

AVES VISITANTES A LAS FLORES DEL MAGUEY (*AGAVE SALMIANA*) EN UNA ZONA URBANA DEL CENTRO DE MÉXICO

Laura Gómez-Aíza¹ & Iriana Zuria²

Centro de Investigaciones Biológicas, Apartado Postal 69-1 Plaza Juárez, Pachuca, Hidalgo, C.P. 42001, México. *E-mail*: ¹galausa2001@yahoo.com.mx, ²izuria@uaeh.edu.mx

Abstract. – Bird visitation to maguey flowers (*Agave salmiana*) in an urban area of central Mexico. – Some species of *Agave* are considered key species for the conservation of biodiversity in arid and semiarid zones, because they offer varied resources during its sexual reproductive period. However, the importance of these plants for birds in human-modified landscapes, such as cities, has not been explored. In this paper we study birds that visit maguey flowers (*Agave salmiana* Otto & Salm) in the city of Pachuca, Hidalgo, Mexico and the relationship between bird species richness, the size of the inflorescence, and the urbanization level around each individual plant. We registered 39 species of birds as visitors to maguey flowers, 28 of them have not been reported before as visitors to *A. salmiana* flowers. According to the calculated richness estimators, at least other nine species could be registered. We compared species accumulation curves for each of the 42 plants and qualitatively related them with the surrounding urbanization. The areas in which we registered higher bird species richness were areas with lower values of urbanization and disturbance. Our results indicate that the sexual reproduction of *A. salmiana* is an important event for the management and the conservation of birds in the cities.

Resumen. – Algunas especies del género *Agave* son consideradas especies clave para la conservación de la biodiversidad en zonas áridas y semiáridas, ya que ofrecen recursos variados durante su etapa de reproducción sexual. Sin embargo, todavía no se conoce la importancia de estas plantas para las aves en ambientes modificados como las ciudades. En este trabajo estudiamos la riqueza de aves visitantes a las inflorescencias de *Agave salmiana* (Otto & Salm) en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México y su relación con algunos factores como el tamaño de la inflorescencia y el nivel de urbanización circundante al individuo de maguey. Se registraron 39 especies de aves visitantes, 28 de las cuales no habían sido registradas anteriormente como visitantes de las flores de *A. salmiana*. De acuerdo con los estimadores de riqueza calculados faltarían al menos nueve especies por registrar. Se compararon las curvas de acumulación de especies de cada uno de los 42 magueyes observados y se relacionaron de manera cualitativa con la urbanización circundante. Las áreas en donde se registró una mayor atracción de especies de aves fueron zonas con un porcentaje bajo de estructuras urbanas y con baja perturbación. Estos resultados señalan a la reproducción sexual de *A. salmiana* como un evento importante para el manejo y la conservación de la avifauna en las ciudades. *Aceptado el 11 de Noviembre de 2009.*

Key words: Species richness, urbanization, bird-plant interactions, Neotropical migratory birds.

INTRODUCCIÓN

La cantidad y variedad de recursos que algunas especies del género *Agave* generan en su etapa de reproducción sexual atraen una amplia diversidad de insectos, aves y mamí-

feros (Gentry 1982, Martínez del Río & Eguiarte 1987, Rocha *et al.* 2005). Por esta razón se han considerado especies clave para la conservación de la biodiversidad en zonas áridas y semiáridas (Rocha *et al.* 2005, Rocha *et al.* 2006).

Agave salmiana Otto & Salm (maguey pulquero) es una especie abundante que se cultiva en el centro de México y produce una inflorescencia que genera muchos recursos, los cuales son aprovechados por diversos grupos biológicos (Martínez del Río & Eguiarte 1987, Estrella 2005). En ambientes naturales, forma su inflorescencia después de 10 años de crecimiento basal (Gentry 1982). El escapo puede medir de 6 a 8 metros de altura y puede tener de 15 a 25 panículas, cada una con umbelas que tienen aproximadamente 150 flores (Gentry 1982, Martínez del Río & Eguiarte 1987, Fig. 1). Cada flor produce una cantidad de néctar elevada (en promedio 101.6 µl de néctar cada 2 horas las 24 horas del día) que varía de acuerdo a la hora y la etapa fenológica en la que se encuentre (Slauson 2000, Estrella 2005). En el Valle de México, la producción de néctar de esta especie se puede observar desde principios de Febrero hasta a finales Julio (L. Gómez observ. pers.). Aunado a ello, el proceso de maduración de las flores de cada individuo se lleva a cabo en diferentes tiempos, dependiendo del lugar que ocupen en la inflorescencia (Fig. 1), por lo que el periodo de reproducción sexual de un solo individuo y su capacidad de ofrecer recursos puede alargarse por tres meses (L. Gómez observ. pers.).

Los polinizadores de *A. salmiana* son exclusivamente vertebrados, pero destacan las aves por ser los visitantes más abundantes (Estrella 2005). Durante el día, el néctar y otros recursos como el polen, la cera e incluso algunos insectos, son aprovechados por diversas especies de aves, algunas de las cuales establecen y defienden territorios alrededor de la inflorescencia (Martínez del Río & Eguiarte 1987). Se han reportado 21 especies de aves visitantes a las flores del maguey pulquero en dos lugares del Valle de México (vegetación nativa remanente de la Cd. México, Martínez del Río & Eguiarte 1987; y Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Estrella 2005) con

sólo una especie común en ambos sitios. Esto puede sugerir que la composición de especies visitantes a la inflorescencia del maguey depende de la zona de estudio y que los inventarios están aún incompletos. Además, la importancia que pudiera tener el proceso de reproducción sexual de los agaves para las aves, y en particular en ambientes modificados como las ciudades, ha sido poco explorada. En este trabajo estudiamos la riqueza de aves visitantes a las inflorescencias de *A. salmiana* dentro de la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México y su relación con algunos factores como el tamaño de la inflorescencia y el nivel de urbanización circundante al individuo de maguey.

MÉTODOS

Zona de estudio. La ciudad de Pachuca, Hidalgo, México, se localiza entre los 19°50' y 20°10'N, y los 98°41' y 98°57'W (Fig. 2). Presenta una altitud que va de los 2400 a los 2800 msnm (Acropla 1994). El clima es semiseco templado con verano cálido, la temperatura media anual es de 15°C, la máxima se presenta en Mayo (32°C) y la mínima en Enero (5°C); la precipitación media anual es de 366 mm; la humedad relativa promedio es de 49% y la velocidad promedio del viento de 24 m/s (Acropla 1994).

Desde comienzos de la década de los 90's, la ciudad de Pachuca se caracterizó por presentar dominancia en un sólo tipo de uso de suelo, el habitacional (Fleming 1999). En la actualidad esta situación prevalece y sólo aproximadamente el 8% de la superficie de la ciudad está destinado a ser reserva ecológica con matorral xerófilo como vegetación nativa remanente (Fig. 2). La vegetación dentro del fundo legal de la ciudad es escasa y consiste en agrupaciones dispersas de matorral xerófilo, pastizal inducido, pastizal con erosión, chaparral y agricultura de temporal (Acropla 1994, Fleming 1999,

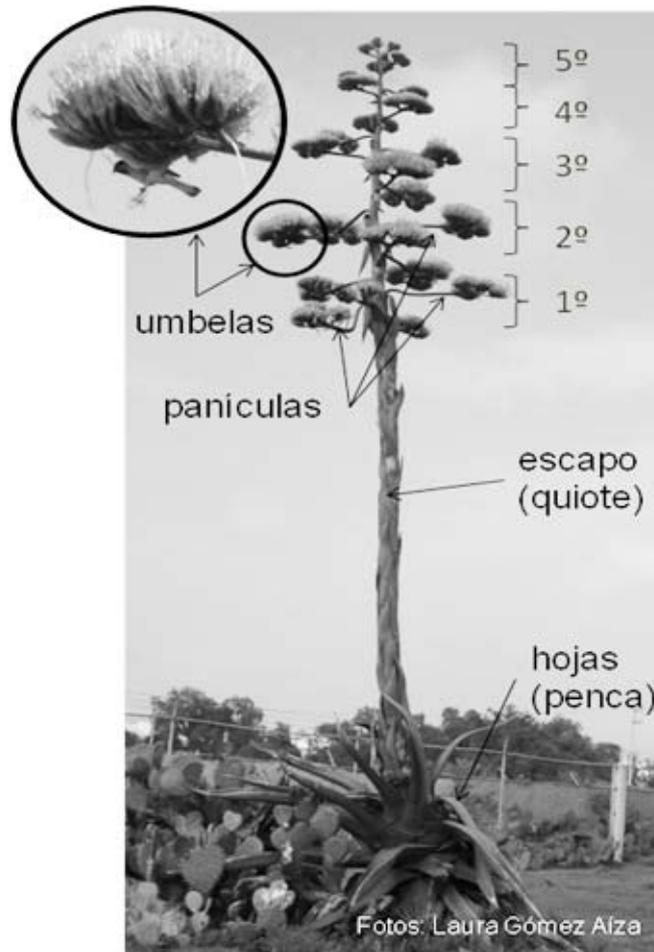


FIG. 1. Maguero pulquero (*Agave salmiana*) con inflorescencia. Se muestran las partes principales de la planta y sus nombres. Los números al lado de las panículas representan el orden en el que las flores de las umbelas van madurando.

Municipio de Pachuca de Soto Hidalgo 2006). Se han reportado 83 especies de aves en la ciudad, 23 de las cuales son residentes y el resto (72.3%) tienen algún estatus migratorio (Carbó-Ramírez 2008, Zuria *et al.* 2009).

Aves visitantes a las flores. De Marzo a Julio de 2006 y 2007 se registraron las aves visitantes a las inflorescencias de 42 individuos de *A. salmiana* distribuidos en distintas zonas de la ciudad de Pachuca (Fig. 2). Todos los individuos

de maguero observados debían cumplir con la condición de presentar umbelas con flores estaminadas (flor con androceo maduro y gineceo en desarrollo), ya que se ha reportado que la diversidad y frecuencia de visitas de distintos organismos a las inflorescencias de los agaves están determinadas por las características de cada individuo, su fenología y la producción de néctar, siendo la fase estaminada la más visitada (Arizaga *et al.* 2000, Slauson



FIG. 2. Localización de la ciudad de Pachuca en el estado de Hidalgo, México. Los puntos representan las localizaciones de los individuos de maguay muestreados en este trabajo.

2000, Flores 2005). Para realizar los registros se utilizaron binoculares 8x42, vestimenta discreta y la distancia de observación fue por lo menos a siete metros del maguay, evitando movimientos bruscos que pudieran ahuyentar a las aves, como lo sugieren Martínez del Río & Eguiarte (1987). Las observaciones se realizaron una hora después del amanecer para evitar errores en la identificación de las aves provocados por la falta de nitidez. Se estableció un periodo de observación de dos horas continuas para cada maguay, que fue de las 08:00 a las 10:00 h (horario de verano), y se

registraron todas las aves que llegaron a la inflorescencia. En algunos casos se realizaron varios muestreos sobre un mismo individuo, por lo que los tiempos totales de observación varían de planta a planta.

Se identificó a las especies de aves visitantes siguiendo la nomenclatura de la AOU (1998, 2009) y se estableció su estatus de residencia (o migración) de acuerdo con Martínez-Morales *et al.* (2007). Se registró también la frecuencia de visitas de aves a la inflorescencia, tanto global (número de aves visitantes en dos horas) como por especie (número

de visitas de cada especie de ave en dos horas). Se consideró cada visita como evento independiente, aunque se pudiera tratar de un mismo individuo que visitara la inflorescencia en repetidas ocasiones durante el periodo de observación, ya que es imposible distinguir entre individuos si éstos no se encuentran marcados. El número de visitas obtenido de esta manera proporciona una medida de la capacidad de atracción de aves que tiene cada individuo de maguey, aunque no necesariamente es una medida del número de individuos visitantes.

También se registró el número de panículas de cada individuo de maguey durante el muestreo con el propósito de estimar la cantidad de recurso que ofrecía. Para conocer la relación entre esta variable y la avifauna visitante, se restringieron los datos a dos horas continuas de observación por individuo de maguey, realizando un sub-muestreo aleatorio sobre la totalidad de los datos de cada maguey. Las relaciones entre el número de panículas con la riqueza de especies de aves y con la frecuencia global de visitas se exploraron utilizando análisis de regresión. En todos los casos se comprobó que los datos cumplieran con los supuestos de normalidad (Montgomery & Peak 1992, Hines & Montgomery 1993). Estos análisis se realizaron usando SigmaStat 3.5 (Systat 1999).

Curvas de acumulación de especies y niveles de urbanización y perturbación. Con el total de datos obtenidos en todos los muestreos se realizaron estimaciones de las especies que faltaron por registrar, usando los estimadores Chao2, Jackknife1 y Jackknife2 (EstimateS 8.0 Colwell 2006), el primero para evitar los sesgos originados por situaciones de poca afluencia de especies a un individuo de maguey, el segundo y el tercero para los casos en los que una especie sólo llegara a uno o a dos individuos de *A. salmiana*, respectivamente (Moreno, 2001). Para ello se utilizaron

los datos de incidencia (presencia o ausencia) en lugar de los datos de abundancia, debido a que la frecuencia de visitas no necesariamente es una medida del número de individuos visitantes (Martínez del Río & Eguiarte 1987, Moreno 2001, Magurran 2004, Colwell 2006).

También se elaboró una gráfica que concentrara las curvas individuales de acumulación de especies de aves visitantes a cada maguey (EstimateS 8.0 Colwell, 2006), utilizando los resultados del sub-muestreo. Se revisó el comportamiento de cada curva en relación con las coberturas circundantes (urbana o área verde) y las perturbaciones generadas por la dinámica citadina. Las coberturas se obtuvieron a partir de la exploración de la imagen de satélite de la ciudad (IKONOS-2 de la zona, 1m de resolución, 2004) en el programa ArcView 3.2 (ESRI, 1995) y también con observaciones en campo. Para estimar las perturbaciones, se definieron cuatro categorías de intensidad de perturbaciones basadas en observaciones subjetivas (a criterio del observador durante el periodo de muestreo) de la afluencia vehicular y el ruido: perturbación alta, media, baja y nula. Se consideraron como zonas de alta perturbación aquellas áreas en donde el ruido y el tráfico vehicular fueran intensos, y zonas de perturbación nula en donde dichas variables no se observaron. Para minimizar los sesgos que este método pudiera causar, las estimaciones fueron realizadas por un solo observador, quien determinó a qué categoría pertenecía cada individuo de maguey muestreado. Finalmente, se definieron cuatro categorías de "nivel de urbanización" tomando en cuenta las coberturas de uso de suelo y las categorías de intensidad de perturbaciones: "urbanización alta", en donde la cobertura de uso de suelo urbano fue dominante y la perturbación alta; "urbanización media", con una cobertura de uso de suelo urbano alta y perturbación media; "urbanización baja", con gran cobertura de áreas verdes y perturbación baja; y por

último "urbanización nula", en donde la cobertura de suelo estuvo dominada por áreas verdes y la perturbación fue nula. Basados en estas observaciones, se creó una gráfica que presentara las curvas promedio de acumulación de especies (con intervalo de confianza al 95%) para cada nivel de urbanización. Se comparó la riqueza de especies de aves entre los niveles de urbanización mediante un análisis de Kruskal-Wallis y una prueba *a posteriori* utilizando el método de Dunn. Estos análisis se realizaron usando SigmaStat 3.5 (Systat 1999).

RESULTADOS

Durante los dos años se observaron 42 inflorescencias de *A. salmiana* distribuidas en la ciudad de Pachuca (Fig. 2). La mayoría presentó de 11 a 31 panículas; sin embargo, se encontraron seis individuos que perdieron la yema apical y sólo presentaron de una a tres umbelas con flores. En total, se realizaron 207,5 horas de observación en las que se registraron 3767 visitas de aves. Estos visitantes estuvieron distribuidos en 17 familias y 39 especies (Tabla 1). Aunque aproximadamente la mitad de las especies de aves fueron migratorias (43,2%), la mayoría de las visitas fueron realizadas por especies residentes (80,7%), mientras que las migratorias sólo contribuyeron con el 11,8% de las visitas; el resto correspondió a individuos de especies no identificadas. Las familias Icteridae y Trochilidae fueron las que presentaron mayor riqueza de especies visitantes a las flores de *A. salmiana*, con 10 y 7 especies respectivamente. Estas dos familias junto con Fringillidae contribuyeron con el 89,4% de visitas a las flores del maguey (Trochilidae con 1938, Fringillidae con 806 y Icteridae con 624 visitas; Tabla 1).

La comunidad de aves visitantes a las inflorescencias de *A. salmiana* presentó inequitatividad con respecto a las frecuencias de

visitas, ya que aproximadamente el 60% de las visitas las realizaron tres especies (*Cyananthus latirostris*, *Carpodacus mexicanus* y *Eugenes fulgens*), alrededor del 30% correspondieron a seis especies (*Icterus wagleri*, *Calothorax lucifer*, *I. parisorum*, *Toxostoma curvirostre*, *I. bullockii* y *Picoides scalaris*), cerca del 8% de las visitas correspondieron a ocho especies y menos de 2% del total lo realizaron 22 especies (Tabla 1).

Para analizar la riqueza de especies que visita las flores de *A. salmiana* se ignoraron los datos de aquellos individuos que no fueron identificados hasta el nivel de especie. Según los estimadores Jackknife1, Chao2 y Jackknife2, faltarían 9, 12 ó 16 especies por registrar, respectivamente. La riqueza de especies y la frecuencia de visitas por individuo de *A. salmiana* muestreado variaron de 1 a 10 especies y de 0,5 a 141,5 visitas por hora, respectivamente.

La relación entre el número de panículas formadas por *A. salmiana* y la riqueza de aves visitantes fue positiva y estadísticamente significativa ($R^2 = 0,182$, $F = 8,897$, $P = 0,005$, $gl = 41$, Fig. 3), al igual que la relación entre el número de panículas y la frecuencia de visitas de aves ($R^2 = 0,148$, $F = 6,927$, $P = 0,012$, $gl = 41$, Fig. 4), en ambos casos, el porcentaje de variación que explican los modelos fue muy bajo. Se intentó buscar un mejor ajuste utilizando modelos no lineales, así como la eliminación de datos extremos, sin embargo en ningún caso se obtuvo un mejor valor de R^2 . Entonces, aunque de manera general se puede esperar que al aumentar el número de panículas también aumente el número de especies de aves que visitan la inflorescencia, existen casos de individuos de maguey con pocas panículas que pueden atraer a diversas especies de aves, incluso tantas como individuos con 17 ó más panículas (Fig. 3). De la misma manera, algunos individuos con pocas panículas son capaces de soportar una alta frecuencia de visitas (Fig. 4). Estos datos indican que, aunque el número de panículas es un ele-

TABLA 1. Listado de familias, especies, estatus de residencia, número de visitas y porcentaje de cada especie de ave que visitó las flores de *Agave salmiana* presentes en la ciudad de Pachuca durante 2006 y 2007 (el arreglo de las especies y la nomenclatura siguen a la AOU 1998, 2009). El estatus de residencia fue determinado de acuerdo a Martínez-Morales *et al.* (2007). n.i.: especie no identificada.

Familia	Especie	Estatus de residencia	Número de visitas	% de visitas con respecto al total
Columbidae	<i>Columbina inca</i>	R	1	0,027
Trochilidae	<i>Cyananthus latirostris</i>	R	889	23,600
	<i>Hylocharis leucotis</i>	M	52	1,380
	<i>Lampornis clemenciae</i>	M	6	0,159
	<i>Eugenes fulgens</i>	R	591	15,689
	<i>Calothorax lucifer</i>	M	148	3,929
	<i>Archilochus colubris</i>	M	3	0,080
	<i>Selasphorus platycercus</i>	M	6	0,159
	<i>Colibrí</i> (varias especies n.i.)	-	243	6,451
Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	R	13	0,345
	<i>Picoides scalaris</i>	R	97	2,575
Tyrannidae	<i>Empidonax</i> sp.	M	2	0,053
	<i>Tyrannus vociferans</i>	R	2	0,053
Laniidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	R	16	0,425
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	R	48	1,274
	<i>Thryomanes bewickii</i>	R	3	0,080
Regulidae	<i>Regulus calendula</i>	M	4	0,106
Sylviidae	<i>Poliophtila caerulea</i>	M	2	0,053
Turdidae	Especie n.i.	-	1	0,027
Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	M	2	0,053
	<i>Toxostoma curvirostre</i>	R	110	2,920
Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i>	M	59	1,566
Parulidae	<i>Vermivora celata</i>	M	1	0,027
	<i>Dendroica coronata</i>	M	8	0,212
Emberizidae	<i>Pipilo fuscus</i>	R	8	0,212
	<i>Spizella atrogularis</i>	R	3	0,080
Cardinalidae	<i>Phoenicurus melanocephalus</i>	R	1	0,027
Icteridae	<i>Agelaius phoeniceus</i>	R	1	0,027
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	R	15	0,398
	<i>Molothrus aeneus</i>	R	10	0,265
	<i>Molothrus ater</i>	M	1	0,027
	<i>Icterus wagleri</i>	R	285	7,566
	<i>Icterus spurius</i>	M	38	1,009
	<i>Icterus bullockii</i>	M	111	2,947
	<i>Icterus galbula</i>	M	3	0,080
	<i>Icterus parisorum</i>	R	126	3,345
	<i>Icterus</i> sp. (n.i.)	-	34	0,903
Fringillidae	<i>Carpodacus mexicanus</i>	R	804	21,343
	<i>Spinus psaltria</i>	R	2	0,053
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	R	16	0,425
n.i.	Especie n.i.	-	2	0,053

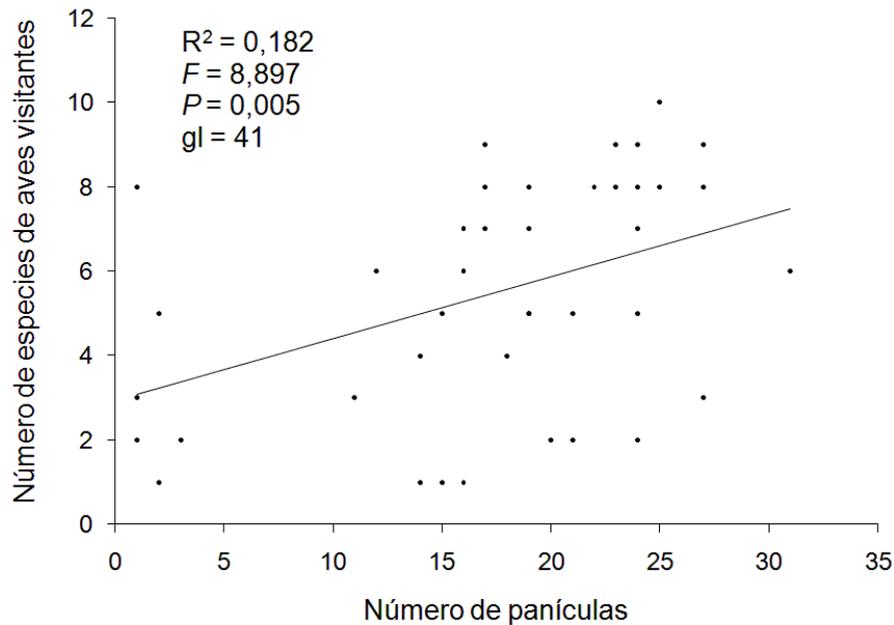


FIG. 3. Relación entre el número de panículas de los individuos de *A. salmiana* con la riqueza de aves que visitan sus flores. Se muestra la línea de tendencia y resultados del análisis de la regresión lineal.

mento que influye en la riqueza y en la frecuencia de visitas de aves a las inflorescencias del maguey, no es un factor determinante, y que existen otros factores como las condiciones de urbanización circundantes al maguey y las perturbaciones que pueden explicar estas variaciones.

En la gráfica de curvas individuales de acumulación de especies se observó que los magueyes establecidos en zonas con "urbanización alta" presentaron una curva de acumulación de especies casi horizontal, mientras que los ubicados en zonas clasificadas como "urbanización baja" tuvieron curvas con mayor pendiente (Figs. 5a–b). Se encontró también que la riqueza de especies de aves visitantes a las flores aumentó conforme disminuyó el nivel de urbanización (Fig. 6; $H = 115,4$, $gl = 3$, $P < 0,001$); sin embargo, no fue en los sitios con urbanización nula donde se observó la mayor riqueza de aves visitantes, sino en las áreas que presentaron un nivel

bajo de urbanización, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

En esta investigación encontramos 28 especies y ocho familias de aves que no habían sido registradas anteriormente como visitantes de las flores de *Agave salmiana*. En trabajos previos para México se habían registrado 21 especies (ver Tabla 2): 11 especies de cinco familias observadas en la Ciudad de México (Martínez del Río & Eguiarte 1987) y 11 especies pertenecientes a siete familias en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla (Estrella 2005). Sólo una de estas 22 especies fue reportada en ambos lugares (*Amazilia violiceps*). Seis de las especies encontradas en dichos trabajos no fueron observadas como visitantes de los magueyes ubicados en la ciudad de Pachuca, aunque se sabe que existen en el estado de Hidalgo, particularmente en

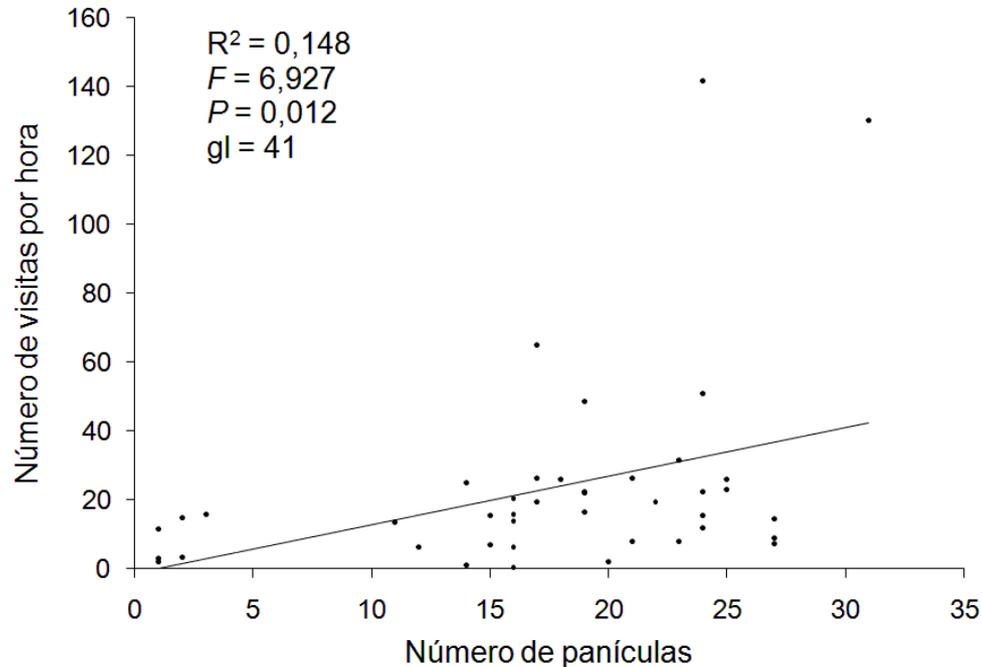


FIG. 4. Relación entre el número de panículas de los individuos de *Agave salmiana* con la frecuencia global de visitas de aves. Se presenta la línea de tendencia y los resultados del análisis de regresión lineal.

sitios dominados por matorral xerófilo (Tabla 2, Martínez-Morales *et al.* 2007), y pudieran ser algunas de las especies que faltan por registrar según los estimadores utilizados. Dos de estas especies (*Zenaida asiatica* y *Piranga ludoviciana*) han sido reportadas en la ciudad de Pachuca (Carbó-Ramírez 2008, Zuria *et al.* 2009) y posiblemente no se observaron como visitantes a las flores del maguey debido a que no son aves nectarívoras y por tanto no deben ser visitantes frecuentes a las flores del maguey. Los colibríes *Amazilia beryllina* y *A. violiceps* seguramente hubieran sido visitantes frecuentes por ser nectarívoros, pero el no haberlos observado durante el muestreo pudiera indicar que no formaban parte de la avifauna de la ciudad. Por último *Colaptes auratus* y *Melanotis caerulescens* no han sido reportadas anteriormente en Pachuca.

Cada individuo de *A. salmiana*, al igual que otras especies del género *Agave*, presenta un potencial de atracción de fauna que depende de diversos factores y que posiblemente actúan de manera sinérgica, tales como características propias del individuo (Holwell & Schropfer 1981, Arizaga *et al.* 2000; Slauson 2000; Estrella 2005), relaciones interespecíficas con otras especies con flores (Estrella 2005, Flores 2005) o factores del paisaje y su relación con las aves (Martínez del Río & Eguiarte 1987, Fernández-Juricic *et al.* 2005, Palomino & Carrascal 2007). En este trabajo encontramos que el número de panículas en la inflorescencia se relaciona positivamente con la riqueza de aves visitantes y con la frecuencia de visitas, coincidiendo con lo reportado por diversos autores (Holwell & Schropfer 1981, Arizaga *et al.* 2000, Estrella 2005). Sin embargo, la alta dispersión de los datos, visi-

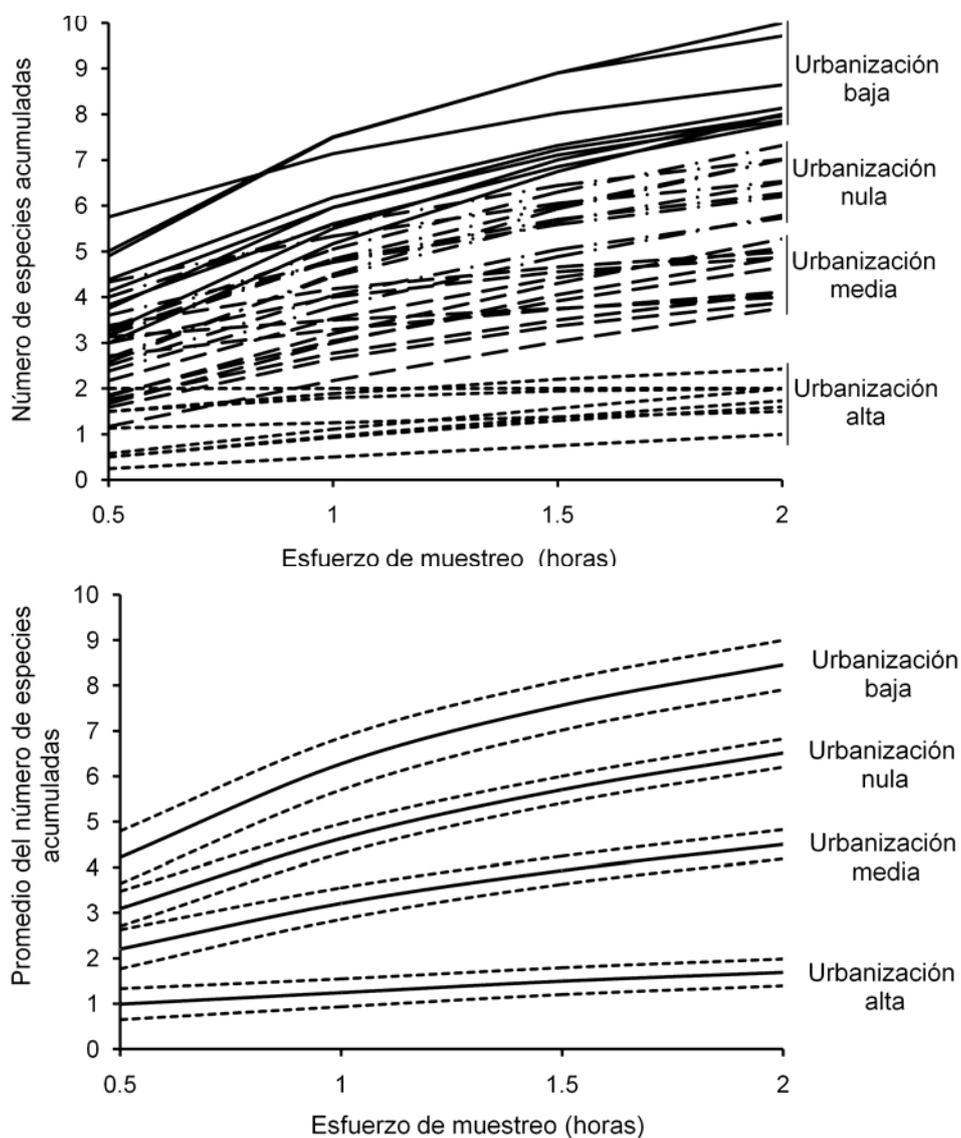


FIG. 5. a) Curvas de acumulación de especies de aves visitantes de las flores de 42 individuos de *Agave salmiana* indicando el nivel de urbanización del paisaje circundante; b) curvas promedio de acumulación de especies por nivel de urbanización, incluyendo intervalos de confianza al 95%.

ble en la falta de adecuación de los modelos matemáticos (lineales y no lineales) generados, así como la presencia de casos extremos (como individuos con pocas panículas pero con una riqueza o frecuencia de visitas alta),

sugieren que el número de panículas no es un factor determinante para la atracción de las aves a las flores del maguey. En la literatura se ha documentado que el estado fenológico de las flores y la productividad de néctar hacen

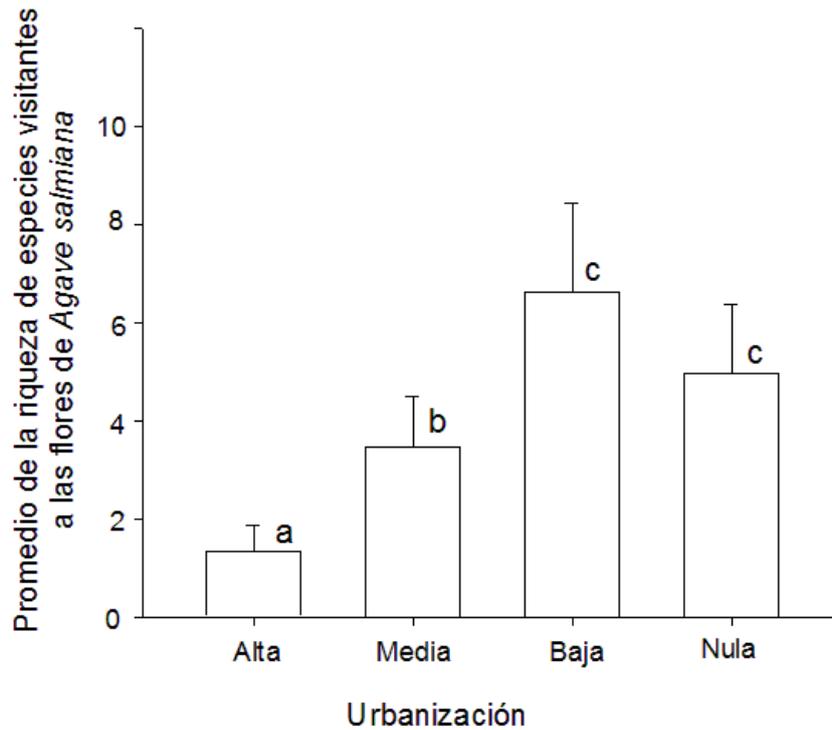


FIG. 6. Promedio de la riqueza de especies de aves visitantes a las flores de *Agave salmiana* por nivel de urbanización, las barras indican una desviación estándar por arriba de la media, letras diferentes arriba de las barras indican diferencias estadísticamente significativas.

que existan cambios en esas variables (Martínez del Río & Eguiarte 1987, Arizaga *et al.* 2000, Slauson 2000). Aunado a ello, la oferta de flores en la zona, ya sea de la misma especie o de otras, también influye en el número de especies que visitan las inflorescencias de los agaves (Estrella 2005, Flores 2005, Rocha *et al.* 2006). Además, la matriz del paisaje genera cambios en la riqueza, frecuencia de visitas de cada especie de ave visitante y en su comportamiento territorial (Martínez del Río & Eguiarte 1987). Este último hecho concuerda con lo obtenido en las curvas individuales de acumulación de especies, así como en las curvas promedio (Figs 5a–b), en donde se muestra que los magueyes situados en zonas con nivel de urbanización alto tienden a ser visitados por menos especies de aves,

mientras que los individuos de maguey que se localizaron en sitios con un nivel de urbanización bajo, tuvieron una capacidad mayor para atraer avifauna. Se ha sugerido que la presencia humana y los disturbios provocados por sus actividades son factores que causan efectos en la salud y el bienestar de los organismos y por lo tanto, la tolerancia a estos factores influye en su distribución dentro de las ciudades (Blumstein *et al.* 2005). En este trabajo se encontró que las zonas con un nivel de urbanización nulo no son los sitios con mayor riqueza de especies visitantes a las flores del maguey, sino los lugares con nivel de urbanización bajo. Estos resultados parecen apoyar la hipótesis del disturbio intermedio en las ciudades, en donde se sugiere que, en general, las variaciones

TABLA 2. Aves visitantes de las flores de *Agave salmiana* reportadas en la literatura (el arreglo de las especies y la nomenclatura siguen a la AOU 1998, 2009). ¹Observada en Hidalgo, en bosque de encino (Martínez-Morales *et al.*, 2007); ²reportada en el matorral xerófilo de Hidalgo (Martínez-Morales *et al.*, 2007); ³encontrada en este trabajo.

Familia	Martínez del Río & Eguiarte (1987)	Estrella (2005)
Columbidae		<i>Zenaida asiatica</i> ²
Trochilidae	<i>Hylocharis leucotis</i> ³ <i>Amazilia beryllina</i> ² <i>Amazilia violiceps</i> ² <i>Lampornis clemenciae</i> ³ <i>Eugenes fulgens</i> ³	<i>Cyananthus latirostris</i> ³ <i>Amazilia violiceps</i> ² <i>Calothorax lucifer</i> ³
Picidae	<i>Colaptes auratus</i> ²	<i>Melanerpes hypopolius</i>
Troglodytidae		<i>Campylorhynchus jocosus</i>
Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i> ³ <i>Melanotis caerulescens</i> ²	
Emberizidae	<i>Diglossa baritula</i> ³	
Cardinalidae		<i>Piranga ludoviciana</i> ² <i>Phenicticus melanocephalus</i> ³
Icteridae	<i>Icterus galbula</i> ³ <i>Icterus parisorum</i> ³	<i>Icterus wagleri</i> ³ <i>Icterus pustulatus</i>
Fringillidae		<i>Carpodacus mexicanus</i> ³

locales en la riqueza de especies se deben a la existencia de pequeñas perturbaciones que modifican levemente al sistema, siendo los lugares ligeramente modificados aquellos con un mayor número de especies (Connell 1978, Zerbe *et al.* 2003). Sin embargo, estos aspectos han sido poco explorados, por lo que resulta necesario realizar más investigaciones que analicen estos fenómenos dentro de los paisajes urbanos, con el fin de elaborar programas de manejo y de desarrollo urbano adecuados para la conservación de especies en las ciudades.

Las 39 especies de aves visitantes de las flores de *A. salmiana* en la ciudad de Pachuca representan el 8,3% de las aves reportadas para todo el estado (en total 467: 456 especies reportadas por Martínez-Morales *et al.* 2007, más 11 en Valencia-Hervert *et al.* 2008 y una en Valencia-Hervert *et al.* 2009), el 18,6% de las aves reportadas para el matorral

xerófilo del estado (209 especies, Martínez-Morales *et al.* 2007) y el 47,9% de las aves observadas en la ciudad de Pachuca (83 especies, Carbó-Ramírez 2008 y Zuria *et al.* 2009). Además, seis de las aves visitantes están ubicadas dentro de la categoría de semiendémicas y una en la de casi semiendémica (Martínez-Morales *et al.* 2007). Según los resultados de los estimadores, faltarían entre 9 y 16 especies por observar, pero dada la estructura inequitativa de las visitas (menos de 10% del total de especies tienen más de 60% de frecuencia de visitas, Tabla 1) es posible que se esté subestimando la riqueza total (Thompson & Whitters 2003). El periodo en que el maguey pulquero florece en la ciudad de Pachuca (de principios de Febrero a finales de Julio), coincide con la temporada reproductiva de muchas especies de aves y con la presencia de algunas aves migratorias en la zona (Martínez-Morales *et al.* 2007). De esta forma, los recursos proporcionados por

las flores del maguey pueden ser importantes para la sobrevivencia y reproducción de algunas aves.

Lo anterior sugiere que el maguey pulquero es una especie útil para integrarse a estrategias de manejo y conservación de las comunidades de aves en ciudades del centro de México, como Pachuca. Algunas de ellas pudieran contemplar el establecimiento de magueyes reproductivos en distintas zonas de la ciudad. Sin embargo, la permanencia de *Agave salmiana* en estado reproductivo es muy vulnerable dentro de la ciudad de Pachuca, debido a que la yema apical y las flores son muy apreciadas para consumo humano (L. Gómez observ. pers.). Así, los escapos son cortados, ya sea cuando miden más de 2 metros de alto o cuando las panículas están formadas y las umbelas tienen flores inmaduras. Por tanto, es necesario incluir aspectos de vigilancia y monitoreo en los planes de manejo que pudieran contemplar a *A. salmiana* como especie clave para la conservación de aves dentro de las ciudades de clima árido y semi-árido del centro de México.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las siguientes instituciones por el apoyo brindado para la realización de este trabajo: FOMIX-CONACYT a través del proyecto "Diversidad Biológica del Estado de Hidalgo", FOMIX-HGO-43761 y 95828 (segunda fase); SEMARNAT-CONACYT con el proyecto denominado "Efectos de urbanización sobre comunidades de aves y mamíferos en los municipios de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma, Hidalgo, México: El Parque Ecológico Cubitos" (clave FOSEMARNAT-2004-01-195); Proyecto PROMEP/103.5/06/1759-UAEHGO-PTC-317 "Caracterización de bordes agrícolas y su avifauna en agroecosistemas del estado de Hidalgo"; Proyecto de Consolidación del

Cuerpo Académico de Ecología PROMEP/103.5/04/2751; Programa para asegurar la Consolidación del Cuerpo Académico de Ecología; y Programa Anual de Investigación PAI 2006-14B. Agradecemos también a Claudia Moreno Ortega, Ignacio Castellanos Sturemark, Miguel Ángel Martínez Morales y Alejandro Meléndez Herrada, y a un revisor anónimo, por sus valiosas contribuciones para mejorar este manuscrito.

REFERENCIAS

- American Ornithologists' Union. 1998. Check-list of North American birds. 7th ed. American Ornithologists' Union, Washington, D.C.
- American Ornithologists' Union. 2009. Fiftieth supplement to the American Ornithologists' Union Check-list of North American Birds. *Auk* 126: 705–714.
- Arcopla. 1994. Programa de ordenamiento urbano de la zona conurbada Pachuca-Mineral de la Reforma. Arcopla S.A. de C.V. Gobierno del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo.
- Arizaga, S., E. Ezcurra, E. Peters, F. Ramírez de Arellano, & E. Vega. 2000. Pollination ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican tropical desert. II: The role of pollinators. *Am. J. Bot.* 87: 1004–1010.
- Blumstein D.T., E. Fernández-Juricic, P. A. Zollner, & S. C. Garity. 2005. Inter-specific variation in avian responses to human disturbance. *J. Appl. Ecol.* 42: 943–953.
- 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 M.Sc., Univ. Autónoma del Estado Hidalgo, Pachuca, Hidalgo.
- Colwell, R.K. 2006. EstimateS 8.0 User's guide. Univ. of Connecticut, Storrs, Connecticut.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302–1310.
- Estrella, R.J.P. 2005. Biología de la polinización de *Agave salmiana* Otto & Salm-Dick en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. Tesis de licenciatura, Univ. Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- ESRI 1995. ArcView 3.2a Software. Environmental

- Systems Research Institute, Inc., Redlands, California.
- Fernández-Juricic, E., R. Poston, K. De Collibus, T. Morgan, B. Bastian, C. Martin, K. Jones, & R. Treminio. 2005. Microhabitat selection and singing behavior patterns of male house finches (*Carpodacus mexicanus*) in urban parks in a heavily urbanized landscape in the western U.S. *Urban Habitats* 3: 49–69.
- Fleming, G. 1999. Plan de desarrollo regional de la zona metropolitana de Pachuca. SEDESOL–Gobierno del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo.
- Flores, T.A. 2005. Competencia por polinización en dos especies de agaves con floración traslapada del valle de Tehuacán, México. Tesis de M.Sc., Univ. Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Gentry, H.S. 1982. *Agaves of continental North America*. Univ of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Hines, W. W., & D. C. Montgomery. 1993. *Probabilidad y Estadística*. 3ª edición. CECSA, México, D.F.
- Howell, D.J., & R. B. Schropfer. 1981. Sexual reproduction in agaves: the benefits of bats; the cost of semelparous advertising. *Ecology* 62: 1–7.
- Magurran, A. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publisher, Oxford, UK.
- Martínez-Morales, M. A., R. Ortiz-Pulido, B. de la Barreda, I. L. Zuria, J. Bravo-Cadena, & J. Valencia-Herverth. 2007. HIDALGO. En R. Ortiz-Pulido, A. Navarro-Sigüenza, H. Gómez de Silva, O. Rojas-Soto, & T. A. Peterson (eds). *Avifaunas Estatales de México*. CIPAMEX, Pachuca, Hidalgo.
- Martínez del Río, C., & L. Eguiarte 1987. Bird visitation to *Agave salmiana* comparisons among hummingbirds and perching birds. *Condor* 89: 357–363.
- Montgomery, D.C., & E. A. Peak. 1992. *Introduction to linear regression analysis*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, New York.
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. CYTED-UNESCO-SEA, Zaragoza, España.
- Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo. 2006. *Plan Municipal de Desarrollo 2006-2009*. H. Ayuntamiento de Pachuca de Soto, Pachuca, Hidalgo.
- Palomino, D., & L. M. Carrascal. 2007. Threshold distances to nearby cities and roads influence the bird community of a mosaic landscape. *Biol. Conserv.* 140: 100–109.
- Rocha, M., S. V. Good-Ávila, F. Molina-Freaner, H. T. Arita, A. Castillo, A. García-Mendoza, A. Silva-Montellano, B. S. Gaut, V. Souza, & L. E. Eguiarte. 2006. Pollination biology and adaptive radiation of Agavaceae, with special emphasis on the genus *Agave*. *Aliso* 22: 327–342.
- Rocha, M., A. Valera, & L. Eguiarte. 2005. Reproductive ecology of five sympatric *Agave* Lintea (Agavaceae) species in Central México. *Am. J. Bot.* 92: 1330–1341.
- Thompson, G., & P. Withers. 2003. Effect of species richness and relative abundance on the shape of the species accumulation curve. *Austral Ecol.* 28: 355–360.
- Slauson, L. 2000. Pollination biology of two chiropterophilous agaves in Arizona. *Am. J. Bot.* 87: 825–836.
- Systat 1999. *SigmaStat 3.5*. Systat Software Inc., Point Richmond, California.
- Valencia-Herverth, J., R. Valencia-Herverth, & F. Mendoza-Quijano. 2009. *Curvus imparatus* primer registro para Hidalgo, México. *Huitzil* 10: 15–18.
- Valencia-Herverth, R., J. Valencia-Herverth, & F. Mendoza-Quijano. 2008. Registros adicionales de aves para Hidalgo, México. *Acta Zool. Mex.* 24: 115–123.
- Zerbe, S., U. Maurer, S. Schmitz, & H. Sukopp. 2003. Biodiversity in Berlin and its potential for nature conservation. *Land. & Urban Plann.* 62: 139–148.
- Zuria, I., J. Bravo-Cadena, & H. Caballero-Quiroz. 2009. *Guía de aves del Parque Ecológico Cubitos Pachuca Hidalgo*. Univ. Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo.