

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

EFFECTO DE LA PRESENCIA DE BEBEDEROS
ARTIFICIALES SOBRE LOS COLIBRÍES EN EL
PARQUE ECOLÓGICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO,
AJUSCO MEDIO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

EDGAR GUSTAVO LÓPEZ SAUT

DIRECTORA DE TESIS: DOCTORA, MARIA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA

MÉXICO, D.F.

JUNIO , 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Primeramente agradezco el apoyo de CONACYT para la elaboración de esta tesis durante la Maestría.

Agradezco el apoyo del COMECYT, que apoyo para la finalización de la tesis.

Agradezco a mi tutora principal la Dra. Maria del Coro Arizmendi Arriaga que gracias a su paciencia y apoyo pude terminar mi tesis. También agradezco a mis tutores la Dra. Consuelo Bonfil y al Dr. Adolfo Navarro por sus recomendaciones durante todo el periodo de maestría y sus comentarios oportunos para mejorar mi trabajo.

A los miembros de mi jurado el Dr. Carlos Lara y al Dr. Jorge Shoundube que con su apoyo pude mejorar y terminar mi trabajo de tesis.

También un agradecimiento al Programa de Educación Ambiental del Ajusco Medio, principalmente a su Coordinadora General Aída Hernandez (Tita) por el apoyo para mi ingreso a la maestría y el desarrollo del trabajo dentro del Parque Ecológico de la Ciudad de México.

Agradezco a mis padres por su apoyo durante todo este largo periodo de la maestría, por su comprensión, apoyo moral y económico.

A mi hermana y familia por su apoyo moral.

También agradezco a mi hermano Saúl, amigo y mascota que sin su apoyo no hubiera podido llenar tantos comederos durante mis clases.

A los chicos del Ajusco que cuando llegaba de mis muestreos me dejaban subir con ellos a los camiones para ya no caminar tanto. A doña Tere y don Porfirio por alimentarme y darme refugio en la casa UNAM cuando era necesario.

Al investigador A-dan por apoyarme en la colecta de polen, junto con Saúl, Laura y Miriam, que tantas veces se quemaron por preparar la muestras.

Un agradeciendo súper especial a Laura, la chica que me ayudó a terminar mi tesis dándome su apoyo incondicional y presión necesaria para que la terminara, además de darme su amor y ser el amor de mi vida.

A Susana, Saúl (por tercera vez) y Jorge por su apoyo en los conteos de vegetación que sin su ayuda me hubiera espinado solo.

Un agradecimiento especial a la Maestra Paty que a pesar de ya no ser mi tutora sus consejos y ánimos me apoyaron en toda la tesis.

A mi hermana y familia por su apoyo moral.

Índice

Resumen	4
Abstract	5
Introducción	6
Antecedentes	9
Objetivo General	13
Objetivos Particulares	13
Hipótesis	13
Área de Estudio	14
Métodos	17
Resultados	21
Discusión	32
Conclusiones	38
Literatura Citada	39

Resumen

Actualmente el uso de bebederos artificiales ha ido en aumento en las ciudades para atraer a los colibríes a los jardines. A pesar de que se han utilizado los bebederos para realizar estudios sobre preferencias de néctar y conductas de los colibríes, no se han realizado estudios sobre el efecto que podrían tener éstos al implementarlos dentro de áreas naturales. El presente trabajo buscó registrar el efecto de los bebederos sobre la presencia, abundancia, diversidad y las actividades de forrajeo de los colibríes en un área natural cercana a una zona urbana. El estudio se realizó utilizando dos metodologías: 1) estableciendo dos senderos (uno con bebedero y otros sin bebederos) que estaban presentes sólo durante la observación (temporales) y 2) estableciendo dos senderos permanentes de 1500 m separados entre sí en la parte más cercana por 300 m y en la más alejada por 500 m. En un sendero se colocaron dos bebederos fijos cada 100 m haciendo un total de cinco puntos y el otro sendero con cinco puntos de observación sin bebederos realizando visitas mensuales. En ambos casos se registró mensualmente la actividad, número de individuos y especies de colibríes presentes. La primer metodología no encontró cambios en la actividad de forrajeo de los colibríes entre los senderos, observando pocas visitas a los mismos y sólo encontrando diferencias significativas entre los meses de observación ($F_{(11,715)}=1.8580$ $P=0.0418$) pero no entre los senderos ($F_{(1,715)}=0.2095$ $P=0.6473$). Con los bebederos fijos si se encontraron diferencias significativas entre el sendero con bebederos fijos y sin bebederos ($F_{(1,1538)}=7.983$ $P=0.0048$). En cuanto a la actividad se presentó mayor actividad de alimentación en el sendero con bebederos ($F_{(36,1535)}=60.5760$ $P<0.0001$). A pesar del aumento de actividad en las zonas de bebederos, se encontraron más especies en el sendero sin bebederos, aunque presentaron un mayor número de encuentros antagónicos. En conclusión se encontró que los bebederos si afectan la actividad de los colibríes en zonas naturales a corto plazo, sin embargo, es necesario realizar un estudio a largo plazo para ver si los cambios en la composición de la diversidad se mantienen con el tiempo, así como su efecto sobre la polinización de las flores.

Abstract

The use of artificial feeders actually has grown a lot principally to attract hummingbirds to people's backyards. Feeders have been used for research analyzing nectar preference and behavior. However there are no studies where the effect of the artificial feeders on the natural areas are assessed. This work assessed the effect of artificial feeders over hummingbird's presence, abundance, diversity and foraging in a suburban natural area. This work followed two methods: 1) two temporal transects were established, one with artificial feeders located at a separation of 100 m and other without artificial feeders; and 2) Other two permanent transect were established of 1500 m, separate for between 300 m and 500 m. In the first feeders were paced separated by 100 m for a total of five counter points. The other transect was the same but without artificial feeders. Both were visited monthly and activity, number of individual and species were registered. The first method did not find any change on the foraging activity between transects. Difference were detected between months ($F_{(11,715)}=1.8580$ $P=0.0418$) but not between the transects ($F_{(1,715)}=0.2095$ $P=0.6473$). On the contrary with the permanent artificial feeder we found significant difference between the transects ($F_{(1,1538)}=7.983$ $P=0.0048$). We also found more feeding activity at the transect with ($F_{(36,1535)}=60.5760$ $P<0.0001$). Although the activity increase with artificial feeders, we found more species in the transect without artificial feeders and also more antagonist encounter. In conclusion we found that artificial feeders affect the activity of hummingbirds in suburban natural areas in a short period. However it is necessary to make other studies over a longer period for to prove that increment in diversity is maintained with the time, as well as studies to assess the effect on the flower's pollination.

INTRODUCCIÓN

Los colibríes (familia Trochilidae) son una de las familias de aves con mayor número de especies (328). Actualmente endémicas del continente americano se encuentran entre las aves neotropicales más pequeñas y han evolucionado hacia la alimentación nectívora, por lo que dependen de los carbohidratos que obtienen de las flores ornitófilas; su dieta está compuesta aproximadamente por 90% de néctar y 10% de artrópodos (Del Hoyo et al. 1999).

La estrecha relación de estas aves con las flores las ha hecho objeto de diversos estudios, desde fisiológicos y morfológicos hasta ecológicos y evolutivos. Su interacción con las plantas que visitan han generado patrones evolutivos que se manifiestan como una alta correlación entre las dimensiones de sus picos y las corolas de la plantas que visitan (Wolf et al. 1976; Feinsinger 1978; Feisinger y Colwell et al. 1978; Stiles 1980, 1981, 1985; Arizmendi y Ornelas 1990; Arizmendi 1994; Arizmendi et al. 1996).

La relación mutualista entre colibríes y plantas se ha descrito como una interacción generalista, es decir, no especie-especie, sino una relación grupal (Arizmendi 2001). En general visitan flores con forma tubular, colores contrastantes con el entorno (rojo, anaranjado, morado), posiciones penduladas y que duran un día (Faegri y van der Pijl 1979). Los colibríes presentan una capacidad extraordinaria de vuelo, consiguiendo incluso quedar suspendidos en el aire, lo que les permite visitar flores en las cuales no pueden posarse para acceder al néctar (Faegri y van der Pijl 1979). Para extraerlo utilizan su lengua, que es protráctil y acanalada para obtenerlo por capilaridad. Es por ello que las concentraciones de azúcares de esta recompensa son relativamente bajas de forma que la densidad del néctar permita la capilaridad, generalmente oscilan entre 18 y 22% (Baker y Baker 1983). Los colibríes, a diferencia de otros animales, no han tenido enfrentamiento con los intereses de los hombres, ya que no afectan los campos de cultivo ni son un riesgo para el hombre, al contrario ayudan a la polinización de diversas plantas. Siempre han sido muy admirados por sus colores, y esta

característica es la causa principal por la que son capturados, ya que sus plumas sirven para fabricar adornos (del Hoyo et al. 1999).

En Mesoamérica los colibríes son unos de los grupos de aves más veneradas. Una de las deidades principales de la cultura mexicana, Huitzilopochtli (dios de la guerra), debe su nombre a “Huiztitzinlin”, palabra náhuatl que significa colibrí. Además se creía que los guerreros que morían en batalla se transformaban en colibríes para acompañar al sol en su viaje (del Hoyo et al. 1999).

En la mayoría de las culturas mesoamericanas se ha asociado a los colibríes con deidades y cultos relacionados con la fecundidad, dada su evidente participación en la reproducción sexual de las plantas. Pero no solo para las culturas prehispánicas fueron motivo de admiración, como lo demuestran algunas de las cartas que escribieron los europeos que se toparon con esta hermosa ave. En 1526 Gonzalo de Oviedo y Valdés escribió sobre ellos “no es mas grande que el final del pulgar de un hombre...y es tal su velocidad en el vuelo que no se puede ver el movimiento de las alas...”. En 1770 John Lawson escribió en su diario “El colibrí es un milagro de todos los animales alados”, y en 1775 George Louis Leclerc escribió en *L’histoire naturelle* “...de todos los seres animados, éste es el más elegante en forma y brillante en color. Las piedras y los metales pulidos por artesanos no son comparables a esta gema de la naturaleza” (Barnes 2000).

En contraste con el simbolismo guerrero de las culturas prehispánicas, en el simbolismo de los europeos siempre se asoció a los colibríes con la belleza. Esta admiración por la belleza de su plumaje llegó hasta nuestros días, y no sólo se expresa en obras literarias y pictográficas, sino como una nueva relación de convivencia con estas aves. Actualmente las personas colocan bebederos artificiales en sus casas para atraerlos y disfrutar de su colorido. Estos bebederos artificiales, que en un principio fueron elaborados por las personas amantes de las aves, se han transformado en una industria creciente y se pueden encontrar en casi cualquier tienda de autoservicio y de mascotas.

Para la preparación del néctar se pueden encontrar diversas presentaciones, que van desde los líquidos pintados de rojo hasta en polvo, con un precio accesible y de fácil preparación. En general la concentración es alrededor del 20% de sacarosa, semejante al néctar producido por la mayoría de las flores que visitan los colibríes (Baker y Baker 1983).

Esta nueva cultura de atracción de las aves se desarrolló principalmente en los Estados Unidos, donde la comunidad de amantes de las aves es enorme y hay lugares con bebederos artificiales que se han mantenido más de 30 años de uso continuo. En algunos casos incluso se ha observado que ciertos individuos ya no realizan la migración durante la época de invierno, debido a la presencia de los bebederos artificiales (Calder, com. per.). El uso de bebederos artificiales para atraer estas aves se ha ido extendiendo poco a poco en América Latina.

Por otro lado, los bebederos artificiales también se han usado para realizar trabajos de investigación, ya que son efectivos para atraer a los colibríes y se pueden controlar diversas variables que con las flores resultaría imposible (Sherman 1913; Blake 1962; Powers y Conley 1994; Powers y McKee 1994; Blem et al 2000). Sin embargo nunca se ha realizado un estudio que mida el efecto que puede tener el aumento del uso de bebederos artificiales sobre la comunidad de los colibríes en zonas cercanas a las ciudades.

En el Parque Ecológico de la Ciudad de México se realizan visitas de educación ambiental y se propuso la creación de un taller de elaboración de comederos y bebederos para las aves dirigido a niños, planeando colocar bebederos artificiales en los alrededores. De ahí surgió la necesidad de realizar un estudio que evaluara los efectos que podrían tener estos bebederos en los ensamblajes de colibríes y flores del Ajusco Medio.

ANTECEDENTES

Entre los primeros trabajos que utilizaron bebederos artificiales como una herramienta de investigación está el de Sherman (1913), quien los usó con el fin de conseguir que una hembra de *Archilochus colubris* anidara en su jardín. El uso del bebedero artificial se debió a la sugerencia de una vecina, y usó un vial con una flor de papel para atraer a los colibríes. Al registrar el éxito que tuvo el bebedero artificial, realizó varios experimentos para saber qué colores atraen a los colibríes y la cantidad de alimento que consumen. Observó que algunos individuos regresaban cada temporada durante el periodo de observación, pero que su frecuencia de visita al bebedero variaba año con año, aunque algunos permanecían constantes.

Palmer (1917 y 1918) hizo un reporte de los primeros intentos de mantener en cautiverio colibríes para luego ser transportados a Europa. Encontró que los colibríes en su dieta incluyen insectos, por lo que los bebederos artificiales no cubren todas sus necesidades alimenticias, principalmente en las especies que habitan zonas montañosas.

Wagner (1945) hizo un estudio sobre los hábitos alimenticios de los colibríes mexicanos, y encontró que estos pueden variar sus hábitos alimenticios dependiendo de la disponibilidad de alimento e incluyen en su dieta insectos; un ejemplo de esto son las especies que habitan en las zonas desérticas, las cuales se alimentan principalmente de insectos, mientras que en las zonas templadas se alimentan principalmente de néctar durante los periodos de floración, y modifican su dieta hacia un mayor consumo de insectos cuando hay pocas flores. Además reporta que entre más cercanos se encuentren a las zonas tropicales, estas aves pueden vivir sin problemas sólo con néctar artificial.

En otros estudios se han utilizado los bebederos artificiales para estudiar la fisiología y la conducta de alimentación de los colibríes; Blake (1962) hizo la observación de que el periodo de alimentación de *Archilochus colubris* aumenta a lo largo del tiempo, aumento que llegó hasta una constante en la que sólo varió el tiempo de alimentación cuando fueron interrumpidos por personas o por competidores.

Broom (1976) utilizó bebederos artificiales en un estudio sobre la concentración de sales como un factor en la preferencia de los colibríes por el néctar. Encontró diferencias significativas cuando las concentraciones de sales son bajas, mientras que éstas no son significativas cuando las concentraciones son altas, por lo que no presentan preferencias por los diferentes néctares. Martínez del Río (1990) usó bebederos artificiales para establecer la preferencia de los colibríes entre sacarosa, glucosa y fructuosa. Encontró que hay una preferencia significativa de los colibríes por la sacarosa, pero no se ha podido encontrar la relación con esta preferencia.

En relación a la conducta, Calder (1991) realizó un estudio de la territorialidad de *Selasphorus platycercus*, utilizando bebederos para poder capturar a los colibríes y para medir la territorialidad. Encontró una relación inversa entre el número de capturas y el número de flores, aunque no encontró una correlación entre el número de colibríes y los años de muestreo.

Blem et al. (2000) registraron la preferencia de *Selasphorus rufus* por diferentes concentraciones de azúcar en el néctar. Observaron que a bajas concentraciones ($\approx 20\%$) los colibríes tienen una mayor preferencia que a concentraciones altas (50% a 70%) donde no presentaron preferencias significativas.

Otros trabajos que han utilizado bebederos artificiales se han enfocado al análisis de las preferencias por el néctar, la disposición espacial y conducta (e. g. Roberts 1995; Blem et al 1997; Schöndube y Martínez del Río 2003), pero ninguno ha estudiado el efecto que pueden tener éstos sobre los colibríes y su ambiente, aunque aumenta cada vez más el uso de éstos en las ciudades y cerca de los bordes de los bosques.

Thompson (2003) publicó una lista de 10 mitos sobre el efecto de los bebederos artificiales en los colibríes; uno de ellos es que los bebederos artificiales pueden ocasionar enfermedades debido a que no obtienen los nutrientes suficientes necesarios para sobrevivir. El autor explica que no tienen ningún efecto negativo debido a que existe un proceso evolutivo que no se puede cambiar con la

presencia de este nuevo elemento en el ambiente, es decir, si los bebederos no les proporcionan una nutrición adecuada o suficiente, entonces los colibríes buscarán otras fuentes que se las proporcionen. Otro mito es que algunos colibríes con la presencia de bebederos no realizan la migración; es importante recordar de nuevo la importancia de procesos evolutivos que no cambian tan rápidamente. Así que lo que se observa no es que no migren, sino movimientos migratorios menores o el paso de diferentes individuos en busca de alimento.

Por último, otro mito sobre los efectos negativos de los bebederos sobre los colibríes es la dependencia hacia estos, ya que se cree que al dejarlos de llenar, las aves que se alimentan del bebedero vacío pueden morir de inanición. Esto no es cierto, ya que los colibríes están acostumbrados a buscar otros sitios donde alimentarse cuando disminuye o desaparece el alimento en su sitio tradicional de alimentación (Thompson 2003). Este trabajo, publicado en la red, es el único que hace referencia directamente a los efectos que pueden tener los bebederos artificiales sobre los colibríes. Sin embargo en él no se hace ninguna referencia a evidencia experimental que sustente sus afirmaciones.

En este trabajo se planteó estudiar el efecto que la presencia de bebederos artificiales tiene sobre la diversidad, distribución, abundancia, tiempo de forrajeo y territorialidad de las diferentes especies de colibríes. Para lograr comparar esto se comparó una zona con bebederos y otra sin estos en el Parque Ecológico de la Ciudad de México durante un ciclo anual.

El Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM) está ubicado en el Ajusco Medio. Por ser una zona de restauración ecológica, se han realizado diversos listados sobre la flora y la fauna (Cabrera 1995; Martínez 1995; González 1996; Bonfil et al. 1997; Martínez 1997; Bonfil et al. 1997; Bonfil y Soberón 1999; Arenas 2004). En cuanto a las aves, se realizó un listado general haciendo una revisión bibliográfica que se presentó como base del decreto de Área Natural Protegida (SMA-CORENA 2003). A partir de éstos trabajos se han realizado dos estudios que han generado listados de las aves

presentes en el área (Cabrera 1995 y Arenas 2004). Por ultimo se realizó un trabajo sobre el papel que juegan los colibríes en la polinización de *Salvia mexicana* (Martínez 1995). Las especies de colibríes registradas en cada trabajo se presentan en la Cuadro 1.

Cuadro 1 Número de colibríes presentes en el PECM.	
Autor	Numero de especies de colibríes
Martínez (1995)	7
Cabrera (1995)	11
Arenas (2004)	9

OBJETIVO GENERAL

- Identificar los posibles efectos que tiene la presencia de bebederos artificiales sobre la diversidad, distribución, abundancia, tiempo de forrajeo y territorialidad de los colibríes en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Elaborar un inventario de la presencia y abundancia estacional (a lo largo de un ciclo anual) de los colibríes del área.
- Comparar la presencia, abundancia y actividad de los colibríes en un sitio natural y en un sitio con presencia constante de bebederos artificiales.
- Realizar capturas periódicas de los colibríes con el propósito de marcarlos, medirlos y obtener de ellos muestras de polen que permitan describir los patrones naturales de uso de los recursos florales en el área.
- Elaborar un catálogo de polen de las flores en el Ajusco que visitan los colibríes, como colección de referencia que lleve a la identificación del polen obtenido de los cuerpos de los colibríes.

HIPÓTESIS

A partir de estas preguntas se proponen las siguientes hipótesis:

H_0 : La permanencia constante de los bebederos no causará ningún cambio en el número de especies número de individuos ni territorialidad en los senderos.

H_1 : La presencia constante de los bebederos aumentará el número de especies y/o el número de individuos.

H_2 : La presencia constante de los bebederos aumenta la territorialidad y por lo tanto disminuirá el número de especies y/o el número de colibríes.

ÁREA DE ESTUDIO

El 28 de junio de 1989 se expropiaron 728 ha en la parte media de la serranía del Ajusco, en las cercanías del sitio conocido como Lomas del Seminario; fue entonces cuando se creó el llamado Parque Ecológico de la Ciudad de México, el cual se encuentra ubicado en entre los 19° 14' y 19° 18' de latitud norte y los 99° 15' y 99°10' de longitud oeste entre los 2400 y 2800 msnm (figura 1). El parque se encuentra parcialmente delimitado por malla ciclónica y cuenta con vigilancia. La principal vía de acceso es por la carretera Picacho-Ajusco, en la cual existen dos entradas: una a la altura del kilómetro 5.7, conocida como la entrada de la “Primavera” y la otra se encuentra en el kilómetro 6, conocida como la entrada de “Lomas”. Ha estado sujeto a fuertes presiones debidas al acelerado crecimiento urbano. Se encuentra rodeado en su límite norte por diversas colonias de reciente creación como la Primavera, Verano, 2 de octubre, Paraje 38 y Tepeximilpa, las que ejercen fuerte presión al ambiente, como la formación de basureros, el pastoreo, actividades recreativas, extracción de rocas, leña, cactáceas, orquídeas, nopales, hierbas y la cacería y captura de aves y mamíferos (SMA-CORENA 2003).

La zona tiene un origen volcánico y en ella existen dos unidades geológicas que se superponen, la primera corresponde a la formación de Chichinautzin del Pleistoceno-Holoceno. Las actividades del Xitle, Xicontle y Cuazontle formaron una gruesa capa de lava que cubrió 80 km² al suroeste del D.F. (Martínez 1995) y que se conoce actualmente como Pedregal de San Ángel. La segunda unidad geológica pertenece a la formación de las Cruces, del Plioceno, (Martínez 1995) siendo ésta la formación más antigua (8 millones de años aproximadamente). La formación Chichinautzin cubrió parte de la formación anterior, donde ya se encontraba suelo bien desarrollado, dando origen a un patrón sumamente heterogéneo y continuo de substratos para la vegetación (Soberón et al. 1991 citado en Martínez 1995).

De acuerdo con Soberón et al. (1991) basado en Rzedowski (1971) dentro del Parque se distinguen tres tipos de vegetación: bosque de pino-encino, bosque de encino y matorral xerófilo. En la zona Lomas del Seminario Soberón et al. (1991) distinguieron dos tipos de vegetación: bosque de encino y matorral xerófilo. El presente trabajo se ubica en el Matorral xerófilo, en el que, dependiendo en su grado de perturbación, se aprecian dos zonas:

a) Matorral de *Sedum*: que es la vegetación original de la zona y esta compuesto por *Sedum oxypetalum* como especie dominante, *Senecio praecox*, *Dahlia coccinea*, *D. rudis*, *D. merckii*, *Tapetes lunulata*, *T. Micratha*, *Eupatorium picnocephalum* y *Agave ferox* (Martínez 1997)

b) Matorral perturbado: es una vegetación baja y poco densa, en esta zona son abundantes *Eupatorium arsene*, *Buddleia cordata*, *Dodonea viscosa*, *Senecio praecox*, *Loeselia mexicana*, *Salvia mexicana*, *Piqueria trinervia*, *Sedum oxypetalum*, *Agave salmiana*, *A. ferox*, *Opuntia tomentosa*, *O. rzedowskii* y *Manfreda pringlei* entre otras (Soberon et al. 1991; Martínez 1997). Es en este último tipo de vegetación donde se realizaron los muestreos.

El clima de la zona corresponde a los templados subhúmedos con lluvias en verano. La temperatura anual promedio es de 16°C, siendo más calurosos los meses de marzo y julio. La precipitación promedio es de alrededor de 1000 mm anuales (SMA-CORENA 2003).

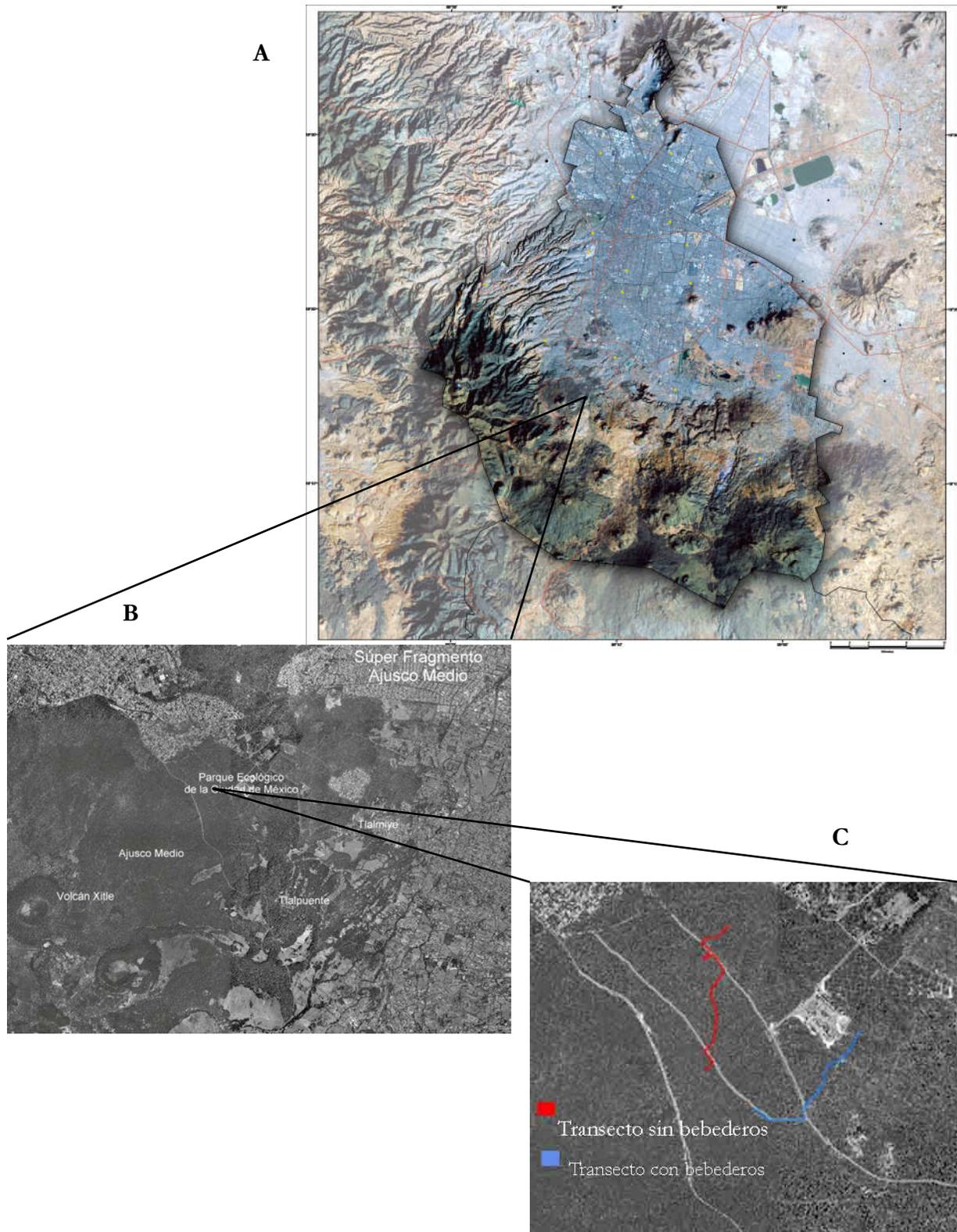


Figura 1. Área de estudio. A) ubicación del Parque dentro de la zona urbana. B) ubicación del área de estudio dentro del Parque. C) Ubicación de los transectos dentro del área de estudio.

MÉTODOS

El trabajo se dividió en dos partes. La primera fue la documentación de los patrones de abundancia y estacionalidad de las especies de colibríes y de las plantas en el PECM. La segunda fue la observación de la alimentación de los colibríes con la presencia de los bebederos artificiales y sin ellos.

Bebederos

Se establecieron dos transectos de 1500 m de longitud. En uno de ellos se establecieron diez estaciones de observación separadas una de la otra por 150 m, dentro de las cuales se seleccionaron puntos donde se colocaron los bebederos. En el segundo transecto se establecieron otras diez estaciones de observación en las cuales no se colocaron bebederos.

La concentración de azúcar en el néctar de los bebederos fue del 20%. Esta concentración está basada en la bibliografía consultada (Baker y Baker 1983, Bleem et al. 2000) donde se indica que el 20% es la concentración promedio preferida por la mayoría de los colibríes. Es además la concentración del néctar comercial que venden las tiendas de mascotas y las concentraciones recomendadas para los bebederos que manejan algunos grupos de aficionados (Balliet 2003).

Del 11 de julio de 2003 al 15 de diciembre de 2003 se realizaron visitas quincenales en diferentes días a cada transecto, haciendo observaciones en cada estación durante 15 min. En cada estación se tomaron los datos de las especies que visitaban los bebederos, el tiempo de alimentación y los encuentros antagónicos. Se recorrió cada sendero dos veces en un día, con un tiempo total de observación de 4 horas por muestreo en cada sendero. Los bebederos fueron colocados cada visita el mismo día antes del recorrido en el mismo lugar y se retiraron al terminar las observaciones.

Entre febrero de 2004 y febrero de 2005 se establecieron dos nuevos transectos de ~1500 m de largo cada uno, debido a que los muestreos realizados en el periodo anterior no mostraban diferencias en el comportamiento de los colibríes. Al revisar la bibliografía, Sherman (1913) y Calder (1991)

mencionan que al estar fijos los bebederos se observa una mayor frecuencia de visitas. Otro factor que se tomó en cuenta fue la separación entre los transectos, y que por estar tan cercanos podría presentarse sobrelapamiento de los territorios y los movimientos de los colibríes. Debido a las características del parque, los senderos se establecieron separados en su parte más cercana por 300 m y en la más separada por 500 m, con la finalidad de tener una mayor distancia entre los transectos y evitar que se sobrelaparan los territorios. En cada transecto se establecieron cinco estaciones de observación. En uno de los transectos denominado “transecto con bebederos” (C/C), 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 denominado “sendero sin bebederos” (S/C) no se colocó ningún bebedero. Los bebederos permanecieron fijos hasta el final del estudio 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, tomando el tiempo de duración de alimentación y los encuentros agonísticos, interespecíficos e intraespecíficos. La observación de cada estación tuvo una duración de 45 min. Recorrer cada transecto implicó 5 h (7 a 12 h aproximadamente). Los recorridos se llevaron a cabo dos veces al mes durante el periodo de un año (de febrero de 2004 a febrero de 2005), con un total de 22 recorridos cambiando la dirección en cada muestreo.

Censos

Los censos para medir riqueza de especies en la zona de estudio se realizaron una vez al mes entre julio de 2003 y febrero de 2005, con un recorrido de 2000 m que incluyó ambos transectos y la zona que separaba cada transecto. 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 200m, en las cuales se registraron las especies de colibríes y el número de individuos presentes.

Redes

Adicionalmente a los puntos de conteo se colocaron redes de niebla para información poblacional (machos, hembras y juveniles), así como para anillar a los organismos para los censos y estacionalidad. Finalmente se les tomaron muestras de polen a las aves capturadas lo que nos permitió conocer las especies de plantas que visitan. Las redes se colocaron en los meses de abril, marzo y junio de 2003 y en septiembre y octubre de 2004. En 2003 se colocaron dos redes una vez al mes con una duración de 4 h cerca de la Casa UNAM, donde no se presentaron capturas a pesar de la presencia de los bebederos. En el 2004 se colocaron de nuevo tres redes una vez al mes en la estación 1 y 2 del sendero C/C, capturando sólo dos individuos en el primer mes y tres en el segundo. La mayoría de la muestras de polen obtenidas de los colibríes provienen del monitoreo de sobrevivencia invernal de 2002 y 2005.

Vegetación

Se realizó un análisis de la estructura de la vegetación en cada estación de observación en el mes de octubre de 2004 para tener una idea de la cobertura y la abundancia de flores en los transectos y los puntos, dentro de la temporada de floración. Se estableció un cuadrante de 0.25 ha en cada estación de observación, y en el se cuantificó el número de flores presentes en la zona, número de árboles y cobertura de suelo (porcentaje de vegetación menor a 0.5 m). En cada transecto se obtuvo un listado de las especies de plantas con flores visitadas por colibríes. Para complementar el listado se colectaron flores de otras zonas del PECM. Las plantas fueron colectadas y determinadas en el herbario de la FES-Iztacala, UNAM.

Colecta de polen

Para la segunda parte del proyecto se realizó una colecta de las flores que visitan los colibríes y se obtuvieron muestras de polen, el cual se fijó en portaobjetos con gelatina de Fuchsin básica (Beattie 1971) y posteriormente se procesó en el laboratorio de la UBIPRO de la FES-Iztacala. Esas muestras

se utilizaron para formar un catálogo de polen, utilizando un microscopio óptico con cámara fotográfica a 40X.

De los colibríes que fueron capturados con las redes, tanto dentro del periodo de trabajo de esta tesis como dentro del monitoreo de sobrevivencia invernal realizado en el PECM, se tomó una muestra de polen de sus cabezas y gargantas, utilizando un cubo de gelatina de Fuchsina que se frotó contra el cuerpo del animal, para posteriormente ponerla en un portaobjetos en donde se derritió con la ayuda de un encendedor y se cubrió con un cubreobjeto (Arizmendi no publicado). Estas preparaciones se compararon con el catálogo de polen para poder percibir el patrón natural de uso de las plantas por colibríes. Se realizó una tabla de frecuencias de presencia del polen en cada individuo por especie.

Análisis de datos.

Los resultados de abundancia y número de especies obtenidos en los dos transectos de observación en las diferentes estaciones se analizaron utilizando modelos lineales generalizados contrastando los sitios con bebederos contra los sitios sin bebederos (pruebas de ANOVA con modelos lineales; JMP 1985). 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. También se aplicó otro método estadístico para datos no paramétrico que es la prueba de Friedman (SPSS 2006) donde se compararon los senderos, estaciones, actividad y sustrato ordenando por grado de diferencias que presentan los colibríes.

Para establecer si la presencia de recursos adicionales aumenta la territorialidad se analizaron la presencia y abundancia de los colibríes en las dos condiciones, conjuntamente con el número de encuentros agonísticos registrados en cada estación. Si la presencia de recursos encontrados promueve la territorialidad de las especies, entonces las estaciones con bebederos deberán presentar significativamente más encuentros agonísticos registrados y menor número de especies. Se analizaron

además los cambios estacionales en la diversidad, abundancia y presencia de las diferentes especies de colibríes en el Parque.

RESULTADOS

Cobertura de la vegetación.

Se obtuvieron los siguientes resultados (cuadro 2):

Cuadro 2. Cobertura de vegetación por transecto			
Transecto	No. De Flores	No. Árboles	Cobertura %
Con bebederos (n=5)	Promedio 97.4 Desv. Estd 39.234	Promedio 16.8 Desv. Estd 4.025	Promedio 47.8 Desv. Estd 10.569
Sin bebederos (n=5)	Promedio 264.8 Desv. Estd 138.808	Promedio 21.6 Desv. Estd 5.32	Promedio 54 Desv. Estd 10.271

Se realizó una prueba de ajuste para cada uno de los parámetros medidos de la vegetación (número de flores, número de árboles y cobertura) para los senderos y estaciones. No se encontraron diferencias significativas en el modelo general sobre el número de flores de todas las estaciones ($F_{(5,9)}=2.5376$ $P=0.1939$), pero sí entre el número de flores en los senderos ($F_{(1,9)}=7.6270$ $P=0.0508$) registrándose un mayor número de flores en el sendero S/C que en el sendero C/C durante la temporada de floración. En cuanto al número de árboles y la cobertura del suelo no se encontraron diferencias significativas entre los transectos ($F_{(5,9)}=1.2398$ $P=0.4296$ y $F_{(5,9)}=0.5759$ $P=0.7224$ respectivamente).

Se encontraron en los transectos cinco especies de plantas con flores de las que se observó que los colibríes se alimentaban (figura 2-7), sobre todo de *Penstemon roseus* y de las flores de los agaves (*Agave sp*), además de *Loeselia mexicana* (Lam.) Brand y *Castilleja tenuiflora*. También se llegaron a observar en las flores de los nopales (*Opuntia sp*) pero la mayoría de las veces fuera de los muestreos. En los tepozanes (*Buddleia cordata* H.B.K.) se registraron colibríes forrajeando, pero se sospecha, por la baja cantidad de néctar presente en sus flores, que se estaban alimentando de insectos.

Se realizó un recorrido por el Parque para registrar actividad de forrajeo en flores fuera de los transectos. En este recorrido se colectaron seis especies de plantas en este recorrido que tienen características ornitofílicas, en las cuales forrajearon los colibríes. Las principales especies fueron *Salvia elegans* y *S. fulgens*. Se observó poca actividad sobre *Loselia mexicana* (Lam.) Brand, *Castilleja tenuiflora* y *Cestrum anagyris*. En *Castilleja tenuiflora* se observaron visitas muy esporádicas.

Bebederos no fijos

En las observaciones realizadas sin los bebederos fijos de julio de 2003 a diciembre de 2003 se registraron 12 especies de colibríes, de las cuales seis son migratorias (Arenas 2002) y las demás son residentes, con excepción de *Lampornis amethystinus* del que sólo se presentó un registro (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especies registradas y número de individuos por mes utilizando bebederos no fijos.							
Especie	Residencia	Jul	Ago	Sep	Oct	°Nov	Dic
<i>Amazilia beryllina</i>	M					2	
<i>Archilochus colubris</i>	M				2		
<i>Calothorax lucifer</i>	M	12	4	14			
<i>Colibri thalassinus</i>	R	2	1	27	1		
<i>Cynanthus latirostris</i>	R	8	6	5		1	
<i>Eugenes fulgens</i>	R	3		1			
<i>Hylcocharis leucotis</i>	R	115	7	91	34	44	42
<i>Lampornis amethystinus</i>	Ma					1	
<i>Lampornis clemenciae</i>	R			10		1	1
<i>Selasphorus platycercus</i>	M			3			
<i>Selasphorus rufus</i>	M		6	37	1	5	6

M= migratorio; Ma= Migratorio altitudinal; R= Residente

Al hacer el análisis estadístico para ver si se presentaban diferencias significativas de la actividad de los colibríes, abundancia y número de especies entre los senderos, el modelo general ($F_{(34,715)}=2.6926$ $P<0.0001$) sólo demostró diferencias significativas entre los meses ($F_{(11,715)}=1.8580$ $P=0.0418$) y las

especies ($F_{(13,715)}=4.5805$ $P<0.0001$), pero no entre los senderos ($F_{(1,715)}=0.2095$ $P=0.6473$), por lo que los bebederos no tuvieron efecto sobre la actividad de los colibríes.

Sin embargo al realizar la prueba de Friedman si se encontraron diferencias entre los senderos principalmente, presenta también diferencias en la actividad y la estación. Teniendo menos diferencias entre sustrato y los meses (cuadro 4)

Cuadro 4. Prueba de Friedman			
	Orden de significancia		
Sendero	1.50	N	675
Mes	5.00	Chi-cuadrada	2008.328
Estación	3.09	g.l.	4
Sustrato	3.21	Asymp. Sig.	.000
Actividad	2.20		

Bebederos fijos

Después de cambiar la metodología con los bebederos fijos, se realizaron un total de 22 muestreos en cada uno de los senderos con bebederos (C/C) y sin bebedero (S/C), durante el periodo de febrero 2004 a enero de 2005 y se registraron solamente 9 especies de las 12 registradas anteriormente; de las cuales 4 son migratorias y 5 residentes (Arenas 2002 Cuadro 5).

Cuadro 5. Censo de especies por mes

Especie	Mar		Abr		May		Jun		Jul		Ago		Sep		Oct		Nov		Dic		Ene	
	C/C	S/C																				
<i>Amazilia berylina</i>											3		1									
<i>Calothorax lucifer</i>									1	1												
<i>Colibri thalasinus</i>	3							6	6	8	5	5				2	3			3		
<i>Cyananthus latirostris</i>					3			1			1	1		2		3		2			1	
<i>Eugenes fulgens</i>								3	2	1	2			2	3	3	1	1	1			
<i>Hylocharis leucotis</i>	6	4	2	3	5	9	10	5	11	8	8	7	4	1	7	9	13	7	5	5	9	8
<i>Lampornis clamenciae</i>	3		1		3										1			2				
<i>Selasphorus ptilicercus</i>																		1				
<i>Selasphorus rufus</i>											2	5	1		1		3		4			

En cuanto a los censos se observa una variación en el número de especies y de individuos a lo largo del año que está relacionada con los periodos de floración (figura 2 y 6).

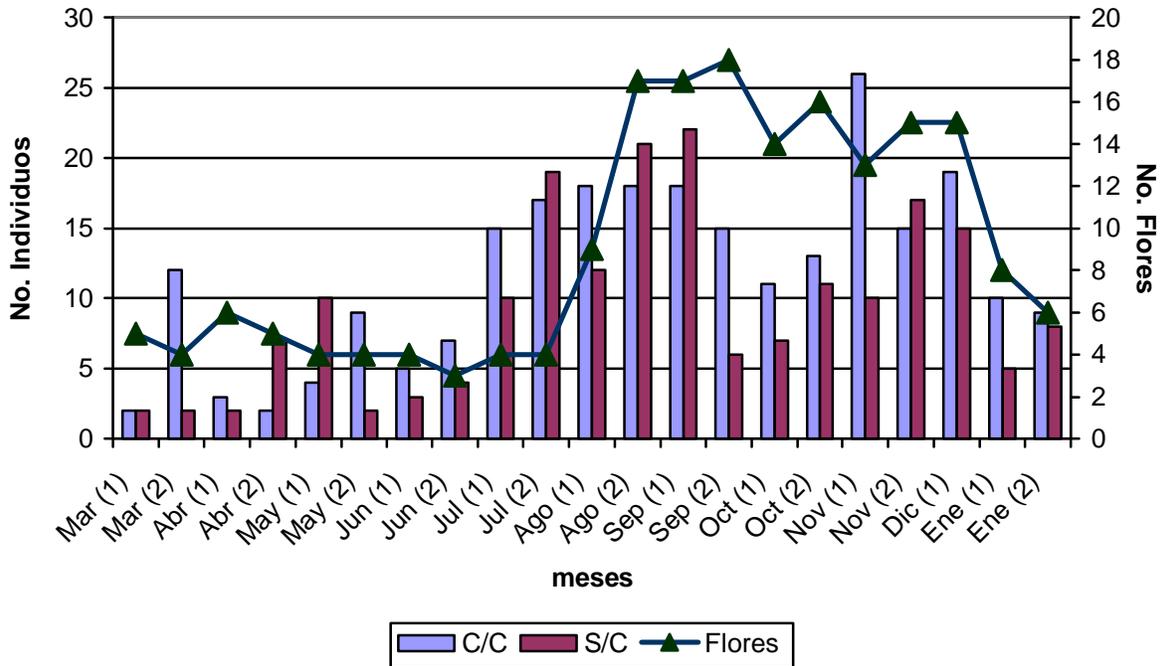


Figura 2. Número de individuos en el censo y número de flores durante un año el número en el paréntesis indica si es del primer o el segundo muestreo del mes.

En los transectos establecidos en 2004, aunque se registraron menos especies que con los bebederos no fijos (2003), aumentó el número de observaciones y la actividad de los colibríes en los bebederos. En el modelo general se encontraron diferencias significativas ($F_{(35,384)}=1.6379$ $P=0.0162$), pero estas se debieron a la variación que presentaban los meses en la riqueza y abundancia ($F_{(20,384)}=2.0737$ $P=0.0051$).

Se realizó un análisis para ver si existían diferencias entre las especies en cuanto a los senderos, las estaciones y los meses (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de las especies en los senderos con bebederos y sin bebederos.		
<i>Colibri thalassinus</i>		
	χ^2	Prob. χ^2
Sendero	0.0303	0.8618
Estación	10.6705	0.0305
Mes	1.9720	1.0000
<i>Selasphorus rufus</i>		
Sendero	0.0000	0.9954
Estación	0.0999	0.9988
Mes	0.0026	1.0000
<i>Eugenes fulgens</i>		
Sendero	0.0006	0.9790
Estación	0.6118	0.9617
Mes	0.7683	1.000
<i>Cyananthus latirostris</i>		
Sendero	0.8067	0.3691
Estación	0.9469	0.9177
Mes	2.0356	1.0000
<i>Hylocharis leucotis</i>		
Sendero	1.6009	0.2058
Estación	10.1270	0.0383
Mes	9.5840	0.9936

No se encontraron diferencias significativas entre las especies, pero sí entre las estaciones, en los casos de *Colibri thalassinus* y *Hylocharis leucotis*.

Al hacer el análisis de todos los datos se encontraron diferencias significativas en el modelo general ($F_{(41,1538)}=10.8980$ $P<0.0001$). Los efectos de la variación se encontraron entre las especies ($F_{(13,1538)}=31.134$ $P<0.0001$) y los senderos ($F_{(1,1538)}=7.983$ $P=0.0048$). En cuanto a la actividad

(forraje, defensa de territorio, percha y vuelo), se encontraron diferencias significativas entre los senderos ($F_{(36,1535)}=60.5760$ $P<0.0001$), debidas a los efectos en la actividad que estaban realizando los colibríes y el sustrato (flores, comederos, arbustos, árboles) ($F_{(4,1535)}=273.1114$ $P<0.0001$ y $F_{(4,1535)}=5.4170$ $P=0.0002$ respectivamente).

Para saber si existía alguna interacción entre la actividad y los senderos, estaciones y meses, se aplicó el modelo lineal y en se encontraron diferencias significativas ($F_{(111,1536)}=18.9144$ $P<0.0001$) en las interacciones de Actividad—Sendero, Actividad—Estación y Actividad—Mes. El sendero con mayor actividad de alimentación fue C/C, al igual que el que registró un mayor número de encuentros antagónicos (Figura 3). Abril y mayo fueron los meses que presentaron la mayor actividad. No se presentó mucha actividad de canto en los colibríes, con excepción de *Colibri thalassinus*, durante los meses de junio, julio y septiembre (Figura 4).

Se realizó de nuevo la prueba de Friedman y se encontró que hay una preferencia por el sendero principalmente, después por la actividad y el sustrato. Donde se presentaron menos diferencias fue en la estación y la fecha (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de Friedman con bebederos fijos.			
	Orden de significancia		
Senderos	1.96	N	1536
Estación	3.29	Chi-cuadrada	4377.932
Actividad	2.18	g.l.	4
Fecha	5.00	Asymp. Sig.	.000
Sustrato	2.57		

Los encuentros agresivos entre colibríes fueron en su totalidad entre individuos de diferentes especies de colibríes, No se observaron encuentros agonísticos entre colibríes y otras aves (calandrias o mieleros) o entre colibríes e insectos (abejas y abejorros) durante todos los muestreos (Figura 5).

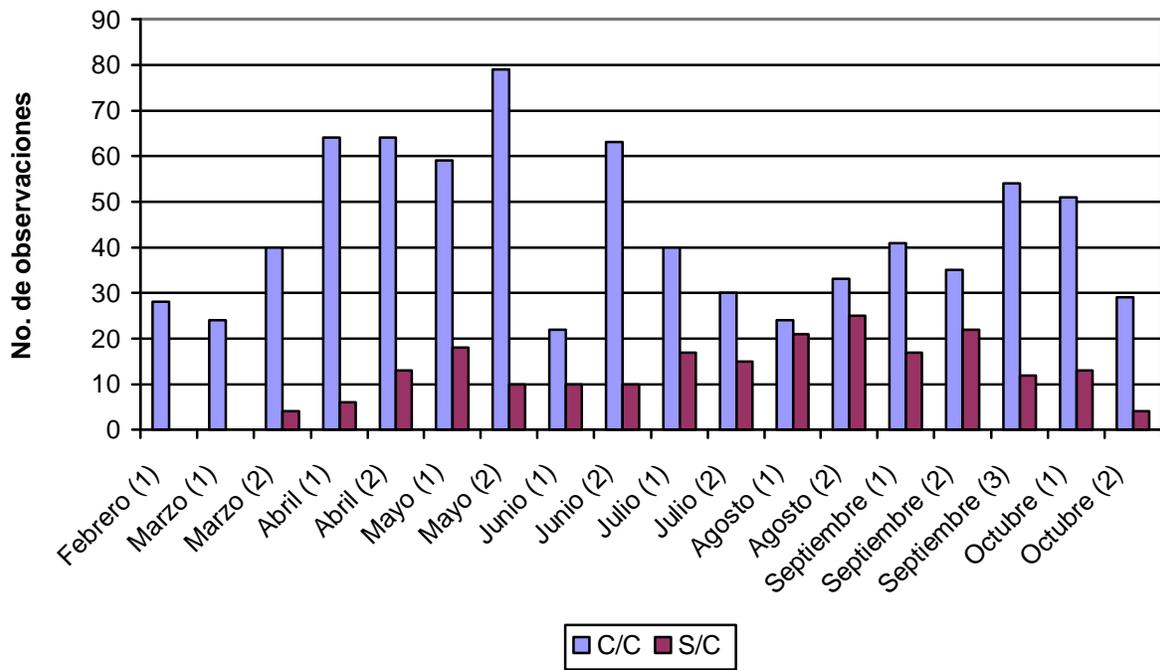


Figura 3. Actividad de alimentación en ambos senderos.

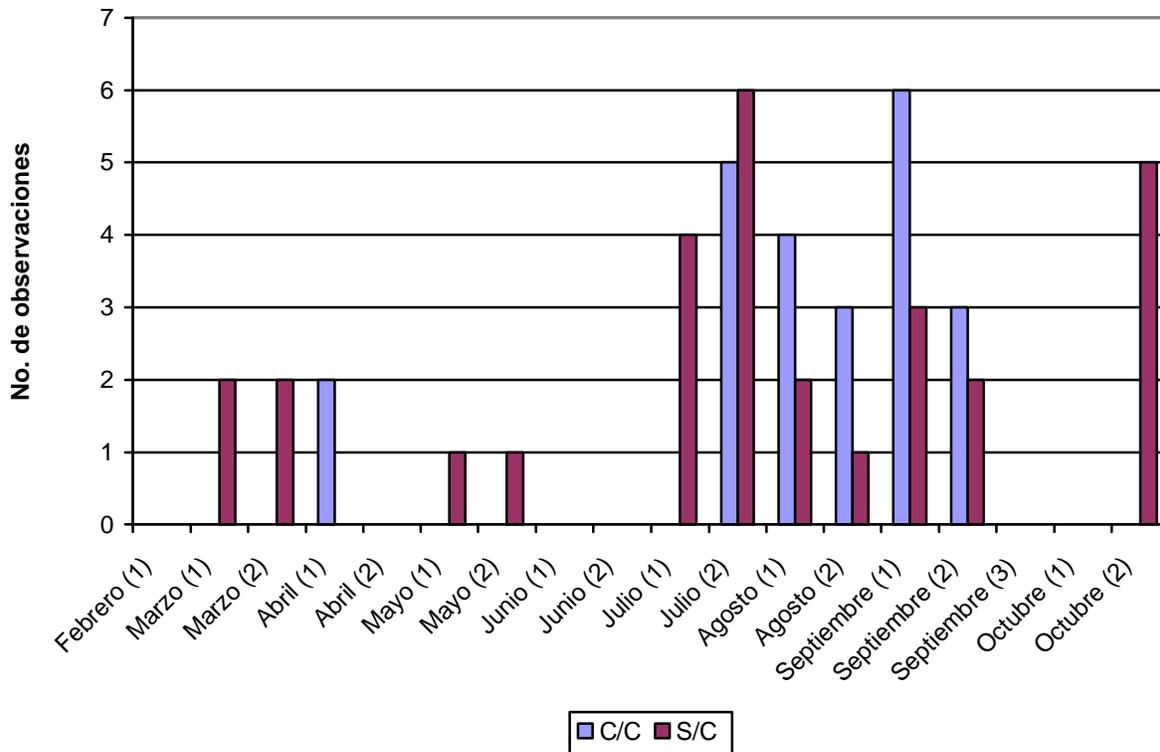


Figura 4. Actividad de canto en ambos senderos.

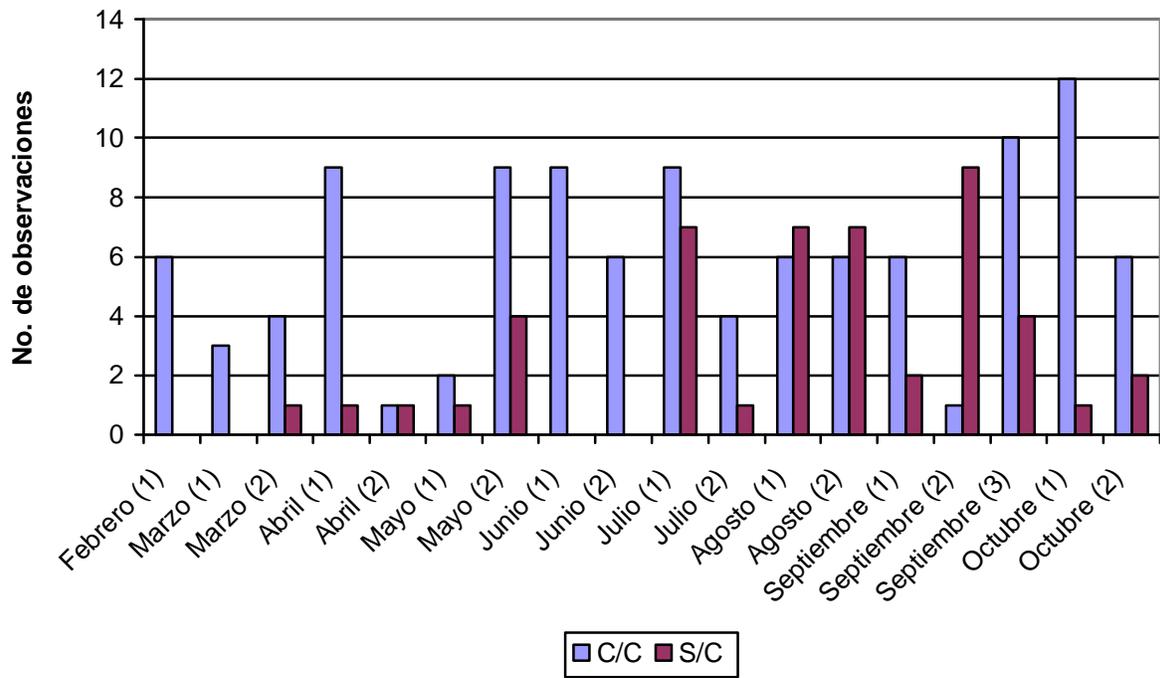


Figura 5. Encuentros antagónicos en ambos senderos.

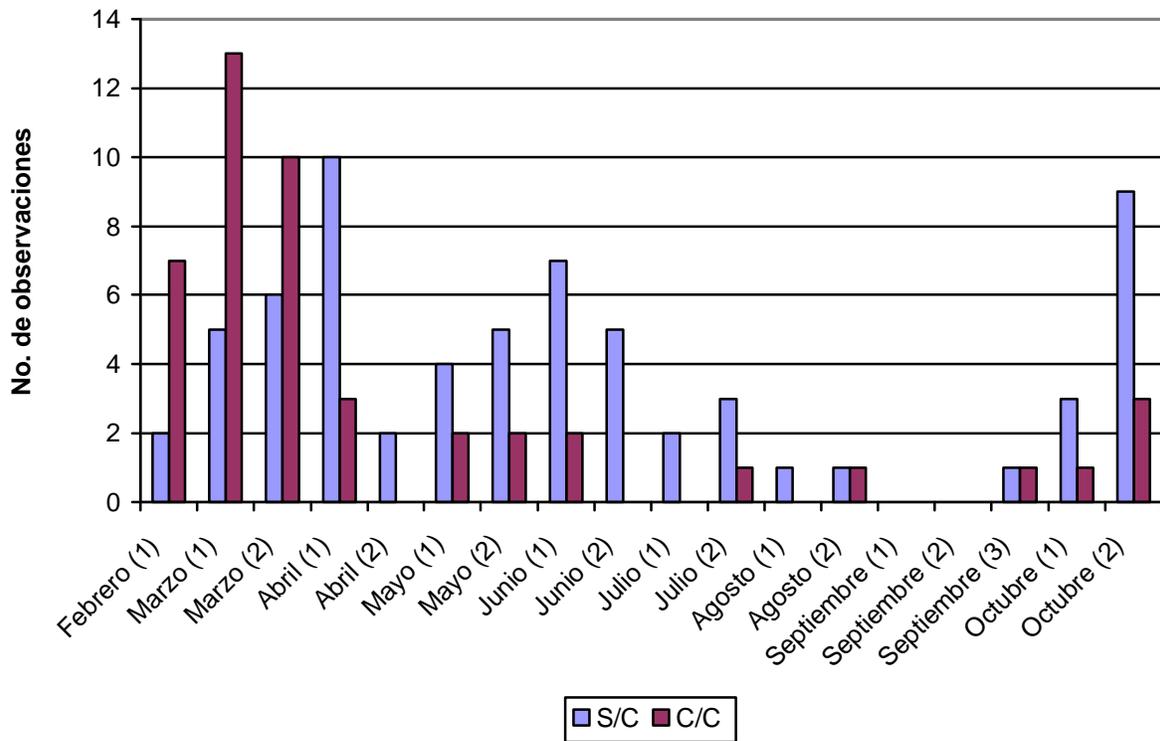


Figura 6. Actividad de individuos de paso en ambos senderos.

Sobre la actividad de vuelo de individuos que sólo se registraron de paso se presentó en mayor número durante los meses invernales, aunque durante el inicio del estudio se observó una mayor actividad de vuelo en el sendero con bebederos, mientras a que al final de estudio se invierte esta tendencia a las zonas sin bebederos (figura 6).

En lo que se refiere a la actividad por especie se presentó una mayor actividad de alimentación en los bebederos, excepto en *Selasphorus rufus* que tuvo una mayor actividad de alimentación en la zona sin bebederos. En cuanto a los encuentros interespecíficos se observa que *Hylocharis leucotis* y *Eugenes fulgens* presentaron el mayor número de encuentros, además que se registraron más encuentros en el sendero con los bebederos que en donde no se colocaron, mientras que en este último se presentó mayor actividad de especies que van de paso (V) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Actividad por especies.						
Especie	Actividad					
	A		F		V	
	C/C	S/C	C/C	S/C	C/C	S/C
<i>Amazilia beryllina</i>	7	5				
<i>Calothorax lucifer</i>	9	4				1
<i>Colibri thalassinus</i>	38	19	3	2	1	2
<i>Cyananthus latirostris</i>	62	4	5	1	1	
<i>Eugenes fulgens</i>	178	24	11		1	1
<i>Hylocharis leucotis</i>	438	110	17	6	5	18
<i>Lampornis clemenciae</i>	87	5	4	1	2	1
<i>Selasphorus platycercus</i>	2	1		1		
<i>Selasphorus rufus</i>	4	19	3	1		1
Total general	825	191	43	12	10	24
A: Alimentándose; F: Peleando; V: Volando						

En cuanto al análisis del polen colectado se creó una tabla de frecuencias de aparición de polen en cada especie. Se encontró que de *S. elegans* proviene principalmente el polen encontrado en los colibríes. En cuanto al número de individuos de colibríes que se tomaron muestras, solamente *H.*

leucotis tiene una muestra mayor a 30 individuos. A partir del análisis de esta especie se puede concluir que *S. elegans* es la principal fuente de alimento, seguida *L. mexicana*. Los agaves son los que tienen menor aporte de polen junto con *C. anagyris*. También se observó la presencia de polen de *Senecio sp.*, aunque en menor frecuencia pero se presenta en *C. latirostris* y *H. leucotis*.

Cuadro 8. Frecuencia de polen observado por cada especie de colibri capturado.

Flores Colibríes	<i>Agave</i> <i>sp.</i>	<i>Cestrum</i> <i>anagyris</i>	<i>Castilleja</i> <i>tenuiflora</i>	<i>Loeselia</i> <i>mexicana</i>	<i>Salvia</i> <i>elegans</i>	<i>Salvia</i> <i>fulgens</i>	<i>Senecio</i> <i>sp.</i>	Desconocida
C. thalassinus (n=8)	0.00	0.00	62.50	37.50	87.50	37.50	0.00	62.50
C. latirostris (n=6)	0.00	0.00	66.67	100.00	83.33	0.00	16.67	83.33
H. leucotis (n=113)	0.88	0.88	46.02	76.11	78.76	10.62	4.42	50.44
L. clemenciae (n=12)	0.00	0.00	50.00	8.33	75.00	41.67	0.00	41.67

DISCUSIÓN

La remoción de los bebederos durante la primera parte del estudio no generó cambios en el comportamiento de los colibríes. Esto puede deberse a que los colibríes no aprendieron su ubicación por corto tiempo que los bebederos estuvieron disponibles. (Inouye et al. 1991). El dejar los bebederos fijos permitió un mayor tiempo de contacto con ellos y una disponibilidad ilimitada de alimento, y se observó una mayor permanencia de los colibríes en las zonas donde se colocaron (Calder 1985; Blem et al. 1997, 2000).

Cabe resaltar que el primer modelo estadístico de regresión lineal no mostró diferencias significativas entre los transectos por lo que se decidió cambiar la metodología, sin embargo al aplicar un modelo no paramétrico, este sí detectó las diferencias entre los senderos, lo cual puede significar que aun en un corto tiempo se presenta un efecto sobre los colibríes.

De acuerdo con los resultados obtenidos 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. Es decir, su presencia aumenta el número de individuos, lo que ya había sido descrito 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, ya que se sabía cualitativamente que aumentan el número de individuos presentes en un área determinada. Entre éstos trabajos se encuentra el de Calder (1985) quien menciona que el efecto de atracción de un mayor número de individuos por los bebederos disminuye al aumentar el número de flores, lo que es similar a lo encontrado en este estudio. Sherman (1913) menciona que después de varios años de permanecer los bebederos en un 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 Sherman (1913) a pesar de haber mantenido los bebederos sólo por durado un año (figura 2).

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 y McKee 1994; Roberts 1995; Blem et al. 1997; Baum y 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). 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 y McKee 1994).

En cuanto a la territorialidad, se trató de medirla con el número de encuentros antagónicos, el número de individuos y el número de especies presentes en cada sendero. Al inicio del estudio se esperaba que al ser el bebedero artificial una fuente importante de energía para los colibríes, aumentaría la defensa de la misma; disminuyendo el número de especies o el número de individuos que accedía a ellos. Sin embargo a pesar de que se presentaron mayor número de encuentros

antagónicos en el sendero de bebederos, esto no influyó en el número de especies y en cambio aumentó el número de individuos.

Si tomamos en cuenta que la territorialidad es la defensa del territorio por un individuo o grupo, un aumento en el número de encuentros antagónicos es un buen indicio de que aumentó la misma en el sendero de bebederos. Una explicación complementaria es que dichos encuentros sean el resultado del aumento de individuos en torno a una misma fuente de alimento. Debido a que una de las dos especies que presentaron mas encuentros antagónicos es territorial (*Hylocharis leucotis*), y la otra un forrajeador en línea (*Eugenes fulgens*), es difícil saber cual de estas hipótesis explica mejor el patrón observado.

Un indicador de que el mayor número de agresiones se deben a un aumento en la densidad de colibríes se apoya en algunas observaciones llevadas a cabo en el transecto con bebederos. En este se observó que los individuos permitían el acceso al alimento a otros individuos de su misma, o distinta especie al mismo tiempo que ellos, presentando la defensa del territorio después de haber bebido el néctar, lo cual no se observó en la zona donde no había bebederos. Esto parece ser el resultado de que el número de individuos en la zona donde no había bebederos era bajo (uno o dos), por lo que no confluían al mismo tiempo sobre el mismo recurso. Una explicación a esta conducta puede ser que al haber alimento disponible en grandes cantidades, representa una mejor opción compartir y utilizar la energía para seguir alimentándose, que utilizarla para defender el recurso. Esto se observó en *Lampornis clemenciae*, en el que se ha reportado que al tener alimento disponible en grandes cantidades disminuye su defensa de los recursos (Lyon et al. 1977).

Se encontraron diferencias en la defensa de los bebederos entre las especies residentes y las migratorias. Las especies residentes *Hylocharis leucotis* y *Eugenes fulgens* presentaron una mayor defensa y permanencia en los bebederos por más tiempo, que *Selasphorus rufus* y *S. platycercus*, que son migratorios. Estas especies presentaron una menor actividad asociada a los bebederos, lo cual puede

el resultado de la abundancia relativa de las especies residentes defendiéndolos. Otra posible explicación a esta diferencia de conducta puede deberse a que establecer territorios en las zonas con mayores recursos es más importante para las especies residentes que para las migratorias debido a sus requisitos energéticos durante el periodo invernal. La territorialidad también puede estar relacionada con un mejor conocimiento de la zona por las especies residentes (Wolf 1970; Inouye et al. 1991). Las especies residentes pueden establecer su territorio en la zona de bebederos por ser un recurso ilimitado, mientras que las especies migratorias podrían llegar a las zonas donde por aprendizaje habían encontrado alimento durante las migraciones anteriores (Altshurer y Nunn 2001).

Sutherland y Lee (1995) en un estudio sobre el aprendizaje de los patrones espaciales de *Selasphorus rufus* encontraron que aunque los individuos de esta especie tienen una gran capacidad para memorizar los bebederos con alimento cuando estos están colocados de forma homogénea. Sin embargo, este aprendizaje lleva tiempo, aumentando el periodo de aprendizaje conforme se hace más complejo el patrón de distribución de los bebederos en el espacio.

En estudios sobre la asociación entre el espacio y el aprendizaje, se ha reportado una relación inversa entre la extensión ocupada por los recursos alimenticios y el establecimiento y defensa de los territorios (Brown y Gass 1993; Lyon et al. 1977). También como encontramos en este trabajo, se da un incremento en el número de individuos al aumentar el recurso. Interpretar resultados de comportamiento en campo no es simple, debido a que distintas especies pueden presentar diferentes tipos de conductas de defensa del territorio, incluso algunas especies presentan una defensa del territorio con fines sociales y no de obtención de energía (Lyon et al. 1977).

Otro componente importante que se encontró, fue que el comportamiento general a lo largo del año está asociado a los cambios estacionales de la vegetación. Esto es similar a lo encontrado por Wolf (1970) quien durante la temporada más seca, cuando no había muchas flores, encontró que los colibríes se alimentaban principalmente de insectos que encontraban en los árboles. Esta conducta

parece estar asociada al forrajeo en los tepozanes, aunque en este estudio dicha conducta se presentó durante todo el año y no se pudo establecer si realmente se estaban alimentando. En el PECM los patrones de floración en general son simples, con la mayoría de las especies presentando sólo una temporada de floración al año. En general las especies tienen una floración sincrónica en periodos cortos desde finales del verano (septiembre) hasta principios de las secas en invierno (diciembre; Martínez 1997). Los periodos con mayor número de plantas en floración y fructificación se dan entre agosto y diciembre al final y después del periodo de lluvias, que fue durante el cual se observó un mayor número de colibríes (figura 2).

Sin embargo además de la variación en la abundancia de colibríes entre épocas del año, la presencia de los bebederos también cambió su conducta de forrajeo al cambiar la distribución espacial de los recursos alimenticios. Esto modificó el uso del espacio, aumentando la defensa de los mismos. Sin embargo en los transectos in bebederos, al tener los recursos alimenticios distribuidos en un espacio mayor, la actividad de forrajeo aumentó su rango de búsqueda, disminuyendo la territorialidad (Bawn y Grant 2001). Aunque estos factores no se tomaron en cuenta en este estudio, esto puede explicar porque en la zona de bebederos hubiera menos especies, la mayoría residentes, mientras que en la zona sin bebederos las especies migratorias se presentaron con mayor frecuencia.

En lo que corresponde a las especies de flores de las que se alimentaron los colibríes, *Penstemon roseus* tiene un periodo de floración de principios de agosto hasta finales de diciembre, mientras del periodo de floración de *Opuntia lasiacantha* es de abril a mediados de junio; ambas son especies ornitófilas (Martínez 1997 y Castellanos et al. 2003). Esta distribución de la floración de diferentes especies de plantas en el tiempo permite a los colibríes tener alimento disponible durante todo el año. Otras flores ornitófilas mencionadas por Martínez (1997) presentan floración principalmente al final de la temporada de lluvias; *Loeselia mexicana* entre principios de enero y finales de noviembre; *Salvia mexicana* de octubre a noviembre; *Salvia lavanduloides* de mediados de noviembre a mediados de

septiembre; *Lamouruxia rhinanthifolia* de mediados de agosto a mediados de octubre (Martínez 1997), por lo que los colibríes tienen alimento en forma de néctar la mayor parte del año.

En seis muestreos de 22 se encontró mayor número de individuos en la zona sin bebederos que en la de bebederos, probablemente durante estos muestreos se afectó la actividad de los colibríes por la presencia de un mayor número de flores en el sendero sin bebederos de forma similar a lo encontrado por Calder (1979 y 1985). En otros estudios se reportó que la conducta de forrajeo cambia dependiendo de la especie (Broom 1976; Blake 1962), lo cual puede ser otro factor que influyó en que algunas especies presentaran mayor presencia alrededor de los bebederos que otras.

En cuanto al polen, debido a que no se tomó la abundancia de las flores durante la colecta del polen en la cabeza de los colibríes, solamente se puede decir que aparentemente tienen una conducta generalista en esta temporada.

CONCLUSIONES

- 1) Se encontraron diferencias significativas en actividad, abundancia y riqueza entre los sitios con bebederos y sin bebederos, con un aumento en el número de individuos y la actividad en los primeros.
- 2) No se presentó un aumento en el número de especies asociado a la presencia de bebederos, al contrario, se presentaron más especies en donde no los había. Las especies residentes *Hylocharis leucotis* y *Eugenes fulgens* mantuvieron una territorialidad constante alrededor de los bebederos, mientras que las especies migratorias permanecieron en los puntos con mayor número de flores. No se encontró un comportamiento diferente al mencionado en la literatura en cuanto a la fluctuación de número de individuos y especies a lo largo del año.
- 3) Aunque hay algunas pistas sobre el aprendizaje como un factor para el establecimiento de territorios de invierno, aun falta realizar un estudio más profundo al respecto con las especies migratorias, para entender cómo se pueden afectar los movimientos migratorios con los bebederos.
- 4) El uso de modelos de aprendizaje de forrajeo podría ayudar a entender cómo se ve afectada la conducta de forrajeo de los colibríes con la presencia de bebederos, así como el establecimiento de territorios durante la temporada reproductiva y entre temporadas reproductivas.

LITERATURA CITADA

- Altshuler, D., L. y A., M. Nunn. 2001. Observational learning in hummingbirds. *Auk*. 118:795-799.
- Arenas, C., S. 2004. Distribución y fenología de la avifauna del Ajusco Medio y del Pedregal de San Angel, Distrito Federal, México. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias. 84 pp.
- Arizmendi, M. C. y F. Ornelas. 1990. Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. *Biotropica*. 22:172-180.
- Arizmendi, M. C. 1994. Interacciones Ecológicas Múltiples: el caso del sistema mutualista colibríes-plantas y el ladrón de néctar *Diglossa baritula*. Tesis. Centro de Ecología-UACPyP, UNAM. 154 pp.
- Arizmendi, M. C., Domínguez C. y R. Dirzo. 1996. The role of an avian nectar robber and of hummingbird pollinators in the reproduction of two plant species. *Functional Ecology*. 10:119-127.
- Arizmendi, M.C. 2001. Multiple ecological interactions: the case of the hummingbird pollination and the nectar robber *Diglossa baritula*. *Canadian Journal of Zoology*. 79:997-1006
- Baker, H.G. y I. Baker. 1983. Floral nectar constituents in relation to pollinator type pp117-141. In: Jones C.E. & R.J. Little (eds). *Handbook of Experimental Pollination Biology*, Van Nostrand Reinhold: New York.
- Balliet, J. 2003. Feeding hummingbirds. [En Línea] Disponible en <http://angelfire.com/nj/wonedeknee/hummingbirds.html>
- Barnes T.G. 2000. Hummingbirds. An attractive asset to your garden. Cooperative Extension Service. University of Kentucky. College of Agriculture. [En Línea] Disponible en: <http://www.ca.uky.edu>

- Baum, K. A. y Grant W. E. 2001. Hummingbird foraging behaviour in different patch types: simulation of alternatives strategies. *Ecological modelling*. 137:201-209.
- Blake, C.H. 1962. Long drinks by a hummingbird. *Wilson Bulletin*. 74:98.
- Blem, C. R., L.B. Blem. y C. C. Cosgrove. 1997. Field studies of Rufous Hummingbird sucrose preference: Does source height affect test results?. *Journal Field Ornithology*. 68:245-252.
- Blem, C. R., L. B. Blem, J. F. Van Gelder, J. Van Gelder. 2000. Rufous hummingbird sucrose preference: precision of selection varies with concentration. *Condor*. 102:235-238.
- Bonfil, C., I. Pisanty, Mendoza A. y Soberón, J. 1997. Investigación y Restauración Ecológica: el caso del Ajusco Medio. *Ciencia y Desarrollo* 135: 14-23
- Bonfil, C. y Soberón, J. 1999. *Quercus rugosa* seeding dynamics in relation to its re-introduction in a disturbed Mexican landscape. *Applied Vegetation Science* 2: 189-200
- Broom, D. M. 1976. Duration of feeding bouts and responses to salt solutions by hummingbirds at artificial feeders. *Condor*. 78:135-138.
- Brown, G. S. y C. L. Gass. 1993. Spatial association learning by hummingbirds. *Animal Behavior*. 46:487-497.
- Cabrera, G. L. 1995. Ecología Comparativa de dos comunidades de aves en un bosque templado del Ajusco Medio, Distrito Federal. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 111 pp.
- Calder, W. A. III. 1979. On the temperature-dependency of optimal nectar concentrations for birds. *Journal Theoretical Biology*. 78:185-196.
- Calder, W. A. III. 1985. Migration and population dynamics of hummingbirds. *National Geographic Society Research Report*. 21:53-57.

- Calder, W. A. III. 1991. Territorial hummingbirds. *National Geographic Research and Exploration*. 7: 56-69.
- Castellanos, M. C., P. Wilson y J. D. Thompson. 2003. Pollen transfer by hummingbirds and bumblebees and the divergent of pollination mode in *Penstemon*. *Evolution*. 57:2742-2752.
- Del Hoyo J., A. Elliot y J. Sargatal. 1999. Handbook of the birds of the world. Vol. 5 Barn-owls to Hummingbirds. Birdlife International. Lynx Editions. 468-680 pp.
- Faegri K. y L. van der Pijl. 1979. The principles of pollination ecology. Second revised edition. Pergamon Press Oxford, England. 242 pp.
- Feinsinger, P. 1978. Ecological interactions between plants and hummingbirds in a sucesional tropical community. *Ecological Monographs*. 48:269-287.
- Feinsinger, P. y R.K. Colwell, 1978. Community organization among neotropical nectar feeding birds. *American Zoologist*. 18: 779-795.
- González H. B. 1996. Estudio florístico y de vegetación de la reserva ecológica Lomas del Seminario, Ajusco. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. 116 pp.
- Hutto R., L. 1986. A fixed radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *Auk*. 103:593-602.
- Inouye D., W., W. A. Calder y N. M. Waser. 1991. The effect of floral abundance on feeder censuses of hummingbird populations. *Condor*. 93:279-285.
- López-Calleja, M. V., F. Bozinovic y C. Martínez del Río. 1997. Effects of sugar concentration on hummingbirds feeding and energy use. *Comparative Biochemistry Physiology* 118:1291-1299.
- Lyon D. L. 1976. A montane hummingbird territorial system in Oaxaca, Mexico. *Wilson Bulletin*. 88: 280-299.

- Lyon D. L., J. Crandall y M. McKone. 1977. A test of the adaptativeness of interspecific territoriality in the Blue-Throated hummingbird. *Auk*. 94:448-454.
- Martínez B., A.. 1995. Aspectos poblacionales de *Salvia mexicana* 1 en condiciones contrastantes en el Ajusco, México. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. 102 pp.
- Martínez R. M. 1997. Fenología de especies herbáceas y arbustivas del Parque Ecológico de la Ciudad de México, Ajusco Medio. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. 82 pp.
- Martínez del Río C. 1990. Sugar preference in hummingbirds: The influence of subtle chemical differences on food choice. *Condor*. 92:1022-1030.
- Mast, D., Nelson N., Mc Cluhg S., Lyke M., Jovana T. K. y Lundberg. 2003. Hummingbirds time-variant feedeing and the effect of floral coloration. [En línea] Disponible en: <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: y Conley T. M. 1994. Field metabolic rate food consumption of two sympatric hummingbird species in southeastern Arizona. *Condor*. 96:141-150.
- Powers D.R. y McKee T. 1994. The effect of food availability on time and energy expenditures of territorial and non-territorial hummingbirds. *Condor*. 96:1064-1075.
- Rzedowski J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa. 432 pp.

- Roberts W. M. 1995. Hummingbird licking behavior and the energetics of nectar feeding. *Auk*. 112:456-463.
- Schondube J.E. y C. Martínez del Río. 2003. Concentration dependent sugar preferences in nectar-feeding birds: mechanism and consequence. *Functional Ecology*. 17:445-453.
- Sherman, A. R. 1913. Experimental in feeding hummingbirds during seven summers. *The Wilson Bulletin*. 86:153-166.
- Soberón, J., R. de la Maza, A. Hernandez, C. Bonfil y S. Careaga. 1991 Reporte Técnico final del primer año del proyecto Restauración Ecológica de Lomas del Seminario. Centro de Ecología. UNAM y Coordinación General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica. DDF.
- Sutherland G. D. y G. C. Lee. 1995. Learning and remembering of spatial patterns by hummingbirds. *Animal Behavior*. 50:1273-1286.
- SMA-CORENA.2003. Programa de Manejo. Parque ecológico de la Ciudad de México. Mexico. D.F. 4-9 pp.
- Stiles, F.G. 1980. Ecological and evolutionary implications of hummingbird pollination. *American Zoologist*. 18:715-727.
- Stiles, F.G. 1981. Geographical aspects of bird flower coevolution with particular referent to Central America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 68:323-351.
- Stiles, F. G. 1985. Seasonal patterns and coevolution in the hummingbird-flower community of a Costa Rican subtropical forest. *Ornithology Monograph* 36: 757-787.
- Thompson B. III. 2003. Top 10 bird-feeding myths. [En Línea] Disponible en: http://www.cedar-works.com/newsite/feeding_myths.html
- Wagner D. H. 1945. Food and feeding habits of Mexican hummingbirds. *Wilson Bulletin*. 58:69-132.

- Wolf L. L. 1970. The impact of seasonal flowering on the biology of some tropical hummingbirds. *Condor*. 72:1-14.
- Wolf, L.L., F.G. Stiles & F.R. Hainsworth. 1976. Ecological organization of a tropical highland hummingbird community. *Journal of Animal Ecology*. 45:349-379.