Mills *et al.*, 1989; Fernández-Juricic y Jokimäki, 2001; De La Fuente-Díaz-Ordaz, 2003; Carbó-Ramírez y Zuria, 2011).

CONCLUSIONES

La riqueza y abundancia de las especies de aves de SCLC presentaron diferencias significativas entre las categorías de tamaño, pero no hubo diferencias entre las temporadas. Las áreas verdes medianas y grandes tuvieron mayor diversidad que las áreas pequeñas. La riqueza y abundancia de aves estuvo correlacionada positivamente con el porcentaje de superficie total ocupada de cobertura vegetal (vegetación) en buffers de 100m. El porcentaje de cobertura de dosel, superficie ocupada de construcciones, de pavimento y de área verde muestreada se correlacionó negativamente con la riqueza y abundancia de aves.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor de este manuscrito (#402055). A Pronatura Sur A.C., CEDECO La Albarrada y Museo Na Bolom por los permisos otorgados para realizar el trabajo de campo. A Miguel Martínez Icó del Herbario de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por la identificación de especies vegetales. A M.C. José Raúl Vázquez Pérez, M.C. Pedro Ramírez, Biol. Ghelen Mera y Biol. Selene Espinosa por la identificación de especies de aves. Gracias especialmente al Dr. Alberto Macías Duarte de la Universidad Estatal de Sonora (UES) por su apoyo con los análisis de datos realizados en esta investigación.

REFERENCIAS

American Ornithologist Union, Checklist of North American Birds. [Consultado 20 Julio 2016] 2016. Disponible en: <http://checklist.aou.org>.
Ayuntamiento de San Cristóbal de Las Casas, 2017. Enciclopedia de Los Municipios y

- Delegaciones de México: Estado de Chiapas. [Consultado 29 Mayo 2017] 2017.
Disponible en:
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07078a.html>.
- Blair, R.B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications* 6:2, 506–519.
- Berlanga, H., Gómez de Silva, H., Vargas-Canales, V., Rodríguez-Contreras, V., Sánchez-González, L.A., Ortega-Álvarez, R., y Calderón-Parra, R. 2015. Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. 1st ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México.
- Blankinship, D. 1966. The relationships of white-winged dove production to control of Great-tailed Grackles in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*. 31: 45–58.
- Bojorges-Baños, J.C., y López-Mata, L. 2006. Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 77:2, 235–249.
- Cameron, A.C., y Trivedi, P.K. 2013. *Regression Analysis of Count Data*. 2a ed. Cambridge University Press. Cambridge.
- Carbó-Ramírez, P. 2008. Estructura y composición de la avifauna y su interacción con un ambiente urbano en la ciudad de Pachuca, Hidalgo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Pachuca.
- Carbó-Ramírez, P., y Zuria, I. 2011. The value of small urban greenspaces for birds in a Mexican city. *Landscape and Urban Planning*. 100:3, 213–222.
- Chao, A., Ma, K.H., y Hsieh, T.C. 2016. User's Guide for iNEXT Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. *Code*. 30043: 1–14.
- Cisneros-Calderón, A., Soto-Pinto, L., y Estrada-Lugo, E. 2012. Entre la conservación del bosque y el crecimiento de la ciudad: las localidades rurales en el espacio periurbano del Huitepec en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *Estudios Demográficos y Urbanos*. 27:81, 739–787.
- Clapp, R. B. 1986. Great-tailed Grackle kills Barn Swallow in flight. *The Wilson Journal of Ornithology*. 98: 614–615.
- Clucas, B., y Marzluff, J.M. 2015. A cross-continental look at the patterns of avian species

- diversity and composition across an urbanisation gradient. *Wildlife Research*. 42:7, 554–562.
- Comisión Nacional del Agua, Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. [Consultado 20 diciembre 2016] 2016. Disponible en:
<http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- De La Fuente-Díaz-Ordaz, A.A. 2003. Estudio de la estructura de las comunidades de aves en los parques urbanos de Puebla y su entorno. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas, Puebla.
- Duncan, C.D. 1993. Manual para el uso de la fonoteca de las aves de Chiapas. Instituto para la Ornitología del Campo. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Dunn, J., y Alderfer, J. 2011. *National Geographic Field Guide to the Birds of North America*. 6th ed. National Geographic. Washington D.C.
- Escalante, P., Sada, A.M., y Robles-Gil, J. 2014. Listado de nombres comunes de las aves de México. 2nd ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Fernandez-Juricic, E. 2000. Bird community composition patterns in urban parks of Madrid: the role of age, size and isolation. *Ecological Research*. 15:4, 373–383.
- Fernández-Juricic, E., y Jokimäki, J. 2001. A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: Case studies from southern and northern Europe. *Biodiversity and Conservation*, 10:2023–2043.
- García-García, A. 2005. La cuenca hidrologica de San Cristobal de las Casas, Chiapas: entre la gestion local y la nacional. En *Problemas socio-ambientales y experiencias organizativas en las cuencas de México*. S. Vargas y E. Mollard (ed.), pp.219–244. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec.
- García-Méndez, A., Lorenzo, C., Bernardo-Vazquez, L.-B., y Reyna-Hurtado, R. 2014. Roedores y murciélagos en espacios verdes en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *Therya*. 5:2, 615–632.
- Gavareski, C.A. 1976. Relation of Park Size and Vegetation to Urban Bird Populations in Seattle, Washington. *The Condor*. 78:3, 375–382.
- Gibbons, D.W., y Gregory, R.D. 2006. Birds. En: *Ecological Census Techniques*. W. Sutherland (ed.), pp.308-350. Cambridge University Press, Cambridge.

- González Oreja, J.A., Bonache-Regidor, C., Buzo-Franco, D., De La Fuente-Díaz-Ordaz, A.A., y Hernández Satín, L. 2007. Caracterización ecológica de la avifauna de los parques urbanos de la Ciudad de Puebla (México). *Ardeola*. 54:1, 53–67.
- Hostetler, M., y Holling, C. 2000. Detecting the scales at which birds respond to structure in urban landscapes. *Urban Ecosystems* 4: 25–54.
- Howell, S.N.G., y Webb, S. 1995. *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. 1st ed. Oxford University Press. Nueva York.
- Huffman, B. 2011. *Aves del Municipio de San Cristóbal*. 1st ed. Chiapas Birding Adventures. Texas.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Clasificaciones del Censo de Población y Vivienda 2010 [Consultado 16 octubre 2015] 2010. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/censos/cpv2010_clasificaciones.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México en cifras [Consultado 10 marzo 2017] 2017. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=07>.
- Ikin, K., Le Roux, D.S., Rayner, L., Villaseñor, N.R., Eyles, K., Gibbons, P., Manning, A.D., y Lindenmayer, D.B. 2015. Key lessons for achieving biodiversity-sensitive cities and towns. *Ecological Management and Restoration*, 16:3, 206–214.
- Johnston-López, K., Macías-Duarte, A., y Castillo-Gámez, R.A. 2015. Urban birds in the Sonoran Desert : estimating population density from point counts. *Huitzil*. 16:1, 37–47.
- Jokimäki, J., y Suhonen, J., 1998. Distribution and habitat selection of wintering birds in urban environments. *Landscape and Urban Planning*. 39:4, 253–263.
- Lara, C., González, J.M., y Hudson, R. 2009. Observational learning in the white-eared hummingbird (*hylocharis leucotis*): Experimental evidence. *Ethology*. 115:9, 872–878.
- MacGregor-Fors, I., Escobar, F., Rueda-Hernández, R., Avendaño-Reyes, S., Baena, M., Bandala, V., Chacón-Zapata, S., Guillén-Servent, A., González-García, F., Lorea-Hernández, F., Montes de Oca, E., Montoya, L., Pineda, E., Ramírez-Restrepo, L., Rivera-García, E., y Utrera-Barrillas, E. 2016. City “Green” Contributions: The Role of Urban Greenspaces as Reservoirs for Biodiversity. *Forests*. 7:7, 146.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. 1st ed. Blackwell Publishing Ltd. Victoria
- Melles, S., Glenn, S., y Martin, K. 2003. Urban bird diversity and landscape complexity: Species-

- environment associations along a multiscale habitat gradient. *Ecology and Society*. 7:1, 5.
- Mills, G.S., Dunning, J.B.J., y Bates, J. 1989. Effects of urbanization of breeding bird community structure western desert habitats. *The Condor*. 91:2, 416–428.
- Moreno Luna, A.C. 2014. Actores Sociales Involucrados en la Conservación de la Biodiversidad: El Caso de la Reserva Ecológica Moxviquil, Chiapas, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur.
- Ralph, C.J., Geupel, G.R., Pyle, P., Martin, T.E., Desante, D.F., Milá, B., John, C., Geoffrey, R., Thomas, E., y David, F. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Pacific Southwest Research Station, U.S. Department of Agriculture, 46.
- Ramírez-Bastida, P. 2000. Aves de humedales en zonas urbanas del noroeste de la Ciudad de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rangel-Salazar, J.L., Enríquez, P.L., y Will, T. 2005. Diversidad de aves en Chiapas: Prioridades de investigación para su conservación. En *La Diversidad Biológica en Chiapas*. M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial y L. Montoya-Ruíz (ed.), pp.265–323. Plaza y Valdés, Ciudad de México.
- Schneider, N.A., Low, M., Arlt, D., y Pärt, T. 2012. Contrast in edge vegetation structure modifies the predation risk of natural ground nests in an agricultural landscape. *Plos One*. 7:2, 1–6.
- Schütz, C., y Schulze, C.H. 2015. Functional diversity of urban bird communities: Effects of landscape composition, green space area and vegetation cover. *Ecology and Evolution*. 5:22, 5230–5239.
- Seaby, R. M., y P. A. Henderson. 2006. Species Diversity and Richness Version 4. Pisces Conservation Ltd. Lymington.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental: Especies nativas de México de flora y fauna silvestre. [Consultado 1 Agosto 2016] 2010. Disponible en:
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010.
- Stotz, D.F., Fitzpatrick, J.W., Parker III, T.A., y Moskovits, D.K. 1996. Neotropical Birds: Ecology and Conservation. 1st ed. University of Chicago Press. Chicago.
- Tellez-Farfán, L., y Sánchez, F.A., 2016. Forrajeo de *Zonotrichia capensis* (Passeriformes: Emberizidae) y el valor del parche en cercas vivas jóvenes de la sabana de Bogotá. *Acta*

Biológica Colombiana. 21:2, 379–385

- Vázquez-Pérez, J.R., Enríquez, P.L., Rangel-Salazar, J.L., y Castillo, M.Á. 2011. Densidad y uso de hábitat de búhos en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, Sur de México. *Ornitología Neotropical*. 22: 577–587.
- Wang, J.F., Zhang, T.L., y Fu, B.J. 2016. A measure of spatial stratified heterogeneity. *Ecological Indicators*. 67: 250–256.
- Wehtje, W. 2003. The range expansion of the great-tailed grackle (*Quiscalus mexicanus* Gmelin) in North America since 1880. *Journal of Biogeography*. 30:10, 1593–1607.
- Xeno-Canto Foundation, Xeno-canto. [consultada 2 Septiembre 2016] 2014. Disponible en: <http://www.xeno-canto.org/>.
- Xie, S., Lu, F., Cao, L., Zhou, W., y Ouyang, Z. 2016. Multi-scale factors influencing the characteristics of avian communities in urban parks across Beijing during the breeding season. *Nature Publishing Group*. 6:29350, 1–9.

TABLAS

Cuadro I. Variables locales de vegetación y de paisaje (media, desviación estándar [\pm]) de las áreas verdes de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas de julio a agosto 2016. Áreas verdes n=10.

Área Verde	Área total (ha)	Cobertura de dosel (%)	Número de árboles	DAP (cm)	Altura (m)
PFB	0.3 *P	44.01 \pm 25.56	3.50 \pm 1.87	51.51 \pm 12.30	11.27 \pm 3.80
PLM	0.4 *P	57.72 \pm 25.19	7.50 \pm 4.18	46.00 \pm 8.26	12.86 \pm 6.24
PC	0.4 *P	53.9 \pm 10.55	11.5 \pm 6.49	44.71 \pm 20.17	8.74 \pm 7.23
NB	1 *P	81.20 \pm 6.53	4.00 \pm 2.16	58.98 \pm 20.98	23 \pm 17.27
CVMG	6.19 *M	6.42 \pm 8.47	3.00 \pm 1.41	30.59 \pm 1.69	6.67 \pm 3.96
PM	11 *M	40.20 \pm 5.54	2.17 \pm 1.29	98.44 \pm 9.62	33.22 \pm 7.93
CERR	17*M	60.60 \pm 28.65	3.88 \pm 2.63	25.10 \pm 17.56	13.63 \pm 10.26
SEDEM	25 *G	18.17 \pm 9.19	5.13 \pm 4.28	41.18 \pm 10.63	17.42 \pm 6.43
ALB	30 *G	30.46 \pm 18.86	5.88 \pm 3.20	59.32 \pm 19.71	6.30 \pm 4.29
MOXVI	97 *G	70.8 \pm 14.52	9.88 \pm 6.22	25.34 \pm 4.73	11.51 \pm 2.85
Área Verde	Área total (ha)	%veg100	%cons100	%pav100	%av100
PFB	0.3 *P	15.50 \pm 0.01	54.22 \pm 0.01	20.50 \pm 0.06	9.55 \pm 0.0
PLM	0.4 *P	21.43 \pm 4.70	48.46 \pm 4.90	16.84 \pm 5.40	12.73 \pm 0.0
PC	0.4 *P	54.03 \pm 0.01	2.67 \pm 0.08	30.53 \pm 0.05	12.73 \pm 0.0
NB	1 *P	16.05 \pm 2.40	43.71 \pm 2.0	8.37 \pm 1.00	31.84 \pm 0.0
CVMG	6.2 *M	68.13 \pm 5.10	7.40 \pm 1.30	12.73 \pm 2.50	6.37 \pm 0.0
PM	11 *M	17.82 \pm 1.00	64.98 \pm 9.42	10.19 \pm 1.40	6.37 \pm 0.0
CERR	17*M	81.18 \pm 6.90	7.31 \pm 1.20	4.78 \pm 1.40	6.37 \pm 0.0
SEDEM	25 *G	50.14 \pm 3.60	33.62 \pm 2.10	4.70 \pm 1.00	6.37 \pm 0.0
ALB	30 *G	45.88 \pm 3.70	15.42 \pm 1.50	4.59 \pm 0.50	6.37 \pm 0.0
MOXVI	97 *G	86.76 \pm 5.10	4.38 \pm 0.70	2.15 \pm 0.00	6.37 \pm 0.0

Áreas verdes: PFB = Plaza Fray Bartolomé, PLM= Plaza La Merced, PC= Parque Central, NB = Na Bolom, CVMG = Canchas Víctor Manuel Galindo, PM = Panteón Municipal, CERR = Cerrito, SEDEM = SEDEM, ALB = La Albarrada y MOXVI = Moxviquil.

Variables de paisaje: Porcentaje superficie total ocupada de %veg100= cobertura vegetal (vegetación) en buffers de 100 m de radio, %const100= construcciones en buffers de 100 m de radio, %pav100= pavimentación en buffers de 100 m de radio y %av100 = áreas verdes muestreadas en buffers de 100 m de radio.

Cuadro II. Variables locales de vegetación y del paisaje (media y desviación estándar (\pm) en las tres categorías de tamaño de áreas verdes de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas de julio a agosto 2016. Pequeña n=4, Mediana n=3, Grande n=3.

Variables (promedios)	Categorías de tamaño			Prueba ^c	P ^d
	Pequeña	Mediana	Grande		
Locales					
Área (ha)	0.5 \pm 0.32	11.4 \pm 0.4	50.7 \pm 40.2	-	-
Cobertura de dosel (%)	59.2 \pm 15.8	42.2 \pm 28.1	45.3 \pm 27.6	H=10.8	P=0.004
Número de árboles	12.3 \pm 7.4	5.3 \pm 3.6	13.0 \pm 10.9	H=29.2	P<0.0001
Diámetro a la altura de pecho (DAP) (cm)	50.3 \pm 12.5	50.8 \pm 37.7	41.9 \pm 18.8	H=4.9	P=0.09
Altura vegetación (m)	13.4 \pm 6.3	18.6 \pm 13.6	11.7 \pm 6.4	H=3.0	P=0.22
Paisaje					
Porcentaje de cobertura vegetal ^a	26.8 \pm 18.4	57.6 \pm 33.5	60.9 \pm 22.47	H=19.2	P<0.0001
Porcentaje de construcciones ^a	37.3 \pm 23.5	26.6 \pm 37.27	17.8 \pm 14.8	H=44.2	P<0.0001
Porcentaje de pavimento ^a	19.1 \pm 9.2	9.2 \pm 4.1	3.8 \pm 1.4	H=1.6	P=0.10
Porcentaje de área verde muestreada ^a	16.7 \pm 10.19	6.4 \pm 0.0	6.4 \pm 0.0	H=54.9	P<0.0001

Pie de Cuadro II:

- Variables convertidas a valores z en las pruebas estadísticas para homogenizar unidades.
- Porcentaje de vegetación en buffers de 100 m.
- Prueba estadística obtenida con el análisis de Kruskal-Wallis.
- Valor de significancia P<0.05

Foot note of Table II:

- Variables transformed to z-values in the statistical tests to homogenize units.
- Percentage of vegetation in buffers of 100 m radius
- Statistical test Kruskal-Wallis analysis
- Significance value P <0.05

Cuadro III. Modelo de regresión Poisson para la riqueza y abundancia total con las variables locales (cobertura) y de paisaje (porcentaje de construcciones y área verde muestreada) significativas ($P < 0.05$). Locales $n=1$, Paisaje $n=3$

Riqueza (Local)	Modelo general	Log (R)= 1.98-0.15(7.3)	P=0.03
		B	P
Promedio de riqueza	Intersección	1.98	<0.05
7.32	Cobert*	-0.15	0.02
Riqueza (Paisaje)	Modelo general	Log (R)= 1.9-0.34(7.3)-0.24(7.3)-0.25(7.3)	P<0.05
		B	P
Promedio de riqueza	Intersección	1.9	<0.05
7.32	Const100*	-0.34	<0.05
	Pav100*	-0.24	<0.005
	AV100*	-0.25	<0.05
Abundancia (Local)	Modelo general	Log (A)= 2.38- 0.18(10.96)	P=0.03
		B	P
Promedio de abundancia	Intersección	2.38	<0.05
10.96	Cobert*	-0.18	0.01
Abundancia (Paisaje)	Modelo general	Log (A) = 2.20-0.50(10.96)-0.39(10.56)	P<0.05
		B	P
Promedio de abundancia	Intersección	2.2	<0.05
10.96	Const100*	-0.5	<0.05
	AV100*	-0.4	<0.05

Cobert= Porcentaje de cobertura de dosel, Const100= Porcentaje de superficie total ocupada de construcciones en buffers de 100 m, Pav100=Porcentaje de superficie total ocupada de pavimento en buffers de 100 m y AV100= Porcentaje de superficie total ocupada de área verde muestreada en buffers de 100 m. * = Variables transformadas a valores z para homogenizar unidades.

FIGURAS

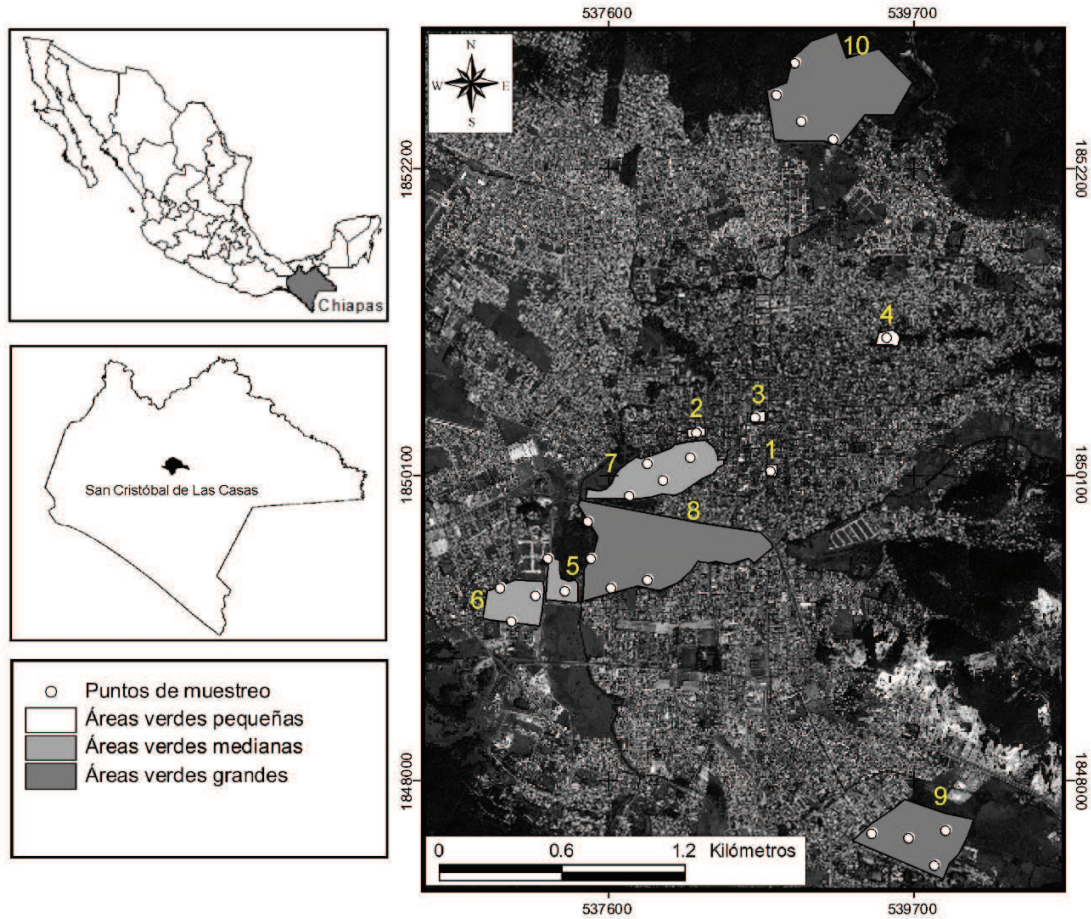


Figura 1. Mapa de distribución de las 10 áreas verdes con sus respectivas categorías de tamaño y puntos de conteo en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Áreas verdes (señaladas en números): 1= Plaza Fray Bartolomé, 2=Plaza La Merced, 3=Parque Central, 4=Na Bolom, 5= Canchas “Víctor Manuel Galindo”, 6= Panteón Municipal, 7=Cerrito, 8=SEDEM, 9= La Albarrada y 10= Moxviquil.

Figure 1. Map distribution of ten green areas with size categories and point counts in San Cristobal de Las Casas, Chiapas. Green areas (with numbers): 1= Plaza Fray Bartolomé, 2=Plaza La Merced, 3=Parque Central, 4=Na Bolom, 5= Canchas “Víctor Manuel Galindo”, 6= Panteón Municipal, 7=Cerrito, 8=SEDEM, 9= La Albarrada y 10= Moxviquil.

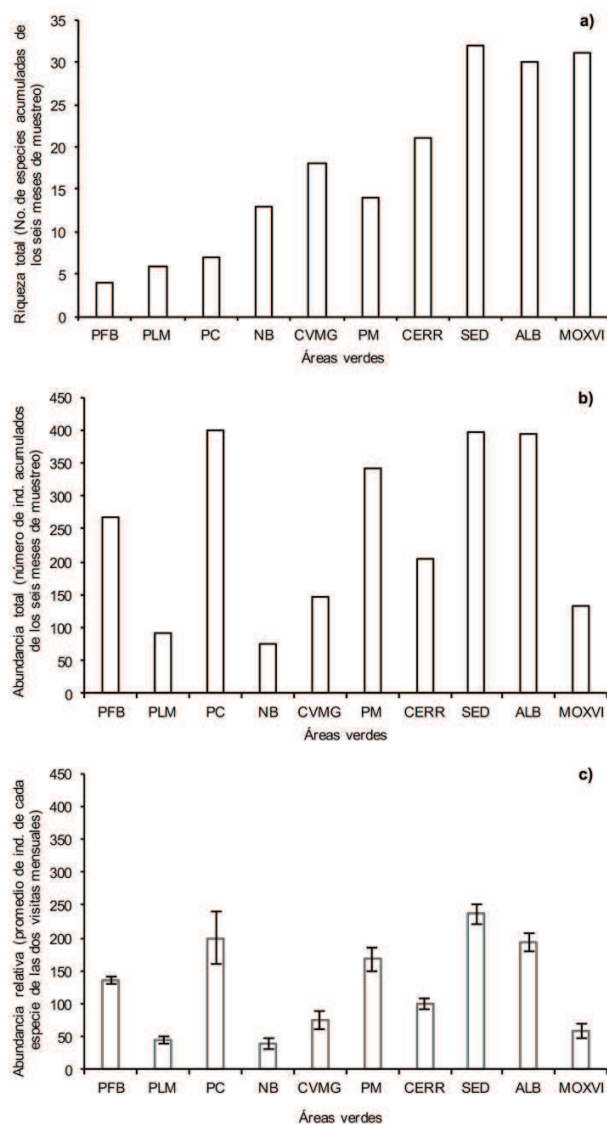


Figura 2. a) Riqueza total (número de especies acumuladas en los seis meses de muestreo) **b)** Abundancia total (número de individuos acumulados durante los seis meses de muestreo) y **c)** Abundancia relativa (promedio de individuos de cada especie de las dos visitas mensuales) en las 10 áreas verdes de San Cristóbal. Nombre de las áreas verdes: PFB = Plaza Fray Bartolomé, PLM= Plaza La Merced, PC= Parque Central, NB = Na Bolom, CVMG = Canchas Víctor Manuel Galindo, PM = Panteón Municipal, CERR = Cerrito, SEDEM = SEDEM, ALB = La Albarrada y MOXVI = Moxviquil. Líneas sobre barras = desviación estándar.

Figure 2. a) Total richness (number of species accumulated in six months) **b)** Total abundance (number of individuals accumulated during six months), and **c)** Relative abundance (mean of individuals of each species in two monthly samples) in ten green areas in San Cristobal. Name of green areas: PFB = Plaza Fray Bartolomé, PLM= Plaza La Merced, PC= Parque Central, NB = Na Bolom, CVMG = Canchas Víctor Manuel Galindo, PM = Panteón Municipal, CERR = Cerrito, SEDEM = SEDEM, ALB = La Albarrada y MOXVI = Moxviquil.

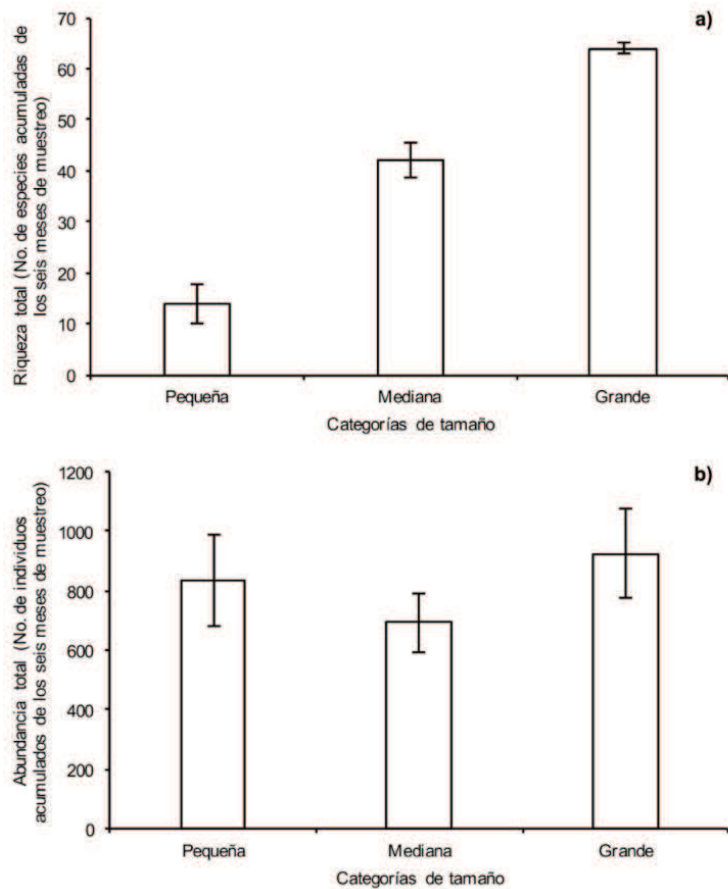


Figura 3. a) Riqueza total (número de especies acumuladas en los seis meses de muestreo y en las áreas por categoría) y **b)** Abundancia total (número de individuos acumulados en los seis meses de muestreo) para las tres categorías de tamaño de área verde. Categoría pequeña (0.3-1 ha), categoría mediana (6-17 ha), categoría grande (>25ha). Líneas sobre barras: desviación estándar.

Figure 3. a) Total richness (number of species accumulated in six months per category area) **b)** Total abundance (number of individuals accumulated during six months) for three size categories. Small category (0.3-1 ha), medium category (6-17 ha), large category (>25ha).

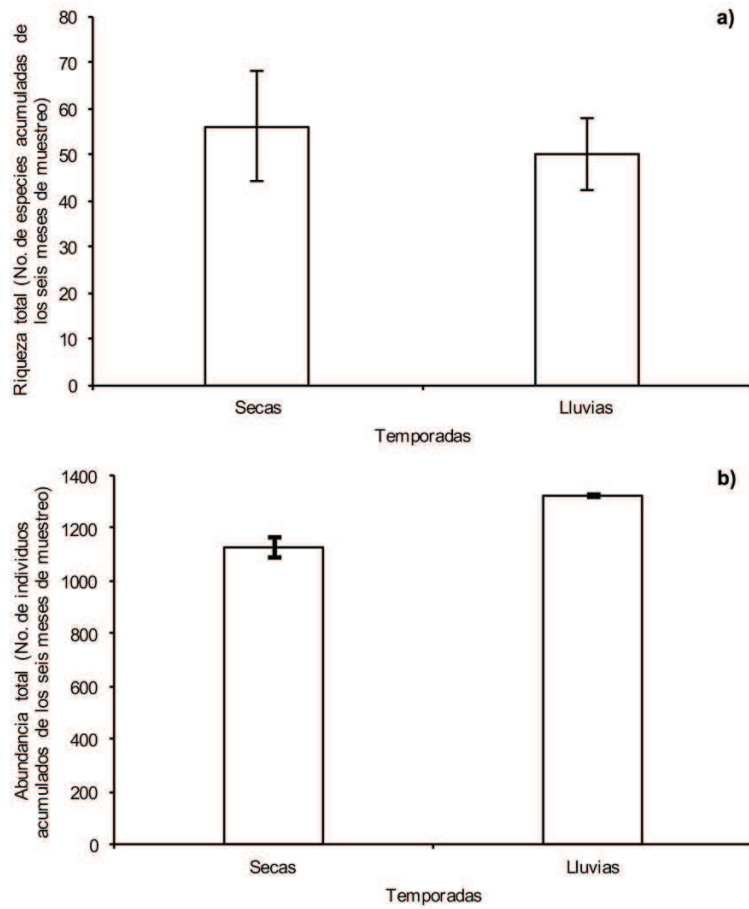


Figura 4. a) Riqueza total (número de especies acumuladas en los seis meses de muestreo) y **b)** Abundancia total (número de individuos acumulados en los seis meses de muestreo) para las dos temporadas. Líneas sobre barras: desviación estándar.

Figure 4. a) Total richness (number of species accumulated in six months), and **b)** Total abundance (number of individuals accumulated during six months) in two seasons.

Capítulo 3. Discusiones y conclusiones generales

Aves y la urbanización

La urbanización en la ciudad de San Cristóbal de La Casas modifica de distintas maneras la avifauna presente. En especial, el comportamiento que tiene la riqueza y la abundancia en áreas verdes urbanas de distinto tamaño. Particularmente las áreas grandes tienen mayor riqueza de especies y menor abundancia de individuos que en áreas verdes pequeñas y medianas. Lo que sigue los patrones generales sugeridos por Blair (1996) y que puede ser determinado también por el aumento de vegetación y la reducción de construcciones y pavimento.

Dentro de las áreas urbanas, existen pocas especies dominantes que han logrado aprovechar los recursos que ofrecen estos hábitats modificados gracias a sus historias de vida particulares, en el caso de este estudio solo se registraron 7 especies de aves dominantes de 75 registradas (Blankship 1966, Garaveski 1976, Clap 1986, Blair 1996, Wethje 2003, Lara et al. 2009). Esto no sucede en zonas no urbanizadas, donde se encuentran, en su mayoría, exclusivamente especies de bosque debido a la respuesta que tienen las aves ante estos hábitats y la complejidad de la vegetación misma en el paisaje (Pineda 2012).

La diferencia entre esta investigación y la realizada por Merino-García (2013) es que el estudio anterior se realizó con aves en humedales de montaña o asociadas mayormente a cuerpos de agua; mientras que el presente estudio se realizó en áreas verdes inmersas en la ciudad de San Cristóbal. El aporte fue describir y entender la variación de la riqueza y abundancia de aves en ambientes modificados. La realización de estos estudios a largo plazo permitirá entender su dinámica y variación en áreas urbanas.

Conclusiones generales

Se encontró un total de 75 especies de aves en las 10 áreas verdes de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas (SCLC) de febrero a julio de 2016, de las cuales 68 % fueron residentes, 29 % migratorias y 3 % transitorias.

El tamaño de las áreas verdes es importante para la diversidad de la avifauna, ya que, a mayor tamaño de área verde, la riqueza de aves aumentó y la abundancia de las especies fue menor en sitios más grandes. En contraste con áreas más pequeñas donde solo unas pocas especies son las dominantes y tienen mayor abundancia de individuos. Las temporadas no mostraron diferencias entre sí por lo que no son independientes una de otra.

El porcentaje de cobertura de dosel está ligado a otras variables de vegetación como el DAP, la altura y número de los árboles, por lo que si disminuye este porcentaje también lo harán la riqueza y abundancia de especies para aquellas que sean dominantes. El porcentaje de superficie total ocupada de vegetación fue la variable más importante de este estudio al ser un factor clave para el aumento, presencia o ausencia de las especies de aves dentro de las áreas verdes.

El aumento en el porcentaje de superficie total ocupada de construcciones y de pavimento disminuye la riqueza de la avifauna, ya que dificulta la conectividad del paisaje entre las áreas verdes remanentes. Sin embargo, la urbanización puede ser beneficiosa para algunas especies de aves consideradas como “urbanas típicas” y que les permite aumentar su abundancia, mientras que para la mayoría de las otras especies “poco abundantes” están ausentes en áreas con mayor urbanización y presentes en áreas verdes más conservadas.

El factor histórico de las áreas verdes también es importante para entender la forma en que la avifauna utiliza estos espacios, tanto para la obtención de alimento, como refugio o sitio de anidación. Igualmente, hay que considerar las particularidades de las áreas verdes y variabilidad intrínseca que puede existir de un área a otra.

La ciudad de SCLC aún mantiene una elevada diversidad de especies (se obtuvo el 41% de la riqueza total que se encuentra en la ciudad). Esto debido a que la urbanización, aunque ha sido acelerada en comparación con otras ciudades del estado de Chiapas, se sigue encontrando especies no abundantes y de sensibilidad alta. Aun así, el crecimiento urbano se está expandiendo hacia los cerros que rodean la ciudad de SCLC, por lo que las áreas verdes que colindan con estas zonas urbanizadas están reduciéndose considerablemente e implican un riesgo en la disponibilidad de recursos y anidamiento para las aves.

Recomendaciones para el estudio y la conservación de la riqueza y la avifauna en las áreas verdes.

1. Establecer programas de manejo y planificación de crecimiento urbano para darle un mantenimiento adecuado a las áreas verdes, y con esto, permitir la conservación de la avifauna presente en estos sitios.
2. Establecer áreas verdes y restaurar sitios carentes de vegetación nativa dentro de la ciudad, para incrementar la diversidad de especies de aves. Así como mantener la heterogeneidad de la estructura vegetal vertical con la inclusión de especies vegetales nativas.
3. Realizar más estudios para estudiar la variabilidad intrínseca y entender mejor las particularidades de cada área verde.
4. Considerar otros factores que pueden influir en la disminución o aumento de la diversidad de la avifauna como son: el grado de aislamiento, la presencia o ausencia de ciertas especies vegetales, la perturbación humana (ruido, vehículos y peatones), conectividad de las áreas verdes y las épocas reproductivas y migratorias de las especies.

Literatura citada

- Adams C, Lindsey K. 2011. Anthropogenic Ecosystems: The Influence of People on Urban Wildlife Populations. En: Niemelä J, ed. *Urban Ecology: Patterns, Processes and Applications*. New York: Oxford University Press, p. 116-128.
- [AOU] American Ornithologist Union. 2016. Checklist of North American Birds. [consultada 2016 Julio 20]. <http://checklist.aou.org>
- Aronson MFJ, Sorte F a La, Nilon CH, Katti M, Goddard MA, Lepczyk CA, Warren PS, Williams NSG, Cilliers S, Clarkson B, et al. 2014. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proc. R. Soc. B* 281:1-8.
- Berlanga H, Gómez de Silva H, Vargas-Canales V, Rodríguez-Contreras V, Sánchez-González LA, Ortega-Álvarez R, Calderón-Parra R. 2015. *Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Berry BJL. 2008. Urbanization. En: Marzluff JM, Endlicher W, Bradley G, Simon U, Shulenberg E, Alberti M, Ryan C, ZumBrunnen C, eds. *Urban Ecology*. New York: Springer, p. 25-48.
- Blair RB. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecol. Appl.* 6:506-519.
- Blair RB. 2001. Creating a Homogeneous Fauna. En: Marzluff JM, Bowman R, Donnelly R, eds. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Norwell: Kluwer Academic Press, p. 461-488.
- Bojorges-Baños JC, López-Mata L. 2006. Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 77:235-249.
- Carbó-Ramírez P, Zuria I. 2011. The value of small urban greenspaces for birds in a Mexican city. *Landsc. Urban Plan.* 100:213-222.
- Cameron AC, Trivedi PK. 2013. *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chao A, Ma KH, Hsieh TC. 2016. User's Guide for iNEXT Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. *Code* 30043:1-14.
- Cisneros-Calderón A, Soto-Pinto L, Estrada-Lugo E. 2012. Entre la conservación del bosque y el crecimiento de la ciudad: las localidades rurales en el espacio periurbano del Huitepec en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *Estud. Demogr. Urbanos Col. Mex.* 27:739-787.
- Clergeau P, Savard JPL, Mennechez G, Falardeau G. 1998. Bird abundance and diversity along an urban-rural gradient: a comparative study between two cities on different continents. *Condor* 100:413-424.
- Clergeau P, Croci S, Jokimäki J, Kaisanlahti-Jokimäki ML, Dinetti M. 2006. Avifauna homogenisation by urbanisation: Analysis at different European latitudes. *Biol. Conserv.* 127:336-344.
- Clucas B, Marzluff JM. 2015. A cross-continental look at the patterns of avian species diversity and composition across an urbanisation gradient. *Wildl. Res.* 42:554-562.

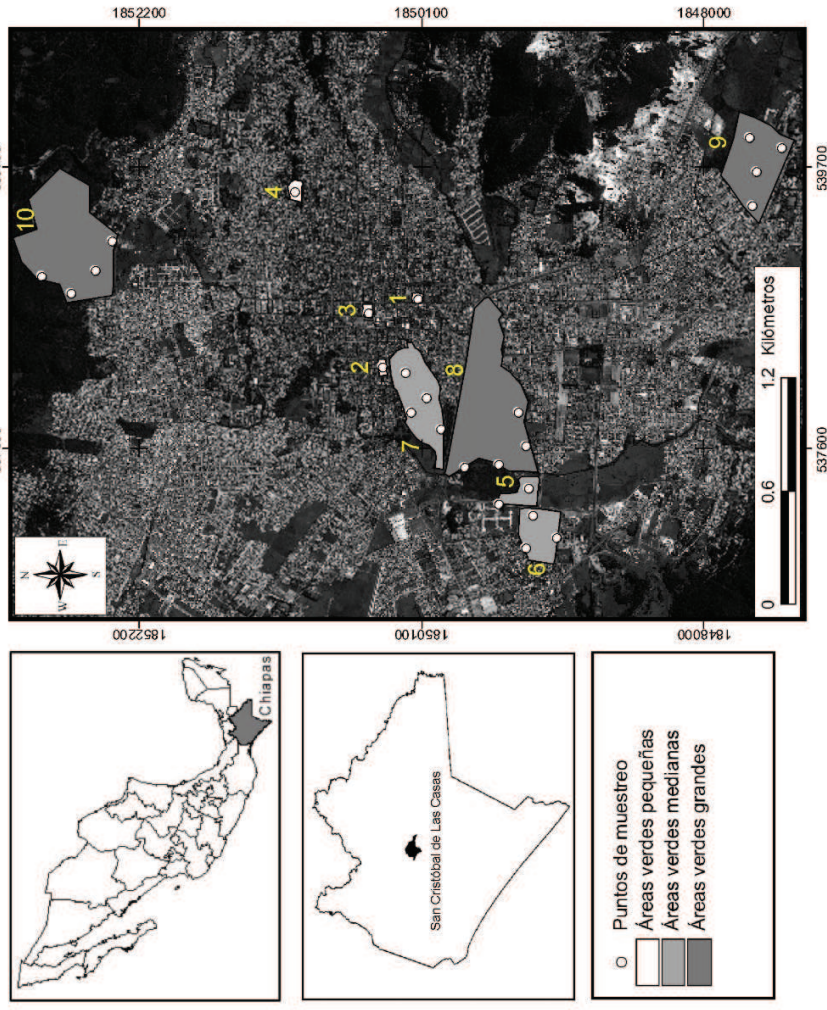
- [CONAGUA] Comisión Nacional del Agua. 2016. Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. [consultado 2016 Diciembre 20]. <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- De la Fuente-Díaz-Ordaz AA. 2003. Estudio de la estructura de las comunidades de aves en los parques urbanos de Puebla y su entorno. [Tesis de Licenciatura] Universidad de las Américas Puebla, 64 p.
- Duncan CD. 1993. Manual para el uso de la fonoteca de las aves de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez: Instituto para la Ornitología del Campo.
- Dunn J, Alderfer J. 2011. National Geographic Field Guide to the Birds of North America. Washington: National Geographic.
- Escalante P, Sada AM, Robles-Gil J. 2014. Listado de nombres comunes de las aves de México. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fernández-Juricic E. 2000. Bird community composition patterns in urban parks of Madrid: the role of age, size and isolation. *Ecol. Res.* 15:373-383.
- Fernández-Juricic E, Jokimäki J. 2001. A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: Case studies from southern and northern Europe. *Biodivers. Conserv.* 10:2023-2043.
- Forman RTT. 2008. Urban Regions: Ecology and Planning Beyond the City. Cambridge: Cambridge University Press.
- García-Méndez A, Lorenzo C, Bernardo-Vazquez LB, Reyna-Hurtado R. 2014. Roedores y murciélagos en espacios verdes en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *Therya* 5:615-632.
- Gibbons DW, Gregory RD. 2006. Birds. Sutherland W ed. En: *Ecological Census Techniques*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 308-350.
- González-Oreja JA, Bonache Regidor C, Buzo-Franco D, De La Fuente-Díaz-Ordaz AA, Hernández-Satín L. 2007. Caracterización ecológica de la avifauna de los parques urbanos de la Ciudad de Puebla (México). *Ardeola* 54:53-67.
- Hostetler M, Holling C. 2000. Detecting the scales at which birds respond to structure in urban landscapes. *Urban Ecosyst.* 4:25-54.
- Howell SNG, Webb S. 1995. A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. New York: Oxford University Press.
- Huffman B. 2011. Aves del Municipio de San Cristóbal. Texas: Chiapas Birding Adventures.
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Clasificaciones del Censo de Población y Vivienda 2010: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Johnston-López K, Macías-Duarte A, Castillo-Gómez RA. 2015. Urban birds in the Sonoran Desert: estimating population density from point counts. *Huitzil* 16:37-47.
- Jokimäki J, Suhonen J. 1998. Distribution and habitat selection of wintering birds in urban environments. *Landsc. Urban Plan.* 39:253-263.
- MacGregor-Fors I, Ortega-Álvarez R. 2011. Fading from the forest: Bird community shifts related to urban park site-specific and landscape traits. *Urban For. Urban Green.* 10:239-246.
- MacGregor-Fors I, Ortega-Álvarez R. 2013. *Ecología Urbana: experiencias en América*. Xalapa: Instituto de Ecología A.C.
- MacGregor-Fors I, Avendaño-Reyes S, Bandala VM, Chacón-Zapata S, Díaz-Toribio MH, González-García F, Lorea-Hernández F, Martínez-Gómez J, Montes de Oca

- E, Montoya L, et al. 2015. Multi-taxonomic diversity patterns in a neotropical green city: a rapid biological assessment. *Urban Ecosyst.* 18:633-647.
- MacGregor-Fors I, Escobar F, Rueda-Hernández R, Avendaño-Reyes S, Baena M, Bandala V, Chacón-Zapata S, Guillén-Servent A, González-García F, Lorea-Hernández F, et al. 2016. City «Green» Contributions: The Role of Urban Greenspaces as Reservoirs for Biodiversity. *Forests* 7:146.
- Magurran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. 1st ed. Blackwell Publishing Ltd. Victoria
- Malagamba-Rubio A, MacGregor-Fors I, Pineda-López R. 2013. Comunidades de aves en áreas verdes de la ciudad de Santiago de Querétaro, México. *Ornitol. Neotrop.* 24:371-386.
- Marzluff JM. 2001. Worldwide urbanization and its effects on birds. En: Marzluff JM, Bowman R, Donnelly R, eds. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Boston: Springer, p. 19-47.
- Marzluff JM, Ewing K. 2008. Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: A general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes. *Urban Ecol. An Int. Perspect. Interact. Between Humans Nat.* 9:739-755.
- McDonnell MJ, Pickett STA. 1990. Ecosystem structure and function along gradients: an unexploited urban-rural opportunity for ecology. *Ecology* 71:1232–1237.
- McDonnell MJ, Hahs AK. 2008. The use of gradient analysis studies in advancing our understanding of the ecology of urbanizing landscapes: Current status and future directions. *Landsc. Ecol.* 23:1143-1155.
- McKinney ML. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosyst.* 11:161-176.
- Melles S, Glenn S, Martin K. 2003. Urban bird diversity and landscape complexity: Species-environment associations along a multiscale habitat gradient. *Ecol. Soc.* 7.
- Merino-García PA. 2013. Diversidad de aves asociadas a los humedales de montaña en San Cristóbal de las Casas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Pineda E. 2012. Patrones de distribución, diversidad y uso de hábitat de las aves de un paisaje perturbado de selva baja caducifolia de Chiapas. Tesis de Doctorado. El Colegio de la Frontera Sur.
- Ralph CJ, Geupel GR, Pyle P, Martin TE, Desante DF, Milá B, John C, Geoffrey R, Thomas E, David F. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Rangel-Salazar JL, Enríquez PL, Will T. 2005. Diversidad de aves en Chiapas: Prioridades de investigación para su conservación. Ramírez-Marcial N y Ruíz-Montoya L. eds. En: *Diversidad Biológica de Chiapas*. Ciudad de México: Plaza y Valdés, p. 265-323
- Savard J-PL, Clergeau P, Mennechez G. 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landsc. Urban Plan.* 48:131-142.
- Seaby RM, Henderson PA. 2006. *Species Diversity and Richness Version 4*. Lymington: Pisces Conservation Ltd.

- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- United Nations. 2005. Definition of «Urban». Nueva York: United Nations.
- Vázquez-Pérez JR, Enríquez PL, Rangel-Salazar JL, Castillo MÁ. 2011. Densidad y uso de hábitat de Búhos en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, Sur de México. *Ornitol. Neotrop.* 22:577-587.
- Vitousek PM. 1997. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 277:494-499.
- Xeno-Canto Foundation. 2014. Xeno-canto [consultada 2016 Septiembre 2]. <http://www.xeno-canto.org/>

Anexos

Anexo I. Mapa de distribución de las 10 áreas verdes con sus respectivas categorías de tamaño y puntos de conteo en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.



Áreas verdes (señaladas con números): 1= Plaza Fray Bartolomé, 2=Plaza La Merced, 3=Parque Central, 4=Na Bolom, 5= Canchas "Víctor Manuel Galindo", 6= Panteón Municipal, 7=Cerrito, 8=SEDEM, 9= La Albarrada y 10= Moxviquil,

Anexo II. Listado de áreas verdes estudiadas divididas por tamaño, número de puntos de conteo y uso de suelo en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas.

Nombre del área	Tamaño (ha) y tipo de área verde	Número de puntos de conteo	Uso de suelo actual
Plaza Fray Bartolomé de Las Casas	0.3 *P	1	Parque
Plaza La Merced	0.4 *P	1	Parque
Parque Central	0.4 *P	1	Parque
Na Bolom	1 *P	1	Jardín particular/Museo
Canchas “Valentino Manuel Galindo”	6.19 *M	2	Cancha deportiva
Panteón Municipal	11 *M	3	Cementerio
Cerrito	17*M	4	Iglesia / área para hacer ejercicio / bosque urbano
Servicios Deportivos Municipales (SEDEM)	25 *G	4	Área de humedal / área deportiva
La Albarrada	30 *G	4	Centro de Desarrollo Comunitario / área de humedal / zona de cultivo
Moxviquil	97 *G	4	Reserva

ha= Hectáreas, P = Pequeña (0.3 – 1 ha), M= Mediana (6-24 ha), G= Grande (>25 ha)

Anexo V. Listado taxonómico de las especies de aves registradas en 10 áreas verdes en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

Nombre científico	Nombre en español	Nombre en inglés	Estacionalidad	Endemismo	IUCN	Sensibilidad	NOM 059-2010
ANSERIFORMES							
Anatidae							
<i>Anas discors</i>	Cerceta ala azul	Blue-winged Teal	Migratoria		LC	B	
GALLIFORMES							
Odontophoridae							
<i>Dactyortyx thoracicus</i>	Codomiz silbadora	Singing Quail	Residente		LC	M	Pr
COLUMBIFORMES							
Columbidae							
<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	Rock Pigeon	Residente	EXO	LC	B	
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma morada	Red-billed Pigeon	Residente		LC	M	
<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga	Inca Dove	Residente		LC	B	
APODIFORMES							
Trochilidae							
<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnífico	Magnificent Hummingbird	Residente		LC	M	
<i>Lamprolaima thami</i>	Colibrí ala castaña	Garnet-throated Hummingbird	Residente		LC	M	A
<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí garganta rubi	Ruby-throated Hummingbird	Migratoria		LC	B	
<i>Hylocharis leucotis</i>	Zafiro oreja blanca	White-eared Hummingbird	Residente		LC	M	
GRUIFORMES							
Rallidae							
<i>Fulica americana</i>	Gallareta americana	American Coot	Residente		LC	B	
Charadriiformes							
Scolopacidae							
<i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita	Spotted Sandpiper	Migratoria		LC	B	
PELECANIFORMES							
Ardeidae							
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	Great Egret	Residente		LC	B	
<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul	Little Blue Heron	Residente		LC	M	
Accipitriformes							
Cathartidae							
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	Turkey Vulture	Residente		LC	B	
Accipitridae							

<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Aguiluilla cola blanca	White-tailed Hawk	Residente		LC	B	Pr
<i>Buteo brachyurus</i>	Aguiluilla cola corta	Short-tailed Hawk	Residente		LC	M	
TROGONIFORMES							
Trogonidae							
<i>Trogon mexicanus</i>	Trogon mexicano	Mountain Trogon	Residente		LC	M	
PICIFORMES							
Picidae							
<i>Sphyrapicus varius</i>	Chupasavia maculado	Yellow-bellied Sapsucker	Migratoria		LC	M	
<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero de-pechera norteño	Northern Flicker	Residente		LC	B	
PSITTACIFORMES							
Psittacidae							
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	White-fronted Parrot	Residente		LC	M	Pr
Tyrannidae							
<i>Contopus pertinax</i>	Pibí tengo frío	Greater Pewee	Residente		LC	M	
<i>Contopus virens</i>	Pibí oriental	Eastern Wood-Pewee	Transitoria		LC	M	
<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas negro	Black Phoebe	Residente		LC	B	
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	Vermilion Flycatcher	Residente		LC	B	
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	Dusky-capped Flycatcher	Residente		LC	B	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	Tropical Kingbird	Residente		LC	B	
PASSERIFORMES							
Vireonidae							
<i>Vireo huttoni</i>	Vireo reyezuelo	Hutton's Vireo	Residente		LC	M	
Corvidae							
<i>Cyanocitta stelleri</i>	Chara crestada	Steller's Jay	Residente		LC	M	
Hirundinidae							
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina ala aserrada	Northern Rough-winged Swallow	Residente		LC	B	
<i>Petrochelidon fulva</i>	Golondrina pueblera	Cave Swallow	Residente / MLD		LC	B	
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	Barn Swallow	Migratoria		LC	B	
Aegithalidae							
<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo	Bushtit	Residente		LC	B	
Troglodytidae							
<i>Troglodytes rufociliatus</i>	Chivirín ceja rufa	Rufous-browed Wren	Residente		LC	M	
Turdidae							
<i>Sialia sialis</i>	Azulejo garganta canela	Eastern Bluebird	Residente		LC	B	

<i>Myadestes occidentalis</i>	Ciarín jilguero	Brown-backed Solitaire	Residente		LC	M	Pr
<i>Catharus frantzii</i>	Zorzal de Frantzius	Ruddy-capped Nighthingale-Thrush	Residente		LC	M	A
<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Swainson	Swainson's Thrush	Migratoria		LC	B	
<i>Turdus infuscatus</i>	Mirlo negro	Black Thrush	Residente		LC	AI	A
<i>Turdus grayi</i>	Mirlo pardo	Clay-colored Thrush	Residente		LC	B	
<i>Turdus rufitorques</i>	Mirlo cuello rufo	Rufous-collared Robin	Residente	CE		M	A
Mimidae							
<i>Dumetella carolinensis</i>	Mauilador gris	Gray Catbird	Migratoria		LC	M	
<i>Mimus gilvus</i>	Cenzontle tropical	Tropical Mockingbird	Residente		LC	B	
Ptilionotidae							
<i>Ptilogonys cinereus</i>	Capulnero gris	Gray Silky-flycatcher	Residente	CE		B	
Peucedramidae							
<i>Peucedramus taeniatus</i>	Ocotero enmascarado	Olive Warbler	Residente		LC	M	
Passeridae							
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión doméstico	House Sparrow	Residente	EXO		B	
Fringillidae							
<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón mexicano	House Finch	Residente		LC	B	
<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero dominico	Lesser Goldfinch	Residente			B	
<i>Coccothraustes abeliei</i>	Picogrueso encapuchado	Hooded Grosbeak	Residente	CE		M	
Parulidae							
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Chipe arroyero	Northern Waterthrush	Migratoria		LC	M	
<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	Black-and-white Warbler	Migratoria		LC	B	
<i>Oreothlypis superciliosa</i>	Parula ceja blanca	Crescent-chested Warbler	Residente		LC	M	
<i>Oreothlypis peregrina</i>	Chipe peregrino	Tennessee Warbler	Migratoria		LC	B	
<i>Oreothlypis celata</i>	Chipe corona naranja	Orange-crowned Warbler	Migratoria		LC	M	
<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	Common Yellowthroat	Migratoria		LC	B	
<i>Setophaga magnolia</i>	Chipe de Magnolia	Magnolia Warbler	Migratoria		LC	B	
<i>Setophaga fusca</i>	Chipe garganta naranja	Blackburnian Warbler	Migratoria		LC	M	

<i>Setophaga towsendi</i>	Chipe negro amarillo	Towsend's Warbler	Migratoria		LC	B	
<i>Setophaga occidentalis</i>	Chipe cabeza amarilla	Hermit Warbler	Migratoria		LC	B	
<i>Setophaga virens</i>	Chipe dorso verde	Black-throated Green Warbler	Migratoria		LC	B	
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorra rufa	Rufous-capped Warbler	Residente	CE	LC	B	
<i>Cardellina canadensis</i>	Chipe de collar	Canada Warbler	Transitoria		LC	M	
<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe corona negra	Wilson's Warbler	Migratoria		LC	B	
<i>Myioborus miniatus</i>	Chipe de montaña	Slate-throated Redstart	Residente		LC	B	
Thraupidae							
<i>Diglossa baritula</i>	Picafloj canelo	Cinnamon- bellied Flowerpiercer	Residente		LC	B	
<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	White-collared Seedeater	Residente		LC	B	
Emberizidae							
<i>Pipilo maculatus</i>	Toquí pinto	Spotted Towhee	Residente		LC	B	
<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión chingolo	Rufous-collared Sparrow	Residente		LC	B	
Cardinalidae							
<i>Piranga flava</i>	Tángara encinera	Hepatic Tanager	Residente		LC	B	
<i>Piranga rubra</i>	Tángara roja	Summer Tanager	Migratoria		LC	B	
<i>Piranga ludoviciana</i>	Tángara capucha roja	Western Tanager	Migratoria		LC	M	
Icteridae							
<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	Red-winged Blackbird	Residente		LC	B	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	Great-tailed Grackle	Residente		LC	B	
<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	Bronzed Cowbird	Residente		LC	B	
<i>Icterus spurius</i>	Bolsero castaño	Orchard Oriole	Migratoria		LC	B	
<i>Icterus galbula</i>	Bolsero de Baltimore	Baltimore Oriole	Migratoria		LC	M	

*Orden taxonómico acorde a AOU 2016.

<i>Setophaga fusca</i>			X	X						
<i>Setophaga townsendi</i>				X		X	X	X	X	X
<i>Setophaga occidentalis</i>						X				X
<i>Setophaga virens</i>						X				X
<i>Basileuterus rufifrons</i>									X	
<i>Cardellina canadensis</i>								X		
<i>Cardellina pusilla</i>			X	X		X	X	X		
<i>Myioborus miniatus</i>										X
<i>Diglossa baritula</i>										X
<i>Sporophila torqueola</i>								X	X	
<i>Pipilo maculatus</i>							X			
<i>Zonotrichia capensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Piranga flava</i>					X		X			X
<i>Piranga rubra</i>						X				
<i>Piranga ludoviciana</i>						X		X	X	X
<i>Agelaius phoeniceus</i>					X			X	X	
<i>Quiscalus mexicanus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Molothrus aeneus</i>							X	X	X	
<i>Icterus spurius</i>									X	
<i>Icterus galbula</i>						X		X		
Total de especies	4	6	7	13	18	14	21	32	30	32

Áreas verdes: PFB= Plaza Fray Bartolomé, PLM= Plaza La Merced, PC=Parque Central, NB= Na Bolom, CVMG= Canchas Víctor Manuel Galindo, PM= Panteón Municipal, CERR= Cerrito, SED= SEDEM, ALB= La Albarrada, MOXVI = Moxviquil

*Orden taxonómico AOU 2016.

Anexo VII. Distribución de las especies vegetales en las diez áreas verdes muestreadas en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

Familia	Especie	Estatus Migratorio	PFB	PLM	PC	NB	CVMG	PM	CERR	SED	ALB	MOXVI
Adoxaceae	<i>Sambucus canadensis</i> L.	Nativa			X						X	
Arecaceae	<i>Phoenix canariensis</i> Wildpret.	Introducida										X
Asteraceae	<i>Cineraria salicifolia</i> Kunth.	Nativa									X	
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i> (Schltdl.) Furlow	Nativa					X					
Bignoniaceae	<i>Jacaranda acutifolia</i> Bonpl.	Introducida	X						X	X	X	X
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Nativa	X									
	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Introducida					X					
Cornaceae	<i>Cornus excelisa</i> Kunth.	Nativa						X				
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Introducida									X	
Fabaceae	<i>Calliandra grandiflora</i> (L'Hér.) Benth.	Nativa							X			
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp. L.	Nativa				X						
	<i>Quercus crispipilis</i> Trel.	Nativa										X
	<i>Quercus rugosa</i> Née.	Nativa										X
	<i>Quercus segoviensis</i> Liebm.	Nativa										X
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Introducida	X					X				
Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Nativa			X							
	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	Introducida	X		X			X	X	X	X	
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Nativa			X				X	X		X
Poaceae	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Introducida					X				X	
Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i> DC.	Nativa							X			
	<i>Mespilus japonica</i> Thunb.	Introducida							X			
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Nativa									X	
Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i> La Llave.	Introducida							X			
Salicaceae	<i>Salix borplandiana</i> Kunth.	Nativa								X		
Sapindaceae	<i>Acer negundo</i> L.	Nativa	X		X							
Taxodiaceae	<i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	Nativa									X	
Typhaceae	<i>Typha latifolia</i> L.	Nativa									X	
	<i>Typha tenuifolia</i> Kunth.	Nativa									X	
	Total de especies		4	3	5	4	6	3	8	4	8	5

Áreas verdes: PFB= Plaza Fray Bartolomé, PLM= Plaza La Merced, PC=Parque Central, NB= Na Bolom, CVMG= Canchas Víctor Manuel Galindo, PM= Panteón Municipal, CERR= Cerrito, SED= SEDEM, ALB= La Albarrada, MOXVI = Moxviquil

Anexo VIII. Variables locales de vegetación y de paisaje relacionadas a la riqueza y abundancia de la matriz de correlación de Pearson. Locales n=4 y Paisaje n=4.

		Correlaciones									
		Abunda	Riqueza	Z(Cobert)	Z(ARB)	Z(DAP)	Z(ALT)	Z(veg100)	Z(const100)	Z(pav100)	Z(av100)
Abunda	Correlación de Pearson	1	.918**	-.286*	-.111	-.094	-.018	.523**	-.705**	-.319*	-.562**
	Sig. (bilateral)		.000	.029	.405	.481	.893	.000	.000	.015	.000
Riqueza	Correlación de Pearson	.918**	1	-.280*	.014	-.197	-.144	.540**	-.647**	-.379**	-.502**
	Sig. (bilateral)	.000		.033	.916	.139	.281	.000	.000	.003	.000
Z(Cobert)	Correlación de Pearson	-.286*	-.280*	1	.371**	-.074	.274*	-.076	-.058	.075	.610**
	Sig. (bilateral)	.029	.033		.003	.573	.034	.561	.657	.568	.000
Z(ARB)	Correlación de Pearson	-.111	.014	.371**	1	-.388**	-.451**	.360**	.323*	-.522**	-.005
	Sig. (bilateral)	.405	.916	.003		.002	.000	.005	.012	.000	.970
Z(DAP)	Correlación de Pearson	-.094	-.197	-.074	-.388**	1	.721**	-.750**	.100	.735**	.164
	Sig. (bilateral)	.481	.139	.573	.002		.000	.000	.447	.000	.211
Z(ALT)	Correlación de Pearson	-.018	-.144	.274*	-.451**	.721**	1	-.495**	-.206	.702**	.273*
	Sig. (bilateral)	.893	.281	.034	.000	.000		.000	.113	.000	.035
Z(veg100)	Correlación de Pearson	.523**	.540**	-.076	.360**	-.750**	-.495**	1	-.341**	-.892**	-.489**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.561	.005	.000	.000		.008	.000	.000
Z(const100)	Correlación de Pearson	-.705**	-.647**	-.058	.323*	.100	-.206	-.341**	1	.081	.161
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.657	.012	.447	.113	.008		.540	.219
Z(pav100)	Correlación de Pearson	-.319*	-.379**	.075	-.522**	.735**	.702**	-.892**	.081	1	.265*
	Sig. (bilateral)	.015	.003	.568	.000	.000	.540	.000	.540		.041
Z(av100)	Correlación de Pearson	-.562**	-.502**	.610**	-.005	.164	.273*	-.489**	.161	.265*	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.970	.211	.035	.000	.219	.041	

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

Abunda= Abundancia, Cobert= Cobertura vegetal, Const100= Porcentaje de construcciones en buffers de 100 m, AV100= Porcentaje de áreas verdes en buffers de 100 m.

Variables transformadas a valores z para homogenizar unidades.

