

EFFECTO DE LA PRESENCIA DE BEBEDEROS ARTIFICIALES SOBRE LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE LOS COLIBRÍES Y EL ÉXITO REPRODUCTIVO DE DOS ESPECIES DE PLANTAS EN UN PARQUE SUBURBANO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

María del Coro Arizmendi, Edgar López-Saut, Constanza Monterrubio-Solís, Lourdes Juárez, Ivonne Flores-Moreno, & Claudia Rodríguez-Flores

Laboratorio de Ecología, Facultad de Estudios Superiores, Iztacala, Av. de los Barrios 1, Los Reyes Iztacala, UNAM, AP 54090, México. *E-mail*: coros@servidor.unam.mx

Abstract. – Effect of nectar feeders over diversity and abundance of hummingbirds and breeding success of two plant species in a sub-urban park next to Mexico City. – The use of artificial feeders has grown as a result of people wanting to attract hummingbirds to their yards. This has caused an increase in the density and diversity of these birds in urban and suburban habitats. Feeders represent a bonanza for hummingbirds but also can represent a decrease in the number of hummingbirds visiting native plants. In the present study, we document changes in diversity and abundance of hummingbirds inhabiting a suburban park at the south of Mexico City, and experimentally assessed the effect of artificial feeders on visits and seed production of two native plant species. Feeding activity of the hummingbirds increased in the transects where feeders were available for one year, but the number of bird species did not differ between transects. Visit rates to plants were reduced by the presence of feeders, and only for *Salvia fulgens* was seed production lower in the plants located near feeders. *S. mexicana* was visited by hummingbirds but also by native bees that were not attracted by feeders, thus possibly compensating for the reduction in the hummingbird visits, and so in pollination efficiency. Feeders can have a positive effect on hummingbirds but can have an indirect one reducing visits, and thus pollination of native plants. However, the increase in hummingbird abundances can produce a compensatory effect that neutralizes the negative effect over the plants.

Resumen. – El uso de bebederos artificiales se ha incrementado como resultado del deseo de la gente de atraer colibríes hacia sus jardines. Esto ha causado un incremento en la densidad y diversidad de dichas aves en hábitats urbanos y suburbanos. Los bebederos representan una bonanza del recurso para los colibríes pero también pueden significar una reducción en las visitas a las plantas nativas. El presente estudio documenta los cambios en la diversidad y abundancia de los colibríes en senderos con y sin bebederos artificiales, y sus potenciales efectos sobre dos especies de plantas nativas en un parque suburbano al sur de la Ciudad de México. La tasa de actividad de los colibríes se incrementó en los senderos en donde se mantuvieron bebederos fijos durante un año, pero el número de especies no fue diferente estadísticamente. Las plantas de ambas especies con bebederos próximos mostraron una reducción en la tasa de visita, y sólo para *Salvia fulgens* se observó una menor producción de semillas que para los controles. *S. mexicana* fue visitada también por abejas que no fueron atraídas hacia los bebederos, lo que tal vez provocó que no se detectaran efectos de los bebederos en esta especie. Las plantas nativas de hábitats urbanos y suburbanos pueden verse afectadas en su reproducción al tener tasas de visitas reducidas y baja producción de semillas como resultado del uso de bebederos. Sin embargo, el aumento en la densidad de colibríes puede ocasionar una compensación numérica que neutralice el efecto de los bebederos sobre las plantas. *Aceptado el 4 de Diciembre de 2007.*

Key words: Artificial feeders, hummingbirds, plant reproduction, urban systems, conservation, pollinators.

INTRODUCCIÓN

Los colibríes son, entre las aves, uno de los grupos más apreciados por la gente debido a su belleza, y a que en numerosas culturas son asociados con la buena suerte, la fertilidad y la salud (Johnsgard 1997, Schuchmann 1999). Durante gran parte del siglo XX hubo un creciente interés en atraer a los colibríes a los jardines empleando bebederos artificiales en la mayoría de las ciudades y áreas rurales de Estados Unidos y Canadá, y actualmente su uso es abundante durante los meses de verano (True 1993). Los bebederos artificiales también han sido utilizados como herramientas de investigación atrayendo aves para su captura en estudios de comportamiento, fisiología, preferencias alimenticias y dieta, así como otros aspectos de su biología (e.g., Sherman 1913, Palmer 1917, 1918; Wagner 1945, Blake 1962, Broom 1976, Martínez del Río 1990, Calder 1991, Inouye *et al.*, 1991; True 1993, Roberts 1995, Blem *et al.* 2000, Schondube & Martínez del Río 2003).

Los colibríes, al igual que las demás aves nectarívoras, modifican sus estrategias de forrajeo para enfrentar los cambios en el ambiente tales como la disponibilidad de flores, la cantidad de néctar producido por cada flor en relación con sus requerimientos energéticos, y la competencia con otros nectarívoros (Garrison & Gass 1999). Frecuentemente responden a los cambios en el rendimiento de las flores o de los bebederos artificiales ajustando su tasa de visitas para incrementar el beneficio (Garrison & Gass 1999).

El efecto de la presencia de bebederos de néctar artificiales sobre las plantas nativas en jardines es desconocido. Los bebederos crean una “bonanza” del recurso. Se ha calculado que un bebedero representa para un colibrí el

equivalente a visitar entre 2000 y 5000 flores en un día (True 1993). Si bien, la falta de recursos en las ciudades es utilizada para explicar la disminución en las poblaciones de aves, para los colibríes existentes en hábitats suburbanos la presencia de bebederos artificiales puede ser una causa del crecimiento numérico de las poblaciones, ya que la disponibilidad de alimento es muy abundante (Wethington & Russell 2003, French *et al.* 2005). En una investigación a largo plazo Inouye *et al.* (1991) demostraron que los colibríes recurren con mayor frecuencia a los bebederos artificiales cuando las plantas con flor son menos abundantes, sugiriendo que el mayor uso de bebederos responde a una escasez de los recursos de origen natural.

El efecto de los bebederos sobre la diversidad y abundancia de los colibríes en áreas suburbanas y urbanas no ha sido evaluado, aunque en algunos trabajos se menciona que este grupo de animales ha aumentado en estas condiciones (i.e., Inouye *et al.* 1991). Asimismo, el efecto de este fenómeno en el éxito reproductivo de las plantas nativas ha sido poco estudiado (Arizmendi *et al.* 2007). La presencia de bebederos podría tener un impacto positivo en la abundancia y diversidad de los colibríes al producirse una bonanza en los recursos y, por otro lado, tener un efecto negativo en el éxito reproductivo de las plantas reduciendo el número de visitas y, en consecuencia, la cantidad de polen transferido, provocando menor producción de semillas. En el presente estudio documentamos para colibríes el efecto de bebederos artificiales permanentes en su abundancia, diversidad y patrones de visita a flores, así como la producción de semillas de dos especies de plantas del género *Salvia* en un parque suburbano alejado a la ciudad de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El área de estudio está situada en las montañas del sur del Valle de México en el Parque Ecológico de la Ciudad de México. El parque se ubica entre los 19°14' y 19°18'N y los 99°15', 99°10'O, con altitudes entre los 2400 y 2800 m s.n.m. El parque es un área protegida con diversas presiones humanas ocasionadas por su cercanía con la creciente ciudad.

Las asociaciones vegetales que dominan el parque son bosques de pino-encino, encino y matorral xerófilo (Soberón *et al.* 1991). El clima es templado sub-húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 16°C con 1000 mm de precipitación anual (SMA-CORENA 2003).

Especies estudiadas. El género *Salvia* contiene un gran número de especies presentes en ambos hemisferios. El sistema de reproducción de la mayoría de las especies permanece desconocido pero el género ha sido considerado de polinización cruzada con diversas barreras morfológicas y fisiológicas para prevenir la auto-polinización (Haque & Ghoshal 1981, Claßen-Brockhoff *et al.* 2003).

Salvia fulgens (Labiatae) es un arbusto que crece en bosques de encino y pino-encino en México. Las flores son de color rojo, tubulares con 4–6 cm de longitud y 0,8–1,0 cm de ancho (Rzedowski 1985). El periodo de floración en el área de estudio ocurre entre Marzo y Mayo. Las flores individuales duran 4 días y la planta crece como parte del sotobosque cerca de los márgenes del bosque. Nada se conoce sobre su polinización o sistemas de reproducción, pero el brillante color rojo de su corola sugiere que la polinización es realizada por colibríes (Dieringer *et al.* 1991).

Salvia mexicana es un arbusto perenne que habita en vegetación secundaria resultante de la conversión de bosques de pino y pino-encino. Crece en México entre los 2250 y los

3000 m s.n.m. Las flores son de color azul-púrpura con no más de 4 cm de longitud. El periodo de floración en el área de estudio se extiende de Agosto a Noviembre (Rzedowski 1985). Las flores duran 4 días. Es una planta auto-compatible en la que el entrecruzamiento constituye una parte importante del desempeño reproductivo (Arizmendi *et al.* 1996). La polinización para esta especie ha sido asociada con la abeja *Deltoptila elevas* en cinco localidades de México (Dieringer *et al.* 1991), y con cinco especies de colibríes en el oeste de México (Arizmendi *et al.* 1996). En esta última localidad, la producción de semillas en condiciones de campo fue de un promedio de 1,7 semillas por flor (Arizmendi 1994, Arizmendi *et al.* 1996).

Abundancia y diversidad de colibríes. Se establecieron de manera azarosa dos transectos de 1500 m de longitud, separados en su parte más cercana por 300 m y, en la más lejana, por 500 m (buscando evitar que se sobrelaparan los territorios de colibríes). En cada transecto se establecieron cinco estaciones de observación distribuidas de manera uniforme a lo largo de cada transecto. En uno de los transectos, denominado con bebederos, se colocaron en cada estación dos bebederos a una altura de un metro sobre el nivel del suelo, separados entre sí por 20 m. En el segundo, llamado sin bebederos, no se colocaron. Los bebederos permanecieron fijos durante un año y fueron llenados dos veces a la semana. En ambos transectos se registraron las especies que se alimentaron de los bebederos y de las flores de plantas circundantes. Cada estación se observó quincenalmente durante 45 min, aproximadamente. Los recorridos se llevaron a cabo quincenalmente, entre Febrero de 2004 y Febrero de 2005, totalizando 22 recorridos por transecto a lo largo del estudio.

La concentración de azúcar en el néctar de los bebederos fue del 20%, que es la concentración promedio del néctar preferido por

colibríes (Baker & Baker 1983, Bleem *et al.* 2000), y la recomendada para los bebederos que manejan algunos grupos de aficionados (Balliet 2003).

Los censos para medir la riqueza y la abundancia de especies de colibríes en la zona de estudio se realizaron una vez al mes, entre Julio de 2003 y Febrero de 2005, en un recorrido de 2000 m que incluyó ambos transectos y un área que los separó. En el recorrido, se muestrearon un total de 20 puntos de conteo siguiendo el método propuesto por Hutto (1986) de parcelas circulares con radio de 50 m, separados por sus bordes exteriores por 200 m, en las cuales se registraron las especies de colibríes y el número de individuos presentes. Durante estos censos, se registró el número de flores ornitófilas presentes en cada transecto.

Efecto de los bebederos sobre las plantas. Para evaluar el efecto de los bebederos sobre las plantas se delimitaron dos áreas de 300 m² de bosque, separadas por un kilómetro al menos entre sí. Una fue definida como el área control (área sin modificaciones), y en la otra se integraron bebederos (área con modificaciones). En cada una se localizaron 10 plantas de cada especie. En el área con modificaciones se colocaron dos bebederos artificiales cercanos a cada planta. Estos bebederos se mantuvieron durante 3 días. En cada planta, de las dos áreas, se registró el número de visitas de colibríes (anotando especie, número de flores visitadas, duración de la visita y hora de día) y el de semillas producidas. Las observaciones se llevaron a cabo por dos observadores simultáneamente (uno en cada área), de 07:00 a 15:00 h (los colibríes no visitaron las flores en la tarde, de 15:00 a 19:00 h), durante Octubre de 2004 para *S. mexicana* y Abril de 2005 para *S. fulgens*. Para *S. mexicana*, las visitas sólo ocurrieron durante la mañana (de 07:00 a 11:00 h) por lo que los análisis fueron hechos sólo con esas horas de observación.

Para estimar el éxito reproductivo de las plantas en cada área, excluimos, antes del experimento, diez botones florales cerrados usando bolsas de tul muy fino. Cuando las flores abrieron se quitaron las bolsas de tul para exponerlas a las visitas naturales durante 4 días, periodo después del cual se volvieron a embolsar. Un mes después se cuantificó el número de frutos y las semillas producidas en 7–8 frutos de cada planta de los dos tratamientos.

Análisis de datos. Los resultados de registros y número de especies de colibríes obtenidos en los dos transectos (cada uno con cinco estaciones) se analizaron utilizando modelos lineales generalizados contrastando los sitios con bebederos contra los sitios sin bebederos (pruebas de ANOVA con modelos lineales; JMP 2000). Si la presencia de recursos concentrados aumenta la diversidad de colibríes deberíamos esperar significativamente más especies e individuos en las estaciones con bebederos que en las que carecen de ellos. Se aplicó un método estadístico para datos no paramétricos de medidas repetidas (prueba de Friedman, SPSS 2006) donde se compararon los senderos, estaciones, actividad y sustrato ordenando por grado de diferencias que presentan los colibríes.

Para determinar si hubo diferencias en el número de visitas de colibríes y el número de semillas producidas (de aquí en adelante éxito reproductivo) entre plantas con y sin bebedero, se usaron pruebas de t y ANOVA de una vía, verificando primero la normalidad de los datos usando JMP 2000).

En todos los casos cuando se utiliza la media se presenta acompañada del error estándar.

RESULTADOS

Encontramos variación en el número de especies y de registros de colibríes a lo largo del

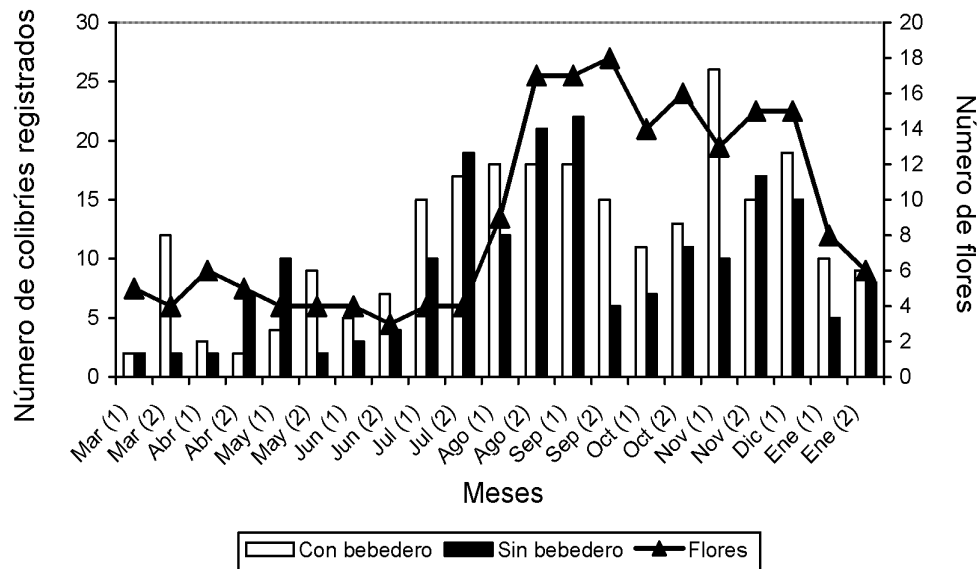


FIG. 1. Número de colibríes registrados en el censo y número de flores durante un año; el número en el paréntesis indica si es del primer o el segundo muestreo del mes.

año en ambas áreas (con y sin bebederos; Fig. 1). Los registros están relacionados positivamente con la abundancia de flores de las especies de plantas estudiadas en ambos senderos (Fig. 2; Correlación Spearman, sendero con bebederos $r = 0,552$, $P = 0,009$, $n = 21$, sin bebederos $r = 0,513$, $P = 0,018$, $n = 21$). Al analizar los datos de colibríes los transectos se encontraron diferencias significativas en el modelo general ($F_{41,1538} = 10,8980$, $P < 0,0001$). Las diferencias significativas fueron entre las especies ($F_{13,1538} = 31,134$, $P < 0,0001$) y los senderos ($F_{1,1538} = 7,983$, $P = 0,0048$). Asimismo, se encontraron diferencias en la actividad de los colibríes en senderos con presencia o ausencia de bebederos ($F_{111,1536} = 18,9144$, $P < 0,0001$) en las interacciones de actividad–sendero, actividad–estación, y actividad–mes.

La prueba de Friedman indica diferencias significativas entre los senderos y el nivel de actividad, siendo menos importantes las diferencias entre estaciones y fechas ($\chi^2 =$

4377,93, $n = 1536$, $gl = 4$, orden de significancia sendero 1,96, actividad 2,18, estación 3,29, fecha 5.0). El sendero con mayor actividad de alimentación fue el que tenía bebederos (Fig. 3), y Abril y Mayo fueron los meses que presentaron el mayor número de registros de colibríes (Fig. 3).

Efectos sobre las plantas. Las flores de ambas especies de plantas fueron visitadas por el Zafiro oreja blanca (*Hylocharis leucotis*), el Colibrí oreja violeta (*Colibri thalassinus*), y el Colibrí magnífico (*Eugenes fulgens*). En las dos especies de plantas, los individuos cercanos a los bebederos artificiales recibieron menor número de visitas que las plantas control (con bebedero $3,16 \pm 0,062$, sin bebedero $6,95 \pm 1,24$, $F_{1,47} = 9,27$, $P = 0,0038$ para *S. fulgens*; con bebedero $3,5 \pm 1,8$ con bebedero, $11,5 \pm 1,8$ sin bebedero, $F_{2,23} = 4,74$, $P = 0,019$ para *S. mexicana*; Figs 4a y 4b). En *S. fulgens*, la producción de semillas fue menor en plantas cercanas a bebederos (un promedio de $1,61 \pm 0,3$ semi-

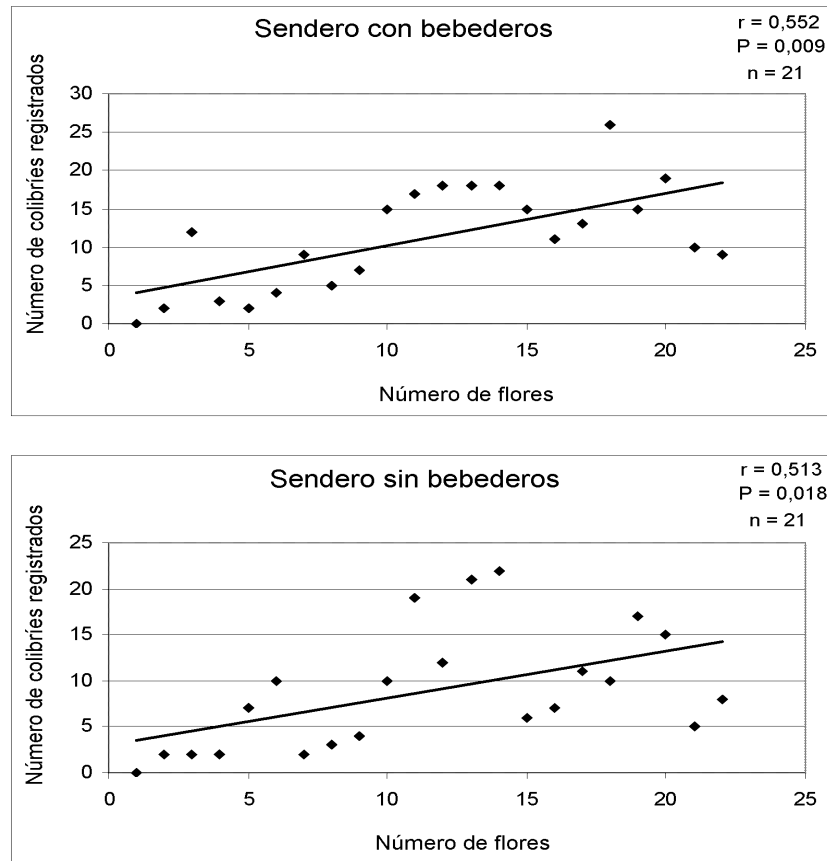


FIG. 2. Correlación de Spearman entre el número de flores y la abundancia de los colibríes en el sendero con bebederos y sin bebederos.

llas por flor) que en plantas sin bebedero ($2,67 \pm 0,3$, $F_{1,119} = 5,27$, $P = 0,033$), pero no en *S. mexicana* (con bebedero $2,01 \pm 0,18$, sin bebedero $2,05 \pm 0,17$; $F_{1,150} = 0,021$, $P = 0,88$).

DISCUSIÓN

La actividad de los colibríes varía en función de la presencia o ausencia de los bebederos. El principal cambio que se observó fue el aumento del número de individuos en el sendero con bebederos. Esto ya había sido des-

critado por Sherman (1913), quien observó un aumento en el número de individuos presentes en su jardín con la presencia de los bebederos. Otros trabajos han utilizado indirectamente esta propiedad de los bebederos para realizar experimentos. Se ha mostrado que el efecto de atracción de un mayor número de individuos por los bebederos disminuye al aumentar el número de flores en el ambiente (Calder 1985, Inouye *et al.* 1991), lo que es similar a lo encontrado en este estudio. Sherman (1913) menciona que después de varios años de mantener los bebederos en un

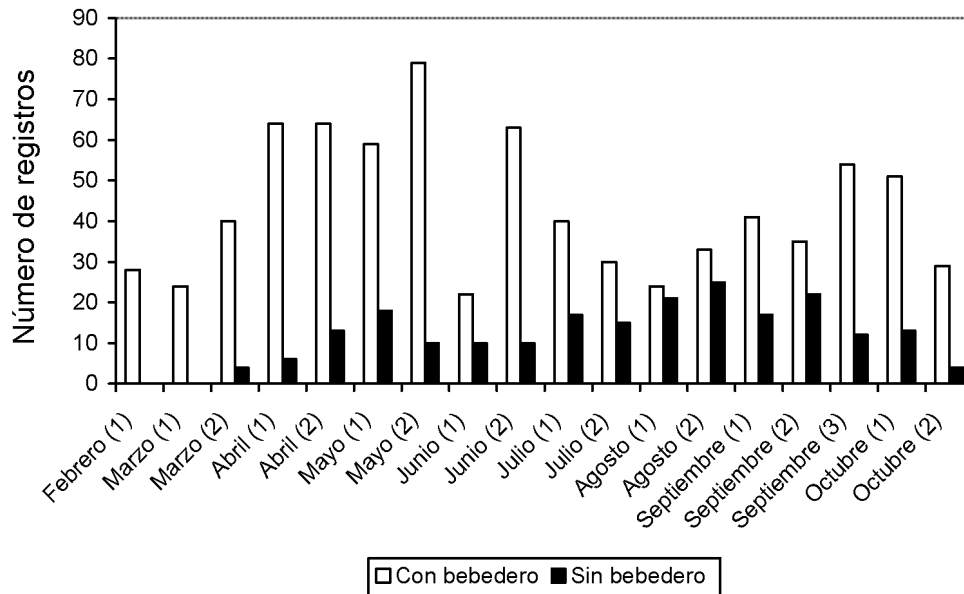


FIG. 3. Número de visitas de colibríes a flores en sitios con y sin bebederos durante el año de estudio.

mismo sitio, el número de individuos que los visitaban se mantiene constante. Los resultados que obtuvimos al final de este estudio muestran un patrón similar al encontrado por este autor, a pesar de haber mantenido los bebederos sólo por un año.

A pesar de que los bebederos provocaron un aumento en el número de individuos, no tuvieron ningún efecto sobre el número de especies presentes. Sherman (1913) encontró el mismo patrón sobre la riqueza de especies. Esto sugiere que los patrones de distribución de la riqueza de especies de colibríes no son controlados por la abundancia de recursos alimenticios, mientras que las abundancias a nivel local sí cambian en respuesta a estos (Calder 1985).

En los trabajos que han utilizado bebederos artificiales se ha observado un aumento de actividad de colibríes en las cercanías de los bebederos (Broom 1976, Calder 1985, Powers 1987, Inouye *et al.* 1991, Powers & McKee 1994, Roberts 1995, Blem *et al.* 1997, Baum &

Grant 2001, Mast *et al.* 2003). Estos cambios de conducta son una respuesta rápida de los colibríes al cambio del ambiente y dependen de sus necesidades energéticas (López-Calleja *et al.* 1997).

Sin la presencia de bebederos se observó una relación positiva entre la densidad de flores y el número de colibríes (Lyon 1976, Inouye *et al.* 1991, Arizmendi 2001). Esta respuesta es fácil de entender, ya que las flores son su fuente principal de alimento. Al colocar los bebederos artificiales, éstos se convirtieron en una fuente de alimento permanente, permitiendo una mayor densidad de individuos. Sin embargo, la presencia de los bebederos no constituyó un elemento de cambio en la distribución de las especies a nivel local (Powers 1987, Powers & McKee 1994).

La presencia de bebederos artificiales cercanos a plantas nativas en hábitats suburbanos puede reducir significativamente el número de visitas de los polinizadores. En las dos especies estudiadas, los polinizadores prefirieron

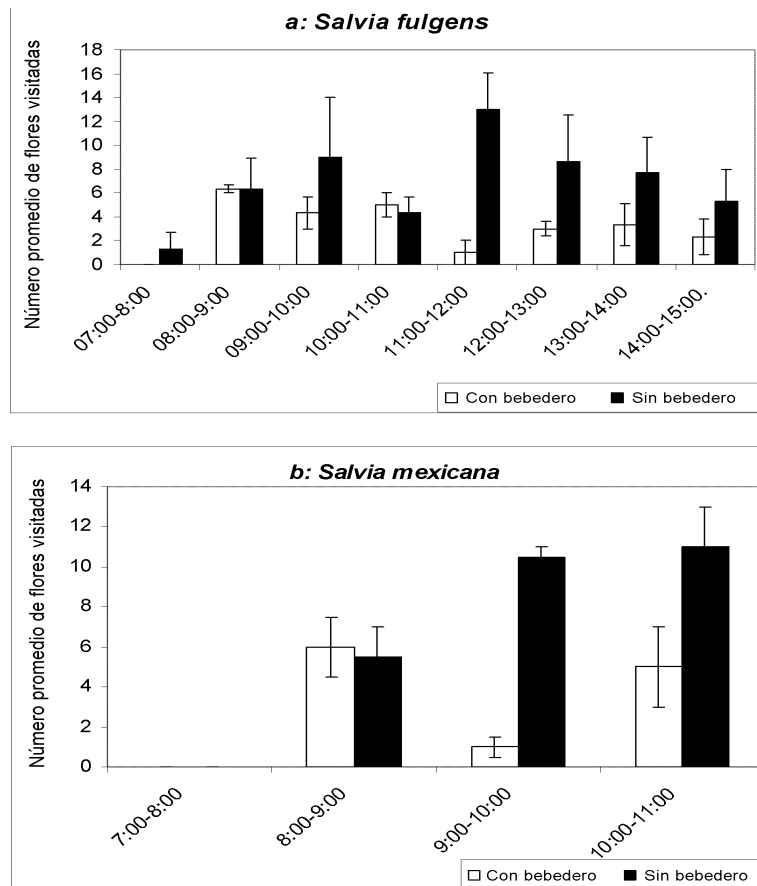


FIG. 4. Número de flores visitadas en las dos especies de plantas estudiadas en individuos con y sin bebederos. En *Salvia mexicana*, los colibríes no visitaron las flores después de las 11:00 h.

utilizar los bebederos en lugar de visitar las plantas. Sin embargo, sólo en una de las especies de plantas, *S. fulgens*, se detectó una menor producción de semillas relacionado a esto.

S. fulgens tiene flores de mayor longitud que *S. mexicana*. Ambas tienen flores de cuatro días y fueron visitadas por el mismo grupo de especies de colibríes polinizadores. *S. mexicana* también es visitada en el parque por abejorros que fungen como polinizadores y como ladrones de néctar (Arizmendi *et al.* 1996, Chavez 1999) y por abejas (Dieringer *et*

al. 1991). Las flores largas de *S. fulgens* pueden ser visitadas potencialmente por abejorros y otros ladrones de néctar pero su longitud hace más difícil que ellos puedan visitarla como verdaderos polinizadores. Probablemente *S. mexicana* pudo compensar el detrimento de las visitas de los colibríes con el incremento de las visitas de abejas.

Las bonanzas temporales creadas por la presencia de bebederos artificiales pueden provocar incrementos en las abundancias de polinizadores (True 1993, Wethington & Russell 2003) pero también puede causar dismi-

nución de la visita de polinizadores a las plantas y afectar su producción de semillas. La disminución de las tasas de visita puede ser compensada por el incremento de las densidades poblacionales o de la diversidad de los colibríes debido a la bonanza (Arizmendi *et al.* 1996). En hábitats urbanos y suburbanos, el incremento en el uso de bebederos artificiales en jardines puede causar problemas para las especies de plantas nativas, lo cual potencialmente puede causar daño a los ecosistemas. En el Parque de la Ciudad de México existen por lo menos 15 especies de plantas cuyos principales polinizadores son colibríes, que pueden ser afectadas por bajas tasas de visitas (López-Saut 2007). Entre ellas hay algunas especies vegetales económicamente importantes, como *Opuntia lasiacantha*, diversas especies de *Agave*, y otras que tienen una distribución restringida. Las medidas de conservación en áreas urbanas deben incluir la creación de jardines amables con los polinizadores utilizando plantas nativas para atraer colibríes en vez de emplear bebederos artificiales. Evidentemente, se requiere de más estudios que incluyan más especies de plantas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto de Ecología UNAM y Aída Hernández por las facilidades otorgadas para el trabajo de campo, así como a la FES Iztacala UNAM por las facilidades otorgadas durante todo el trabajo.

REFERENCIAS

- Arizmendi, M. C. 1994. Interacciones ecológicas múltiples: el caso de la polinización por colibríes y el ladrón de néctar *Diglossa baritula*. Tesis de Doctorado, Centro de Ecología, UNAM, México, México.
- Arizmendi M. C. 2001. Multiple ecological interactions: the case of the hummingbird pollination and the nectar robber *Diglossa baritula*. *Can. J. Zool.* 79: 997–1006
- Arizmendi, M. C., C. Domínguez, & R. Dirzo. 1996. The role of an avian nectar robber and of hummingbird pollinators in the reproduction of two plant species. *Func. Ecol.* 10: 119–127.
- Arizmendi, M. C., C. Monterrubio-Solis, L. M. Juárez, I. Flores-Moreno, & E. López-Saut. 2007. Effect of the presence of nectar feeders on the breeding success of *Salvia mexicana* and *S. fulgens* in a suburban park near Mexico City. *Biol. Conserv.* 136: 155–158
- Baker H. G., & I. Baker. 1983. Floral nectar constituents in relation to pollinator type Pp. 117–141 in Jones C. E., & R. J. Little (eds). *Handbook of experimental pollination biology*. Van Nostrand Reinhold, New York, New York.
- Balliet, J. 2003. Feeding hummingbirds. [<http://angelfire.com/nj/wondedknee/hummingbirds.html>]
- Baum, K. A., & W. E. Grant. 2001. Hummingbird foraging behaviour in different patch types: simulation of alternatives strategies. *Ecol. Mod.* 137: 201–209.
- Blake C. H. 1962. Long drinks by a hummingbird. *Wilson Bull.* 74: 98.
- Blem, C. R., L. B. Blem, J. F. Van Gelder, & J. Van Gelder. 2000. Rufus Hummingbird sucrose preference: precision of selection varies with concentration. *Condor* 102: 235–238.
- Broom, D. M. 1976. Duration of feeding bouts and responses to salt solutions by hummingbirds at artificial feeders. *Condor* 78: 135–138.
- Calder III, W. A. 1991. Territorial hummingbirds. *Natl. Geogr. Res. Exp.* 7: 56–69.
- Chávez, C. 1999. Ecología de la polinización de *Salvia mexicana*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, México.
- Claßen-Brockhoff, R., P. Wester, & E. Tweraser. 2003. The staminal lever mechanism in *Salvia* (Lamiaceae): a review. *Plant Biol.* 5: 33–41.
- Dieringer G., T. P. Ramamoorthy, & P. Tenorio-Lezama. 1991. Floral visitors and behavior to sympatric *Salvia* species (Lamiaceae) in Mexico. *Act. Bot. Mex.* 13: 75–83.
- French, K., R. Major, & D. K. Hely. 2005. Use of native and exotic garden plants by sub-urban nectarivorous birds. *Biol. Conserv.* 121: 545–559.
- Garrison, J. S. E., & C. L. Gass. 1999. Response of a traplining hummingbird to changes in nectar

- availability. *Behav. Ecol.* 10: 714–725.
- Haque, M. S., & K. K. Ghoshal. 1981. Floral biology and breeding system in the genus *Salvia* L. *Proc. Ind. Nat. Sci. Acad. Part B* 47: 716–724.
- Hutto R., L. 1986. A fixed radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *Auk* 103: 593–602.
- Inouye, D., W. A. Calder, & N. M. Waser. 1991. The effect of floral abundance on feeder censuses of hummingbird populations. *Condor* 93: 279–285.
- JMP. 2000. JMP version 4. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Johnsgard, P. A. 1997. *The hummingbirds of North America*. 2nd ed. Smithsonian Institution Press, Washington D.C..
- López-Calleja, M. V., F. Bozinovic, & C. Martínez del Río. 1997. Effects of sugar concentration on hummingbirds feeding and energy use. *Comp. Bioch. Physiol.* 118: 1291–1299.
- López-Saut, E. G. 2007. Efecto de la presencia de bebederos artificiales sobre los colibríes en el parque ecológico de la Ciudad de México, Ajusco Medio. Maestría en Biología Ambiental, UNAM, México, México.
- Lyon D. L. 1976. A montane hummingbird territorial system in Oaxaca, Mexico. *Wilson Bull.* 88: 280–299.
- Martínez del Río, C. 1990. Sugar preference in hummingbirds: The influence of subtle chemical differences on food choice. *Condor* 92: 1022–1030.
- Mast, D., N. Nelson, S. Mc Cluhg, M. Lyke, T. K. Jovana, & P. Lundberg. 2003. Hummingbirds time-variant feeding and the effect of floral coloration. <http://www.woodrow.org/teachers/esi/1991/costarica/projects/group2/hummingbirds>. 24/04/2003.
- Palmer, T. S. 1917. An early experiment in keeping hummingbirds in captivity. *Condor* 19: 168.
- Palmer, T. S. 1918. Another reference to early experiment in keeping hummingbirds in captivity. *Condor* 20: 123–124.
- Powers D. R. 1987. Effects of variation in food quality on the breeding territoriality of the male Anna's hummingbird. *Condor* 89: 103–111.
- Powers D. R., & T. McKee. 1994. The effect of food availability on time and energy expenditures of territorial and non-territorial hummingbirds. *Condor* 96: 1064–1075.
- Roberts, W. M. 1995. Hummingbird licking behavior and the energetics of nectar feeding. *Auk* 112: 456–463.
- Rzedowsky, J. 1985. *Flora fanerogámica del valle de México*. Volumen II. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
- Schondube, J. E., & C. Martínez del Río. 2003. Concentration dependent sugar preferences in nectar-feeding birds: mechanism and consequence. *Func. Ecol.* 17: 445–453.
- Schuchmann, K. L. 1999. Family Trochilidae (Hummingbirds). Pp. 468–680 *in* Del Hoyo, J., A. Elliot, & J. Sargatal. (eds.). *Handbook of the birds of the world*. Volume 5: Barn-owls to hummingbirds. Lynx Editions, Barcelona, Spain.
- Sherman, A. R. 1913. Experiments in feeding hummingbirds during seven summers. *Wilson Bull.* 25: 153–166.
- SMA-CORENA. 2003. Programa de manejo. Parque ecológico de la Ciudad de México, Mexico, D.F., México.
- Soberón, J., R. de la Maza, A. Hernández, C. Bonfil, & S. Careaga. 1991. Informe técnico del primer año del proyecto “Restauración Ecológica de Lomas del Seminario”. CGRUPE/DDF México, México.
- Stiles, G. F. 1978. Ecological and evolutionary implications of bird pollination. *Am. Zool.* 18: 715–727;
- True, D. 1993. *Hummingbirds of North America: attracting, feeding and photographing*. Univ. of New Mexico, Albuquerque, New Mexico.
- Wagner, D. H. 1945. Food and feeding habits of Mexican hummingbirds. *Wilson Bull.* 58: 69–132.
- Wester, P., & R. Claßen-Brockhoff. 2006. Bird pollination in South African *Salvia* species. *Flora. Morph., Dist., Func. Ecol. Plants* 201: 396–406.
- Wethington, S. M., & S. M. Russell. 2003. The seasonal distribution and abundance of oak land and riparian communities in southwestern Arizona. *Condor* 105: 484–495.