



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

**Productividad de recursos quiropterófilos (néctar y polen)
de la cactácea columnar *Isolatocereus dumortieri*,
en Jilotla, Barranca de Metztitlán, Hidalgo.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO
DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA PRESENTA:

JUDITH GALVÁN JUÁREZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. ALBERTO ENRIQUE ROJAS MARTÍNEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
COORDINACIÓN DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE CONTROL ESCOLAR, UAEH

P R E S E N T E

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado a la pasante de Licenciatura en Biología **Judith Galván Juárez** quien presenta el trabajo recepcional de tesis intitulado “Productividad de recursos quiropterófilos (néctar y polen) en la cactácea columnar *Isolatocereus dumortieri* en Jilotla, Barranca de Metztlán, Hidalgo”, después de revisarlo en reunión de sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE:

M. en C. Jesús Martín Castillo Cerón

PRIMER
VOCAL:

Dr. Numa Pompilio Pavón Hernández

SEGUNDO
VOCAL:

Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez

TERCER
VOCAL:

Biol. Ricardo León Rico

SECRETARIO:

Dr. Gerardo Sánchez Rojas

PRIMER
SUPLENTE:

Dra. Iriana Leticia Zuria Jordan

SEGUNDO
SUPLENTE:

Dr. Arturo Sánchez González

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

A T E N T A M E N T E
“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”
Mineral de la Reforma, Hidalgo a 25 de marzo de 2010

Biol. Ulises Iturbe Acosta
Coordinador Adjunto de la Licenciatura en Biología



DEDICATORIA

*A mis padres Angélica Juárez Téllez y Norberto Galván Hernández
quienes me apoyaron en esos momentos tan difíciles de mi vida
y por haber creído que lo lograría mis sueños y metas. ¡¡ GRACIAS!!*

*A mi hija Karen Denise quien es la luz de mi vida
y me da fuerzas para seguir luchando,
aunque ahora entiendas que todo lo que hago es por ti y para ti.*

¡TE QUIERO!

*A mis hermanos: Guille, Gerardo y Angélica
que siempre los llevo presentes en mi corazón.*

A mi tía Lourdes Juárez por innumerables consejos.

*Y a todas aquellas personas quienes me brindaron
su confianza, cariño y sobretodo que me procuraron
su apoyo incondicional ¡¡Gracias!!*

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis el Dr. Alberto E. Rojas y esposa Olivia Noguera Cobos por haberme brindado su apoyo, paciencia y sugerencias recibidas para el mejoramiento de este trabajo, expreso mi sincero agradecimiento.

A mis sinodales: M. en C. Jesús M. Castillo Cerón, Dr. Numa Pompilio Pavón Hernández, Biol. Ricardo León Rico, Dr. Gerardo Sánchez Rojas, Dra. Iriana Leticia Zuria Jordan, Dr. Arturo Sánchez González, por sus sugerencias, tiempo y comentarios en este trabajo.

Al biólogo Ulises Iturbe Acosta por sus asesorías y comentarios al lo largo de la carrera. Y a cada uno de los profesores investigadores y personal administrativo del CIB gracias.

A los directivos de la reserva, al Sr. Andrés y su familia por las atenciones brindadas durante el trabajo de campo.

A mis compañeros de Laboratorio de Ecología de Poblaciones: Cristian Cornejo, Gabriel, Sherlin, Melany Aguilar, Jonathan Hernández y Josefina Ramos, por su apoyo incondicional en el trabajo de campo y sus comentarios, sugerencias y bromas dentro del laboratorio gracias.

A Sergio Daniel Hernández por su colaboración en el mapa del sitio de estudio y sus comentarios brindados.

A mis amigos quienes me apoyaron, animaron, y me aconsejaron durante estos últimos años: Zaira Huerta, Diana Arenas, Samanta Ávila, Anahi Esquivel,

El presente trabajo se realizó con el apoyo y la infraestructura del Laboratorio de Ecología de Poblaciones del Centro de investigaciones Biológicas (CIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, y con el apoyo y dirección del Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez.

Esta tesis fue realizada con el apoyo del proyecto “Diversidad Biológica del Estado de Hidalgo (segunda fase)” FOMIX-HGO-2008-95828 y “dispersión de semillas por murciélagos en matorrales crasicaules del centro de México”, CONACYT-52728-Q Apoyos complementarios a la investigación científica.

Contenido

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ANTECEDENTES	5
3. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivo general	8
3.2. Objetivos particulares	8
4. MATERIAL Y MÉTODOS	9
4.1. Zona de estudio.....	9
4.2. Clima	10
4.3. Fisiografía.....	10
4.4. Fauna	10
4.5. Flora.....	11
4.6. Matorral crasicaule de <i>Isolatocereus dumortieri</i>	11
4.7. <i>Isolatocereus dumortieri</i>	12
4.8. Trabajo de campo	14
4.8.1. Determinación de la cantidad de néctar y polen que producen las flores de <i>Isolatocereus dumortieri</i>	14
4.8.2. Determinación de la concentración de sacarosa en el néctar de <i>Isolatocereus dumortieri</i>	15
4.8.3. Número de flores producidas por planta y la densidad de las cactáceas columnares de <i>Isolatocereus dumortieri</i> en Jilotla.....	16
4.8.4. Determinación de la cantidad e identidad de los visitantes nocturnos que podrían alimentarse a partir de los recursos quiropterófilos producidos por <i>Isolatocereus dumortieri</i>	16
4.9. Trabajo en el laboratorio.....	18
4.10. Análisis estadísticos.....	18
5. RESULTADOS	19
5.1. Fenología floral	19
5.2. Cantidad promedio de néctar y polen producido por las flores de <i>Isolatocereus dumortieri</i> que no fueron visitadas.....	19
5.3. Comparación de la cantidad remanente de néctar y polen al amanecer entre las flores visitadas y las flores no visitadas de la cactácea columnar <i>Isolatocereus dumortieri</i>	20
5.3.1. Consumo total de néctar por temporada.....	20
5.3.2. Consumo mensual de néctar	21
5.3.3. Cantidad de polen total remanente entre las flores visitadas y las flores no visitadas	22
5.3.4. Consumo mensual de polen.....	23
5.4. Producción de néctar y concentración de equivalentes de sacarosa.....	24
5.5. Densidad de la cactácea <i>Isolatocereus dumortieri</i> y promedio de recursos quiropterófilos (número de botones, flores y frutos) producidos por cada planta.....	26
5.6. Captura e identidad de los visitantes nocturnos que se alimentan de los productos florales de <i>Isolatocereus dumortieri</i>	26
5.6.1. Cantidad de visitantes nocturnos	26

5.6.2. Identidad de los visitantes nocturnos	27
6. DISCUSIÓN.....	28
6.1. Cantidad de néctar y polen que producen las flores de <i>Isolatocereus dumortieri</i>	28
6.2. Concentración de sacarosa en el néctar de <i>Isolatocereus dumortieri</i>	29
6.3. Densidad de la cactácea columnar <i>Isolatocereus dumortieri</i>	31
6.4. Promedio de recursos quiropterófilos producidos estacionalmente por planta de <i>Isolatocereus dumortieri</i>	32
6.5. Cantidad e identidad de los visitantes nocturnos, que podrían alimentarse a partir de los recursos quiropterófilos producidos por <i>Isolatocereus dumortieri</i>	34
7. CONCLUSIONES.....	36
8. BIBLIOGRAFÍA	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de Jilotla, municipio de Metztlán, Hidalgo México.	9
Figura 2. <i>Isolatocereus dumortieri</i> , presente en la comunidad de Jilotla, Metztlán, Hidalgo.	13
Figura 3. Botones y flores de <i>Isolatocereus dumortieri</i>	13
Figura 4. Matorral crasicaule de <i>Isolatocereus dumortieri</i>	14
Figura 5. Cantidad promedio de néctar y polen producido por flor de <i>Isolatocereus dumortieri</i> ..	19
Figura 6. Comparación de la cantidad de néctar remanente al amanecer entre las flores visitadas y no visitadas de <i>Isolatocereus dumortieri</i> durante la temporada de floración en 2008.	20
Figura 7. Diferencias observadas en la cantidad de néctar remanente promedio al amanecer, entre las flores visitadas y las flores no visitadas de <i>Isolatocereus dumortieri</i> durante la temporada de floración.	21
Figura 8. Comparación en la cantidad del polen remanente entre las flores visitadas y no visitadas de <i>Isolatocereus dumortieri</i> durante toda la temporada de floración en 2008.	22
Figura 9. Diferencias observadas en la cantidad remanente al amanecer de polen promedio entre las flores visitadas y no visitadas de <i>Isolatocereus dumortieri</i> , durante la temporada de floración. ..	23
Figura 10. Producción de néctar mensual promedio y concentración de sacarosa en las flores no visitadas de <i>Isolatocereus dumortieri</i> durante la temporada de floración.	24
Figura 11. Producción de néctar mensual promedio y concentración de sacarosa en las flores de <i>Isolatocereus dumortieri</i> visitadas por los murciélagos, durante la temporada de floración.	25
Figura 12. Grano de polen de <i>Isolatocereus dumortieri</i> obtenido de la planta, visto en 40x en el microscopio óptico.	27
Figura 13. Grano de polen de <i>Isolatocereus dumortieri</i> obtenido de murciélagos visto a 40x en el microscopio óptico	27

RESUMEN

Los murciélagos especializados en usar el néctar y el polen como alimento son los miembros de la subfamilia Glossophaginae (familia Phyllostomidae). Estos animales mantienen interacciones mutualistas con las cactáceas columnares que polinizan. Sin embargo se conoce poco sobre la magnitud de los recursos alimenticios que les proporcionan las plantas.

Se realizaron cuatro salidas de campo en el poblado de Jilotla, Metztitlán, Hidalgo, donde la vegetación del matorral crasicaule de *Isolatocereus dumortieri* (Sheidw.) Backeb. está bien conservado y es accesible para su estudio. Se seleccionó un total de 261 botones florales antes de que abrieran por la noche y fueron cubiertos con una bolsa de tul que impidió que fueran visitados. A la mañana siguiente las flores fueron retiradas, simultáneamente se colectó el número equivalente de flores que abrieron esa misma noche, pero que permanecieron accesibles para los visitantes nocturnos, estas flores fueron retiradas al amanecer antes de que se iniciara la visita de abejas y aves. Se comparó la cantidad de polen y néctar de ambos grupos de flores, asumiendo que la diferencia observada se debe al consumo de los visitantes nocturnos. Adicionalmente fueron capturados murciélagos con ayuda de redes de niebla y fueron colocadas cámaras de video dirigidas a flores que estuvieran abiertas por la noche.

Los resultados muestran que las flores de *I. dumortieri* ofrecen en promedio 0.32 ml de néctar/noche y 0.023 g de polen para sus visitantes. Sólo se observaron murciélagos visitando a las flores, por lo que se infiere que las diferencias observadas entre flores no visitadas y las visitadas representan el consumo promedio de 0.24 ml de néctar y 0.0127 g del polen que ofrecen dichas flores cada noche. La estimación de la productividad promedio por hectárea del matorral de *I. dumortieri* fue de 1320 flores/ha/noche, 0.423 lt de néctar/noche/ha y de 30.36 g de polen/ha. Haciendo una extrapolación de los cálculos realizados por otros autores relacionados con el consumo mínimo de recursos que requieren los murciélagos de la especie *Leptonycteris curasoae* para sobrevivir cada noche, se estimó por hectárea, que esta vegetación puede alimentar a 17 murciélagos nectarívoros/noche.

1. INTRODUCCIÓN

Los murciélagos son un grupo de mamíferos conformado por 178 géneros, 926 especies y 17 familias en todo el mundo (Wilson y Reeder, 1993; Vaughan *et al.*, 2000). Tienen una distribución casi cosmopolita y explotan un amplio espectro de recursos alimenticios en los que están incluidos: polen, néctar, tejidos florales, insectos, sangre y algunos vertebrados pequeños (Vaughan *et al.*, 2000). En el estado de Hidalgo habitan 48 especies de murciélagos, de ellas quince pertenecen a la familia Phyllostomidae, que dependen directamente de los productos vegetales para su alimentación y que son reconocidos por ser mutualistas de plantas (Ramírez-Pulido *et al.*, 1996). Algunos de los murciélagos especializados que usan el néctar y el polen como alimento, son miembros de la subfamilia Glossophaginae, la cual está representada por ocho géneros en México y doce especies (Ramírez-Pulido *et al.*, 1996) que muestran diferentes grados de especialización para este tipo de alimentación (mayor en el género *Musonycteris* y menor en *Glossophaga*).

Los murciélagos son polinizadores con requerimientos energéticos altos (Faegri y Van der Pijl, 1979), debido a lo anterior las plantas que visitan producen grandes cantidades de néctar y polen, probablemente como un mecanismo para compensar a los murciélagos polinizadores, debido a su gran tamaño con relación al área estigmática (Heithaus *et al.*, 1974). Estas plantas adicionalmente tienen estructuras abiertas, por lo que se exponen a ser usadas por una gran cantidad de organismos que no necesariamente son polinizadores (Eguiarte y Martínez, 1985).

Los murciélagos nectarívoros durante el proceso de alimentación, contribuyen a la fecundación cruzada de las plantas, que a su vez les proporcionan alimento, por lo que esta relación se considera una dependencia mutua (Arita y Martínez del Río, 1990).

En los desiertos intertropicales de México se establecen relaciones muy estrechas entre los murciélagos y las cactáceas columnares (Valiente-Banuet *et al.*, 1996). Las plantas que son polinizadas por murciélagos, presentan un síndrome quiropterófilo, caracterizado por la presencia de flores en forma de taza o de campana, anthesis nocturna, en algunos casos con anteras y el pistilo completamente expuesto y que producen grandes cantidades de néctar y polen (Faegri y Pijl, 1971; Kunz, 1982). Adicionalmente, la fruta de las cactáceas columnares complementan la alimentación en momentos en que el néctar y el polen son escasos (Soriano *et al.*, 1991). Por lo que en muchas de estas especies la producción de frutos y la dispersión de semillas podrían depender única y exclusivamente de la presencia de los murciélagos (Valiente- Banuet *et al.*, 1996).

En la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán existen 28 especies de plantas quiropterófilas que proporcionan alimento a 10 especies de murciélagos herbívoros, de las cuales cuatro son nectarívoras asociadas al matorral crasicaule y el bosque tropical caducifolio (Cornejo-Latorre, 2007).

Isolatocereus dumortieri es una cactácea columnar ampliamente distribuida en la localidad de Jilotla dentro de la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán, presenta el síndrome quiropterófilo y proporciona recursos alimenticios a los murciélagos herbívoros (Van der Pijl, 1979; Valiente-Banuet *et al.*, 1996). Por su abundancia se puede inferir que es muy importante para la alimentación de los murciélagos, sin embargo, se desconoce la magnitud de los recursos alimenticios que puede proporcionar a estos animales, por lo que resulta indispensable conocer estos detalles para contribuir a la conservación de las especies involucradas. Por ejemplo, se desconoce la cantidad de recursos que están disponibles para los murciélagos por unidad de área y el número de murciélagos que pueden vivir de ellos.

El propósito de esta investigación fue cuantificar la producción de recursos alimenticios florales que produce la cactácea *I. dumortieri* cada noche, para inferir la cantidad de murciélagos que pueden vivir de los recursos producidos por las flores de esta planta en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo. México.

2. ANTECEDENTES

Estudios recientes relacionados con la productividad de recursos quiropterófilos (néctar y polen) que proporcionan las cactáceas columnares en México son los siguientes:

- **VALIENTE-BANUET *et al.* (1997).** En Zapotitlán de las Salinas en el Valle de Tehuacán, Puebla, determinaron la densidad de dos cactáceas columnares *Neobuxbaumia mezcalaensis* y *Neobuxbaumia macrocephala*, en un transecto de 100 m x 10 m durante la temporada de floración, contabilizando el número de flores y frutos por individuo, para definir la intensidad de floración, la frecuencia y el potencial reproductivo de cada planta. Seleccionaron 30 individuos de plantas por especie, las anteras y el estigma fueron revisadas cada dos horas. El volumen del néctar que se produjo durante la noche y el día se colectó con tubos microcapilares, sobre el polen sólo se determinó la variabilidad, observando el tubo polínico de cinco flores diferentes. Para identificar a los visitantes nocturnos y diurnos se colocaron cuatro redes de niebla (12 m x 3 m, separadas por 100 m) dentro del transecto, que se exmaniraron cada 10 minutos por la noche y 30 minutos en el día, con el polen obtenido del cuerpo de cada murciélgo se prepararon laminillas para posteriormente examinarlas al microscopio. Obteniendo como resultados: la densidad de *N. mezcalaensis* fue de 1680 plantas adultas/ha, de las cuales las plantas hembras (N=10) no produjeron frutos. El volumen de néctar acumulado durante toda la noche hasta las seis de la mañana fue de 0.51 ml, *N. macrocephala* 200 individuos/ha, no se midió el volumen del néctar, sin embargo las flores de *N. mezcalaensis* y *N. macrocephala* fueron visitadas por murciélagos de la subfamilia Glossophaginae y en el día por abejas, insectos y aves.

- **IBARRA-CERDEÑA *et al.* (2005).** En Autlán, Jalisco, examinaron la cactácea columnar *Stenocereus queretaroensis*, contabilizando las flores de 25 plantas de *S. queretaroensis* cada semana durante la temporada de floración (febrero hasta mediados de junio 2002 y 2003).

El néctar producido fue removido con jeringas de 1 ml cada dos horas en una flor por planta (N=11) de las 20:00 hrs hasta las 08:00 hrs. La concentración de azúcar se midió con un refractómetro (BRX30 No 137530LO, Leica, USA). Para la diversidad, abundancia y actividad de los polinizadores diurnos y nocturnos usaron una videocámara (Sony Digital Handy cam DCR-TRV740), durante cinco horas continuas. En la abundancia de visitas de murciélagos a las flores, capturaron en promedio un murciélago por semana durante cuatro años consecutivos (2000-2003). Los resultados que obtuvieron del volumen de néctar fue de 0.16 - 0.04 ml y la concentración de azúcar fue de 21.37%, el número de flores por estación/individuo fue de 322.18 en 2002 y 192.6 en 2003, los visitantes nocturnos fueron *Leptonycteris curasoae* y los visitantes diurno aves, abejas e insectos.

- **CORNEJO - LATORRE (2007).** Realizó un estudio en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, sobre los murciélagos herbívoros y su relación con los recursos alimenticios dentro del matorral crasicaule y el bosque tropical caducifolio. Identificó las especies de plantas quiropterófilas analizando una lista florística y seleccionando las especies vegetales que producen flores quiropterófilas y frutos quiropterocóricos o ambos, dentro de las cuales encontramos a la cactácea *Isolatocereus dumortieri* que se encuentra distribuida ampliamente en la localidad de

Jilotla. Se determinó la densidad de la planta trazando tres transectos cada uno de mil metros (total de 3000 m²), dentro del cual se contaron las flores y frutos que producía cada planta, dentro del espacio de los transectos se colocaron redes de niebla para identificar qué especies se alimentan de estos recursos. Como resultado obtuvo que para el matorral crasicaule existen 28 plantas quiropterófilas. Con una densidad de la cactácea *Isolatocereus dumortieri* de 250 plantas por hectárea.

- **TORREZ RUIZ Y VALIENTE- BANUET (com. pers.)**, realizaron un estudio durante dos periodos de floración de *Stenocereus dumortieri* durante los años de 2001 y de 2002 en el Valle de Tehuacán, en los estados de Puebla y Oaxaca. Se analizaron 30 flores obtenidas de un total de 15 plantas (2001). En su estudio revisaron la producción de néctar y la concentración de azúcares de las flores cada dos horas y midieron la concentración de azúcar. Determinaron también una densidad de 44 plantas reproductivas de *Stenocereus dumortieri* y de 250 flores por hectárea por noche. Determinaron que la anthesis fue nocturna, comenzando al anochecer (20:00 hrs) y terminando a las (10:00 hrs) de la mañana siguiente. La producción de néctar comenzó cuando las flores estaban completamente abiertas (21:30 hrs), el volumen total de néctar por flor fue de 0.475 - 0.237 ml y la concentración de azúcar de 22.59% (ES= 0.12 %). En cuanto a los visitantes florales se capturaron 57 murciélagos y 73 pájaros, de los cuales colectaron el polen que llevaban en el cuerpo para identificarlo.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- ◆ Determinar la productividad de los recursos quiropterófilos (néctar y polen) que produce por hectárea cada noche la cactácea columnar *Isolatocereus dumortieri* y su relación con sus visitantes nocturnos, en la población de Jilotla, municipio de Metztitlán, Hidalgo.

3.2. Objetivos particulares

- ◆ Determinar la cantidad de néctar y polen promedio que producen las flores de *Isolatocereus dumortieri* por la noche.
- ◆ Determinar si existen diferencias en la cantidad de néctar y polen, remanente al amanecer, entre las flores visitadas y no visitadas de la cactácea columnar *Isolatocereus dumortieri* por mes y durante la temporada de floración.
- ◆ Determinar la concentración de equivalentes de sacarosa en las flores de *Isolatocereus dumortieri*.
- ◆ Determinar la densidad por hectárea de la cactácea columnar *Isolatocereus dumortieri*, en la población de Jilotla.
- ◆ Determinar el número de flores promedio producidos diariamente y estacionalmente por cada planta de *Isolatocereus dumortieri*.
- ◆ Determinar la cantidad e identidad de los visitantes nocturnos, que podrían alimentarse a partir de los recursos quiropterófilos producidos por *Isolatocereus dumortieri* en la población de Jilotla.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Zona de estudio

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán está localizada al centro-este del estado de Hidalgo (98° 23' 00" - 98° 57' 08" W y 20° 45' 15" -20° 45' 26" N) incluye a los municipios de Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec, Metztitlán, San Agustín Metzquititlán y Zacualtipán de Ángeles. Está ubicada en la región hidrológica No. 26 del río Pánuco, presenta gradientes altitudinales que van desde los 1000 hasta los 2000 msnm.

Para la realización de este trabajo se eligió la localidad de Jilotla, ubicada (20° 33' 08" N - 98° 46' 20" W, Figura 1). En esta localidad se desarrolla un matorral crasicaule dominado por la cactácea columnar *I. dumortieri* (CONANP, 2003).

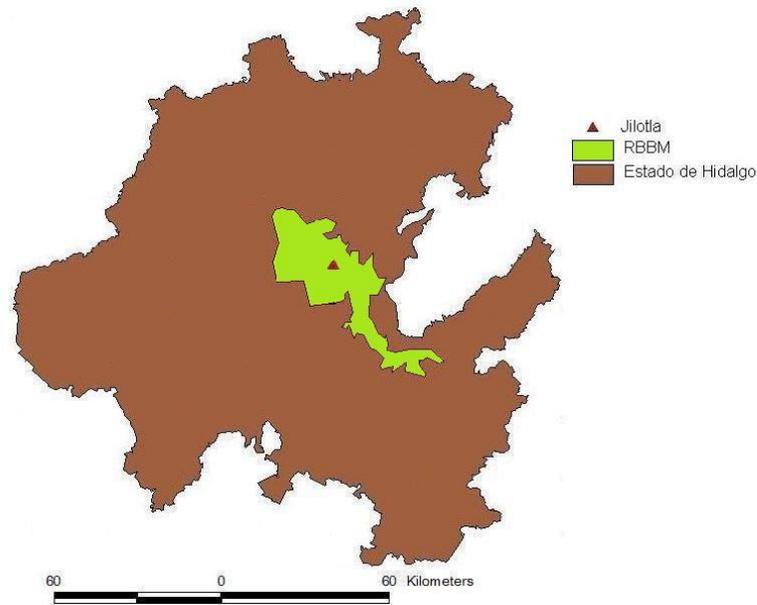


Figura 1. Ubicación geográfica de Jilotla, municipio de Metztitlán, Hidalgo México.

4.2. Clima

El clima en términos generales es seco y semiseco cálido. El carácter seco y semiseco está determinado por el efecto de sombra de lluvia que ejerce la Sierra Madre Oriental, así mismo el clima cálido está relacionado con la altitud. En la zona noreste y centro predomina en clima BS0hw (seco semicálido con régimen de lluvias en verano), dentro del cual se encuentra ubicada la localidad de Jilotla. La temperatura media anual es de 18.5°C, y presenta una precipitación total anual de 364.6 mm (con un máximo en septiembre de 117.4 mm y un mínimo en enero de 8.8 mm (García, 1973; INEGI, 1996; CONANP, 2003).

4.3. Fisiografía

La reserva de la biosfera está ubicada en la provincia de la Sierra Madre Oriental, específicamente en la subprovincia del Carso Huasteco. La zona presenta una topografía accidentada, con pendientes escarpadas y pronunciadas. Los diferentes tipos de suelos presentes en esta zona tienen alto contenido de carbonatos, derivados de las calizas, por la acción de la precipitación y de la temperatura (CONANP, 2003).

4.4. Fauna

La fauna de vertebrados en la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán ha sido poco estudiada. Existen aproximadamente 201 especies de aves, 5 de anfibios, 20 de reptiles y 42 de mamíferos (Martínez-García, 2006; Ortiz-Pulido *et al.*, 2008; Vite-Silva, 2008), sin embargo en el caso de los mamíferos, un reciente estudio adiciona 10 nuevos registros para la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (Hernández-Flores, 2009),

por lo que el número aumentó a 52 especies de mamíferos y 25 especies de murciélagos, agrupadas en 17 géneros y cuatro familias: Moormopidae, Phyllostomidae, Vespertilionidae y Molossidae (Juárez-Castillo, 2006).

4.5. Flora

La flora de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán pertenece en su mayoría a la provincia florística denominada Altiplanicie Mexicana (Rzedowski, 1978; CONANP, 2003), la cual corresponde a una de las más extensas y reconocidas de la división política de México, en la cual predomina la vegetación de matorral xerófilo.

Se reconocen para la Reserva seis tipos de vegetación: bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo (matorral crasicaule de *Cephalocereus senilis* matorral crasicaule *Isolatocereus dumortieri* y matorral crasicaule de *Opuntia imbricada*), matorral submontano, bosque templado (bosque de juníperus, bosque de pino-encino y bosque de encino), pastizal y vegetación ribereña (CONANP, 2003).

4.6. Matorral crasicaule de *Isolatocereus dumortieri*

Esta asociación se desarrolla en laderas de exposición norte y noreste en el interior de la Barranca de Metztitlán, ocupando una superficie de 38870.00 ha (41.51%). El matorral crasicaule agrupa las comunidades arbustivas de climas áridos y semiáridos, que se caracterizan por la predominancia de plantas conspicuas de tallo suculento, es decir, cactáceas grandes que en muchos casos son dominantes fisonómicas (Rzedowski, 1978).

La zona de estudio está definida principalmente por la presencia de la especie *I. dumortieri*, que constituye un estrato emergente por encima de los demás componentes

florísticos. El rango altitudinal en el que se desarrolla va desde la orilla del río Venados (1,600 msnm) hasta los 1,750 msnm (CONANP, 2003). Difiere de la asociación de *C. senilis* en su composición florística y tipo de suelo. El estrato arbóreo está definido por la presencia de *I. dumortieri*, *Yucca filifera*, *Prosopis laevigata*, *Plumeria rubra*, *Karwinskia humboldtiana*, *Celtis padilla*, *Senna pringler*, *Bahia schaffneri*, *Pentalinon andrieuxii* y *Acacia subangulata* (CONANP, 2003). Estrato arbustivo medio con altura de 1.5 a 3 metros, permite observar la presencia de las siguientes especies: *Opuntia leucotricha*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Junella spathulata*, *Nicotiana glauca*, *Coryphantha pallida*, *Prosopis juliflora*, *Acacia farneciana*, *Cercidium floridum*, *Zaluzania augusta*, *Carlowrightia lindeneana*, *Prosopis laevigata*, *Trixis inula*, *Montanoa tomentosa xanthiifolia*, *Sebastiana pavoniana*, *Brongniartia, lupinoedes* y *Decatropis bicolor*. El estrato herbáceo se encuentra constituido por los géneros: *Aster*, *Croton*, *Euphorbia*, *Flaveria*, *Hibiscus*, *Loeselia*, *Oxybaphus* y *Ruellia*, y especies de: *Sedum ebracteatum*, *Aneilema kaewinskiana*, *Trichachne insularis* y *Portulaca oleracea*. Entre las trepadoras, epífitas y parásitas se puede mencionar a *Plumbago pulchella*, *Tillandsia usneoides*, *Tillandsia fasciculata* y *Phoradendron brachystachyum* (CONANP, 2003).

4.7. *Isolatocereus dumortieri*

De acuerdo con la descripción de Rzedowski y Rzedowski (2001), *I. dumortieri* es conocido como órgano, pitayo y/o candelabro. Es una cactácea candelabriforme del tipo oligodendricaule, que alcanza de 8 a 10 metros de altura, el tronco está bien definido y mide 1.5 m de largo por 35 cm de diámetro, sus ramas son erectas, encorvadas en la base, el ápice es angosto, tiene constricciones anuales de crecimiento bien marcadas, son de color verde glauco

recubierto de cera grisácea, posee de 5 a 7 costillas y en ocasiones hasta nueve. *Isolatocereus dumortieri* tiene areolas muy próximas, elípticas, con fieltro color castaño rojizo o amarillento. Tiene de 9 a 18, espinas no bien diferenciadas en centrales y radiales, de hasta 4 cm de largo. Sus flores están dispuestas en una corona cerca del ápice, miden de 4.3 a 5 cm de largo y 2.5 cm de ancho, son tabulares infundibuliformes, abren de noche, pero permanecen abiertas hasta medio día, son de color pardo-rojizo, los lóbulos están en folículos ramificados. El fruto es oblongo, de 3 a 4 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho, de color anaranjado rojizo cuando madura, está provisto de escamas rojas muy pequeñas, tiene pulpa roja, dulce y comestible, sus semillas son pequeñas de 1.5 mm de largo de color negro o café (Cruz, 2008).



Figura 2. *Isolatocereus dumortieri*, presente en Jilotla, Metztitlán.



Figura 3. Botones y flores de *Isolatocereus dumortieri* (Fotografía Cristian Cornejo)



Figura 4. Matorral crasicaule de *Isolatocereus dumortieri*
(Fotografía Jonathan Hernández)

4.8. Trabajo de campo

Para determinar los recursos quiropterófilos que produce la cactácea columnar *I. dumortieri* por unidad de área y tiempo, en la Barranca de Metztitlan, se realizaron cuatro salidas de campo, con duración de dos noches a la localidad de Jilotla, Municipio de Metztitlan, Hidalgo, durante los tres meses que dura la temporada de floración de la cactácea en el año 2008, y adicionalmente una salida más en marzo de 2009.

4.8.1. Determinación de la cantidad de néctar y polen que producen las flores de *Isolatocereus dumortieri*

Cada noche de trabajo, se eligieron 15 botones florales (los más grandes) próximos a abrir por la noche y se protegieron con una bolsa de tul, para evitar que al abrir las flores fueran

visitadas por algunos organismos durante la noche, procurando no tomar más de dos flores en cada planta. A la mañana siguiente antes de que el sol saliera y evitando que otros organismos las visitaran, se recolectaron las flores, para extraer y medir el néctar de cada una de ellas con ayuda de jeringas de insulina. Posteriormente las flores fueron sacudidas para obtener el polen y depositarlo en sobres de papel aluminio, para pesarlo posteriormente en el laboratorio con una balanza analítica aeADAM, con precisión de 0.0001g. Simultáneamente, al amanecer fue tomado un número equivalente de flores que permanecieron abiertas durante la noche y se aplicó el mismo procedimiento para medir el néctar y el polen que contenían.

Con la finalidad de representar gráficamente y de manera comparativa la producción de estos productos florales, consideramos arbitrariamente y sólo con fines gráficos que un gramo de polen puede ser equivalente a un mililitro de néctar

Para determinar el consumo de néctar de los murciélagos por temporada, al promedio del néctar de las flores no visitadas le restamos el promedio de las flores visitadas. La diferencia encontrada fue considerada la cantidad consumida por los visitantes nocturnos.

4.8.2. Determinación de la concentración de equivalentes de sacarosa en el néctar de

Isolatocereus dumortieri

Se midió la concentración de equivalentes de sacarosa (carbohidratos) en el néctar de cada una de las flores con la ayuda de un refractómetro manual (ATAGO (N-1a) con capacidad de 0 a 32 grados Brix (% sucrosa). Para ello se colocó una gota del néctar de cada flor sobre el refractómetro y se midió la concentración de sacarosa con la luz del sol.

4.8.3. Número de flores producidas por planta y la densidad de las cactáceas

columnares de *Isolatocereus dumortieri* en Jilotla

Se realizó un transecto de 100 metros de largo por 10 de ancho (1000 m²), para marcar todas las cactáceas de la especie *I. dumortieri* que se encontraban dentro del mismo. Al amanecer se contabilizó el número de flores por planta que abrieron por la noche, así como los botones totales y el número de frutos (maduros e inmaduros). El conteo de flores, botones y frutos totales se realizó una sola vez en cada planta dentro del transecto, a la mitad de la temporada de floración (marzo), considerando que la sumatoria de las flores, los botones, y los frutos representan una buena aproximación a la producción total de la planta durante la temporada.

Con el conteo de plantas dentro del transecto de 1000 m², se determinó la densidad de las cactáceas/ha por extrapolación. Por otra parte, con los promedios de flores totales por planta y por hectárea, se determinó la cantidad de néctar producido por noche, por mes y por temporada, utilizando el promedio del néctar obtenido de las flores protegidas con las bolsas de tul (flores no visitadas).

4.8.4. Determinación de la cantidad e identidad de los visitantes nocturnos que podrían alimentarse a partir de los recursos quiropterófilos producidos por *Isolatocereus dumortieri*

Para determinar la identidad de los visitantes nocturnos, se colocaron cuatro redes de niebla de 12 x 3 metros, a nivel del suelo y entre la vegetación. Permanecieron abiertas desde el atardecer hasta las 3:00 am y fueron revisadas cada 30 minutos. Los murciélagos capturados fueron identificados hasta especie, se registró la hora de captura, se determinó el sexo, se

pesaron (Hall, 1981) y se les tomó una muestra del polen que llevaban en el pelo con la finalidad de comprobar si se estaban alimentando de las flores de *I. dumortieri*.

La muestra de polen que llevaban en el pelo fue obtenida con la ayuda de una gelatina coloreada con fucsina ácida, preparada *ex profeso* (Beatty, 1995). Con ella se prepararon laminillas temporales para el microscopio óptico vistos a 40x, con la finalidad de identificar la presencia de polen de *I. dumortieri* sobre su cuerpo. Los murciélagos fueron marcados con cintas de papeles de colores, colocados en la pata derecha de cada uno de ellos, para saber si se capturaba el mismo murciélago, que contenía una clave de colores única para cada ejemplar. Los ejemplares capturados fueron liberados en el sitio de captura, después de tomar toda la información antes referida.

Para determinar la cantidad de murciélagos que visitaron las flores, se instalaron dos videocámaras Handycam Sony (180 x Digital Zoom, CCD-TRV16NTSC video 8xr), la cámara fue colocada de 3-5 metros de distancia a los botones, que filmaron durante cuatro horas las visitas de murciélagos a las flores, las cámaras fueron activadas cuando los botones florales comenzaron a abrir.

Para calcular la estimación de la productividad promedio por hectárea que ofrece el matorral de *I. dumortieri* y conocer cuantos murciélagos se puedan alimentar a partir de los recursos quiropterófilos producidos, se realizaron los cálculos pertinentes considerando la información bibliográfica de Horner *et al.* (1998) que mencionan que un murciélago en cada visita a una flor ingiere 1 ml de néctar y Howell, (1974) que dice que los murciélagos de la subfamilia Glossophaginae requieren consumir 1 gramo de polen para sobrevivir cada noche, y los datos obtenidos de las flores de *I. dumortieri* (la cantidad de recursos alimenticios que ofrecen a sus visitantes).

4.9. Trabajo en el laboratorio

Cada muestra de polen obtenida de las flores fue pesada en el laboratorio con la ayuda de una balanza analítica aeADAM, con precisión de 0.0001g, para posteriormente obtener el promedio del polen en flores visitadas y no visitadas.

En cuanto a la identificación de la presencia del polen de *I. dumortieri* en los murciélagos capturados, se revisó al microscopio óptico visto a 40 x cada laminilla preparada, para comprobar si los murciélagos estaban consumiendo néctar y polen de la cactácea *I. dumortieri*, comparándolas con el polen obtenido directamente de las flores.

Las filmaciones de las visitas de los murciélagos por flor, fueron digitalizadas y reproducidas en la computadora por medio de un programa IMAGENMIXER, para conocer el comportamiento de los visitantes nocturnos y determinar la frecuencia promedio con la que visitan las flores.

4.10. Análisis estadísticos

Para valorar la diferencia entre la cantidad de néctar y polen que existe entre las flores visitadas y las flores no visitadas, los promedios totales de estos productos florales obtenidos fueron comparados con una *t* de student, considerando que la desviación estándar de cada condición floral es distinta

5. RESULTADOS

5.1. Fenología floral

Se observó que las flores de *I. dumortieri*, empezaron a abrir a partir de las 19:00 h y para las 19:45 h ya estaban completamente abiertas. Las flores cerraron al día siguiente entre las 9:00 y 10:00 de la mañana.

5.2. Cantidad promedio de néctar y polen producido por las flores de *Isolatocereus dumortieri* que no fueron visitadas

Las flores de *I. dumortieri* que estuvieron protegidas y que no fueron visitadas (2008 y 2009), (figura 5) produjeron en promedio 0.32 ml de néctar ($n = 122$, $DS=0.23$, $ES=0.021$) y 0.023 g de polen ($n = 122$, $DS=0.019$, $ES=0.001$) con lo que se observa que una flor produce más néctar (93%) que polen (7%).

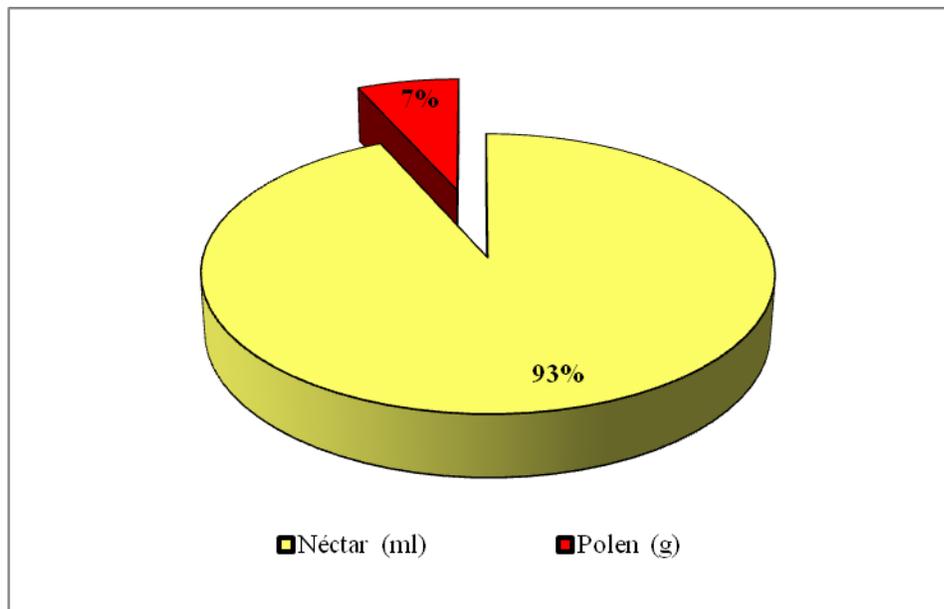


Figura 5. Cantidad promedio de néctar y polen producido por flor de *Isolatocereus dumortieri*.

(Para realizar la grafica se consideró arbitrariamente que un gramo de polen es equivalente a un ml de néctar).

5.3. Comparación de la cantidad de néctar y polen remanente al amanecer entre las flores visitadas y las flores no visitadas de la cactácea columnar *Isolatocereus dumortieri*

5.3.1. Consumo total de néctar por temporada

Al comparar la diferencia que existe entre la cantidad promedio de néctar de las flores visitadas por los murciélagos y las flores no visitadas a lo largo de la temporada de floración en el año 2008 (figura 6), se observó que la cantidad promedio de néctar remanente al amanecer de las flores no visitadas fue de 0.3038 ml (n=95, DS=0.228, ES=0.023), mientras que en las flores visitadas por los murciélagos el promedio fue de 0.0613 ml (n=98, DS=0.124, ES=0.012). Por lo tanto la diferencia consumida por los visitantes nocturnos fue de 0.2425 ml por flor, lo que equivale al 80% del néctar que produce una flor de *I. dumortieri* cada noche.

La prueba de *t* de student aplicada para comparar los promedios de néctar remanente entre las flores visitadas y no visitadas, mostró diferencias significativas entre los grupos de flores ($t = 2.89$, $P < 0.05$, $gl = 191$, $n = 193$).

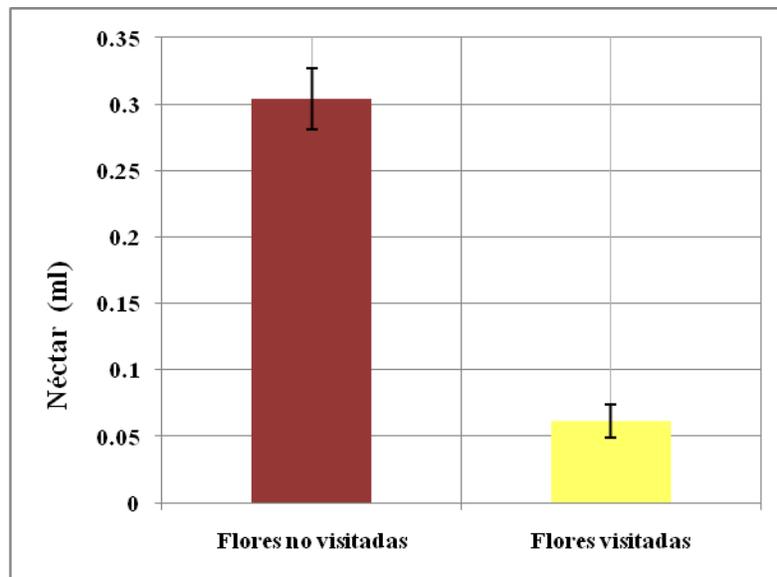


Figura 6. Comparación de la cantidad de néctar remanente al amanecer entre las flores visitadas y no visitadas de *Isolatocereus dumortieri* durante la temporada de floración en 2008.

5.3.2. Consumo mensual de néctar.

En todos los meses analizados (figura 7), fue evidente que los murciélagos consumieron una gran parte del néctar producido por las flores. Sin embargo, el mayor consumo promedio se observó en el mes de abril con 0.3985 ml de néctar ($n=66$, $DS=0.210$), seguido por febrero con un consumo de 0.2688 ml de néctar ($n=59$, $SD=0.248$), y marzo con la menor cantidad de 0.0537 ml de néctar ($n=67$, $SD=0.256$). Mientras que para marzo de 2009 el consumo fue de 0.1365 ml de néctar ($n=68$, $SD=0.335$).

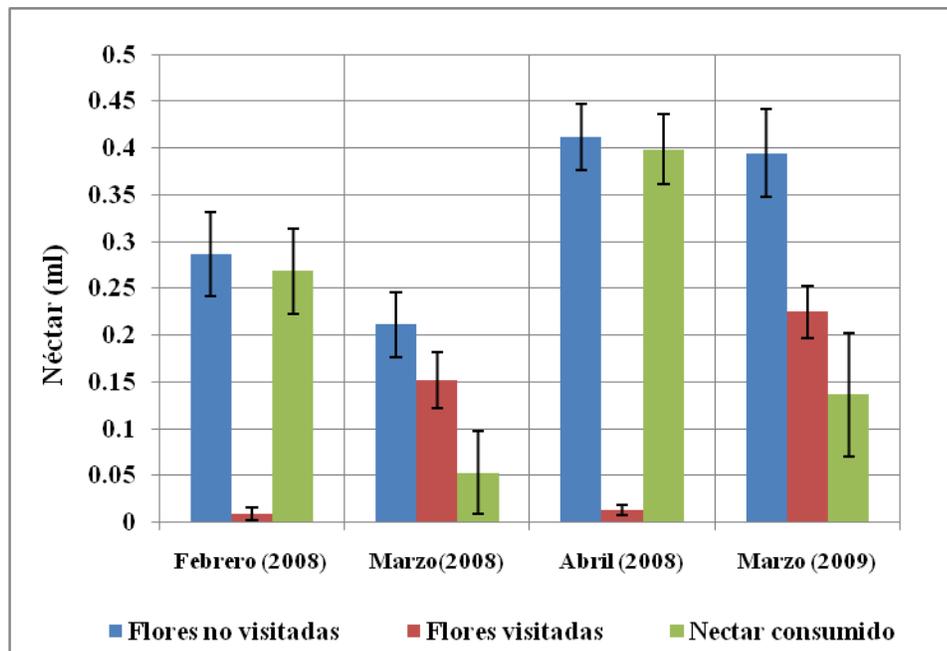


Figura 7. Diferencias observadas en la cantidad de néctar remanente promedio al amanecer, entre las flores visitadas y las flores no visitadas de *Isolatocereus dumortieri* durante la temporada de floración.

5.3.3. Cantidad de polen total remanente entre las flores visitadas y las flores no visitadas

A lo largo de toda la temporada de floración, los murciélagos consumieron polen de las flores. Se observó que la cantidad promedio de polen remanente al amanecer en las flores no visitadas fue de 0.0279g (n=95, DS=0.019, ES=0.002), mientras que en las flores visitadas por los murciélagos fue de 0.0152g (n=98, DS=0.012, ES=0.001); Se observó que la diferencia promedio total entre las flores no visitadas y las flores visitadas, fue de 0.0127g de polen, durante la temporada de floración del año 2008 (figura 8), lo que representó al 54% del polen que contiene una flor de *I. dumortieri* por noche.

La prueba de *t* aplicada para comparar los promedios de polen remanente entre las flores visitadas y no visitadas, mostró diferencias significativas entre las flores ($t = 5.58$, $P < 0.05$, $n=193$, $gl=191$).

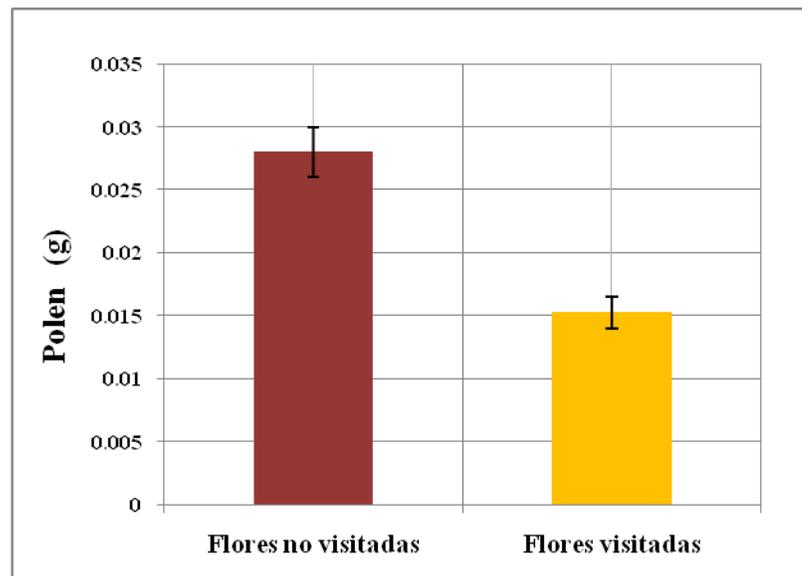


Figura 8. Comparación en la cantidad del polen remanente entre las flores visitadas y no visitadas de *Isolatocereus dumortieri* durante toda la temporada de floración en 2008.

5.3.4. Consumo mensual de polen.

En todos los meses analizados (figura 9), fue evidente que los visitantes nocturnos consumieron gran parte del polen producido por las flores. El mayor consumo se observó en febrero con 0.0201g (n=59, SD=0.019), seguido de abril con 0.0122 g (n=66, SD=0.022) de polen y la menor cantidad de polen consumido en el mes de marzo con 0.0045 g (n=68, SD=0.021). Mientras en el año 2009 se observó el menor consumo de polen 0.0066 g (n=68, SD=0.020).

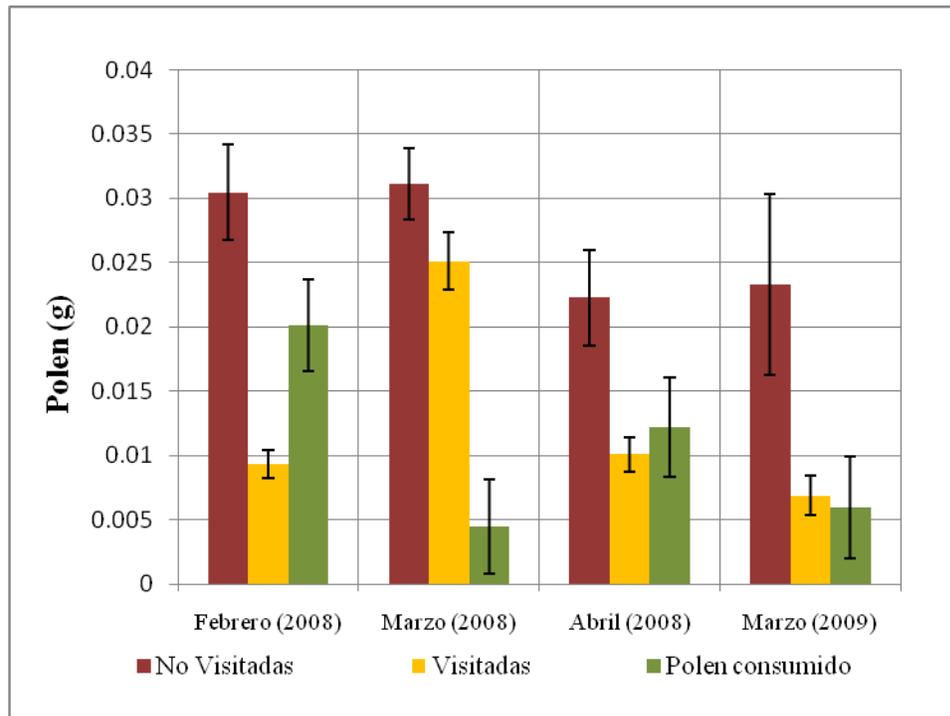


Figura 9. Diferencias observadas en la cantidad remanente al amanecer de polen promedio entre las flores visitadas y no visitadas de *Isolatocereus dumortieri*, durante la temporada de floración.

5.4. Producción de néctar y concentración de equivalentes de sacarosa

En las flores no visitadas la mayor concentración de sacarosa (figura 10) se observó en el mes de abril con 20.07 unidades, seguido del mes de marzo con 19.9 unidades y la menor cantidad se presentó en el mes de febrero con 19.31 unidades (n=95). Por otra parte, en la muestra obtenida en marzo del año 2009, se observó que contenía en promedio 18.23 (n=27) unidades.

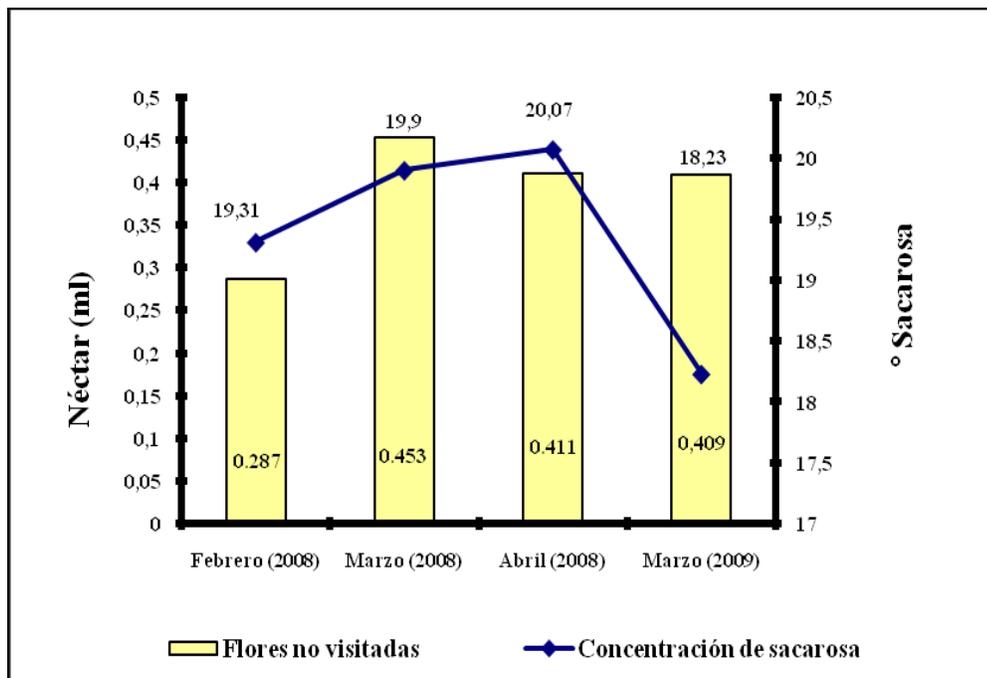


Figura 10. Producción de néctar mensual promedio y concentración de sacarosa en las flores no visitadas de *Isolatocereus dumortieri* durante la temporada de floración.

En la comparación de la concentración de sacarosa promedio (Figura 11), con la cantidad de néctar remanente en las flores visitadas (n=98) por los murciélagos, se observó que la mayor concentración de sacarosa ocurrió en el mes de abril con 25.3 unidades, seguido del mes de marzo (2009) con 16.2 (n=41), marzo con 10.9 unidades. Sin embargo, para el mes de febrero no se tuvieron datos de la concentración de carbohidratos en el néctar, debido a que las flores visitadas no tenían néctar al amanecer.

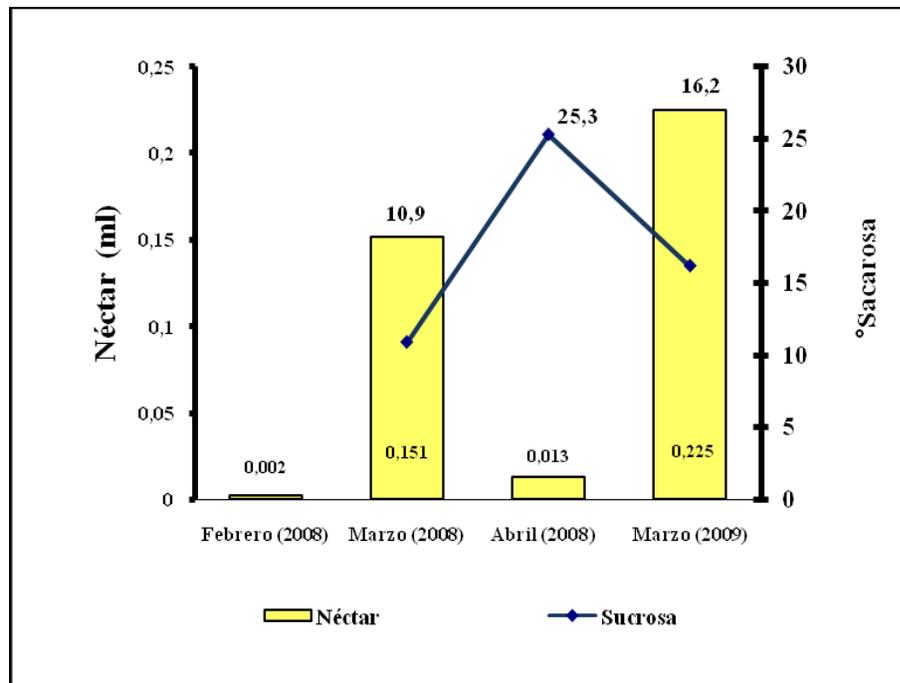


Figura 11. Producción de néctar mensual promedio y concentración de sacarosa en las flores de *Isolatocereus dumortieri* visitadas por los murciélagos, durante la temporada de floración.

5.5. Densidad de la cactáceas *Isolatocereus dumortieri* y promedio de recursos

quiropterófilos producidos por cada planta (botones, flores y frutos)

La densidad de cactáceas de *I. dumortieri* por hectárea fue de 220 plantas/ha. En el mismo transecto se determinó el número promedio de botones, flores y frutos producidos en total por cada planta por día. La productividad total de flores por temporada de las plantas fue calculada considerando que la suma de flores, botones y frutos contabilizados durante el mes de marzo, que representa la mitad de la temporada de floración, se aproxima a la producción anual total de cada planta. De esta manera, el promedio de flores que estuvieron disponibles durante toda la temporada, para los visitantes nocturnos, fue de 11,800 flores/ha, mismas que produjeron 4.602 lt de néctar/ha por temporada. Mientras que la producción de polen fue de 0.3186 kg de polen/ha.

5.6. Captura e identidad de los visitantes nocturnos que se alimentan de los productos

florales de *Isolatocereus dumortieri*

5.6.1. Cantidad de visitantes nocturnos

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre el comportamiento de los visitantes nocturnos durante las filmaciones en la temporada de floración (febrero, marzo, abril 2008), en promedio cada flor de *I. dumortieri* fue visitada dos veces por murciélagos de la Subfamilia *Glossophaginae* por noche (con 36 hrs filmadas, se observó un total de 14 murciélagos diferentes alimentándose de las flores de *I. dumortieri* durante la temporada de floración).

5.6.2. Identidad de los visitantes nocturnos

La captura de visitantes nocturnos fue irregular a lo largo de la temporada de floración, pero siempre estuvieron presentes. En febrero se capturó el mayor número de individuos con tres ejemplares de *Glossophaga soricina* y dos de *Leptonycteris curasoae*, mientras que para abril se capturó un ejemplar de *L. curasoae*, un ejemplar de *G. soricina* y un ejemplar *Choeronycteris mexicana*. En los meses de marzo y de mayo se capturó un ejemplar de *L. curasoae* y un ejemplar de *C. mexicana*. En marzo del año 2009 sólo se capturaron dos ejemplares de *L. curasoae*.

El análisis microscópico de las muestras de polen obtenidas del pelaje de cada murciélago capturado, permitió identificar la presencia de granos polen de *I. dumortieri* en todos ellos, por lo que se considera probado que los murciélagos de la subfamilia Glossophaginae capturados en el sitio estaban visitando las flores de *I. dumortieri* y por tanto se estaban alimentando del néctar y el polen de la planta.



Figura 12. Grano de polen de *Isolatocereus dumortieri* obtenido de la planta, visto en 40x en el microscopio óptico.



Figura 13. Grano de polen de *Isolatocereus dumortieri* obtenido de murciélagos visto a 40x en el microscopio óptico

6. DISCUSIÓN

Las características de la flor de *Isolatocereus dumortieri*, tales como estructura, dehiscencia de las anteras al anochecer y la producción nocturna de néctar, concuerdan con el síndrome de polinización por murciélagos descrito por Faegri y van der Pijl (1979). Sin lugar a dudas, al menos en la localidad de Jilotla, los murciélagos como *Leptonycteris curasoae*, *Glossophaga soricina* y *Choeronycteris mexicana* son los principales visitantes y polinizadores de esta planta. Su eficiencia como polinizadores se ha explicado porque visitan las flores de frente, chocando con los estambres y el estigma, visitando varias flores cada noche y transportando grandes cargas de polen que siempre son mixtas. Debido a que estos animales se desplazan entre distintas plantas, promueven la polinización y la fecundación cruzada (Eguiarte *et al.*, 1987).

6.1. Cantidad de néctar y polen que producen las flores de *Isolatocereus dumortieri*

Durante la realización de este trabajo, las flores de *I. dumortieri* produjeron en promedio 0.32 ml de néctar. A diferencia, Arends *et al.* (1995), reportó en su estudio que una sola flor de una cactácea columnar puede producir de 0.6 a 1.1 ml de néctar en una noche, sin embargo, Horner *et al.* (1998) mencionan que una flor de *Pachycereus pringlei* (saguaro) produce entre 0.19 y 0.37 ml de néctar y que un murciélago consume 0.1 ml de néctar en cada visita a una flor. Ibarra-Cerdeña *et al.* (2005) mencionan que una flor de la cactácea *Stenocereus queretaroensis* produce a las 24:00 horas entre 0.03 y 0.37 ml de néctar. Mientras que en el Valle de Tehuacán la cactácea *Neobuxbaumia tetetzo*, produce 0.68 ml de néctar por flor. Lo anterior muestra una gran variación en la producción del néctar entre especies, lo que probablemente depende del tamaño de las flores y de la intensidad de las

interacciones que tienen con sus polinizadores. Según la información presentada, las flores de *I. dumortieri* al parecer producen una cantidad intermedia de néctar con relación a otras flores de cactáceas columnares.

Por otra parte la producción de polen de las flores de *I. dumortieri* fue de 0.023 g en promedio por flor por noche, sin embargo no es posible comparar este dato, debido a que no existe información publicada sobre la cantidad de polen que producen otras plantas. La ingestión de los granos de polen ocurre cuando los murciélagos visitan las flores para alimentarse del néctar de las mismas (Sosa, 1991), pero principalmente ocurre durante el reposo, cuando se acicalan con la lengua y se conoce que su ingestión es fundamental para garantizar una dieta balanceada. Para Álvarez y González (1969) la presencia de polen en el tracto digestivo de los murciélagos demuestra su importancia en la dieta. Howell (1974) afirma que *L. curasoe* debe consumir un gramo de polen por día para mantener un balance positivo de nitrógeno y cumplir con los requerimientos nutricionales necesarios para su supervivencia. Howell (1974) demostró que los murciélagos no pueden sobrevivir consumiendo sólo néctar.

6.2. Concentración de sacarosa en el néctar de *Isolatocereus dumortieri*

La concentración del néctar no fue constante en las flores y en el año 2008 se presentó la mayor concentración de equivalentes de sacarosa con 19.78 unidades, seguido del año 2009 con 18.23 unidades. En el Valle de Tehuacán la cactácea *Neobuxbaumia tetetzo* produce un 24.9% de equivalentes de sacarosa (Valiente- Banuet *et al.*, 1996), mientras que en el neotrópico (Rodríguez *et al.*, 2007) el néctar secretado por las plantas es relativamente más diluido y predominan las hexosas en su composición química (glucosa y fructosa), con

pequeñas cantidades de sacarosa, variando en la concentración de 5 % a 29 % (Helvesen, 1993).

Rodríguez *et al.* (2007) en su estudio determinaron que en el neotrópico no existen preferencias en la composición y concentración de azúcares en el néctar que consumen los dos murciélagos nectarívoros: *Leptonycteris curasoae* y *Gossophaga soricina*. Sin embargo, *L. curasoae* (nectarívoro especialista) consistentemente mostró preferencia por néctares con mayor concentración (18-27%), independientemente de la composición de los azúcares, este mismo patrón no fue encontrado en el caso de *G. soricina* (omnívoro). Como se puede ver, el néctar de las diferentes especies de cactáceas varía en la concentración de sacarosa y en la composición del néctar (Baker *et al.*, 1983; Galleto y Bernardello, 2004; Nicolson, 2002). Sin embargo la concentración de azúcar reportadas para las cactáceas mexicanas (24–28%) es alta (Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Fleming *et al.*, 1996), en comparación de Venezuela donde el néctar es más diluido (18-20.7%). Una posible explicación, puede estar relacionada con los agentes polinizadores que visitan a las diferentes especies y sus requerimientos de néctar (influyen a polinizadores diurnos: aves, insectos); (Fleming *et al.*, 1996). Asimismo, la composición del néctar puede depender de otros factores como la estación de floración (Torres y Galleto, 1998) y de factores exógenos como la temperatura y la humedad en la que habitan las plantas (Veza *et al.*, 2006).

Lo anterior conforma un panorama ambiental al que deben ajustarse las poblaciones de murciélagos, considerando que los recursos que ofrece la vegetación localmente, regulan los movimientos y la abundancia de los murciélagos en el ambiente.

McNab (1971) afirma que el aporte de la energía en el néctar depende de la concentración de azúcar y el volumen del néctar en cada flor. Por otra parte, la producción de

flores, junto con la densidad de las plantas influye directamente en el costo-beneficio de visitar las flores de una planta para los murciélagos. Así, la cantidad de energía que una especie de planta tiene disponible, puede ser considerada un indicador de su calidad como un recurso alimenticio (Dumont, 1999). Simpson y Neff (1983) señalan que las características del néctar deben ser vistas como adaptaciones de las flores para aumentar la frecuencia de visitas por los polinizadores.

6.3. Densidad de la cactácea columnar *Isolatocereus dumortieri*

En la localidad de Jilotla, fueron contabilizadas 220 plantas de *I. dumortieri* reproductivas por hectárea. Un resultado similar de 250 plantas reproductivas por hectárea fue estimado por Cornejo, (2007) para esta misma especie, en la misma localidad. Fleming *et al.* (1994) en Sonora, México, estimaron que para *Pachycereus pringlei*, la densidad máximas fue de 12 cactus/ha. Por otra parte en el desierto Sonorense Horner *et al.* (1998) reportaron 19.3 plantas maduras por hectárea en tres cactáceas columnares. Por otra parte Brum (1973) reporta que en Arizona, Estados Unidos, las densidades máximas para *Carnegiea gigantea* son de 50 cactus/ha. En el Valle de Tehuacán en México existen densidades de hasta 1513 cactáceas columnares por hectárea (Zapotitlán) y 563 por hectárea en San Juan Raya (Rojas-Martínez, 2001). Como se puede ver, existe una gran diferencia entre la densidad de cactáceas del norte con relación del centro del país donde es considerablemente mayor. Estas diferencias, al parecer, son determinantes para mantener a las diferentes poblaciones de murciélagos que dependen de los recursos quiropterófilos para su sobrevivencia. De acuerdo con lo anterior, la densidad de murciélagos puede ser mayor en el centro del país, donde existen más recursos alimenticios por unidad de área.

6.4. Promedio de recursos quiropterófilos producidos estacionalmente por planta de *Isolatocereus dumortieri*

En la comunidad de Jilotla, *I. dumortieri* produjo en promedio 11800 flores/ha por estación de floración. Para el desierto de Sonora Fleming *et al.* (1996), reportaron que las cactáceas presentes como *Pachycereus pringlei* producen 910 flores, *C. gigantea* 271 flores y *Stenocereus thurberi* 325 flores, cada una por estación de floración. En Autlán, Jalisco, Ibarra-Cerdeña *et al.* (2005) en un estudio realizado en la estación de floración de *Stenocereus queretaroensis* determinaron que cada individuo produjo 322.2 flores en promedio en el año 2002 y 192.2 flores en el año 2003. En Tehuacán, Puebla, Rojas-Martínez, (2001) menciona que la cactácea *Neobuxbaumia tetetzo* produce 72.015 flores en promedio por estación de floración. Con esta información se puede observar que la floración de *I. dumortieri* es mayor al de las especies mencionadas, excepto a *N. tetetzo*, sin embargo para Sonora, el autor sólo toma en cuenta las plantas adultas, por el contrario en Autlán, Jalisco, Ibarra-Cerdeña *et al.* (2005) sólo mencionan el número de flores por individuo.

En cuanto a la cantidad de néctar, se encontró que *I. dumortieri* produjo 0.423 lt de néctar/ noche/ha y 30.36 g de polen/noche/ha. La producción de néctar estimada, coincide marcadamente con la que estimaron Torres-Ruiz y Valiente-Banuet (com. pers.) en Querétaro, ellos indican que el matorral crasicaule de *I. dumortieri* produjo 0.598 lt de néctar/día/ha y 5.486 kg frutos/día/ha.

Considerando que la energía necesaria para que *L. curasoe* realice sus actividades diarias es de aproximadamente 40.2 kJ (Horner *et al.*, 1998), que se obtienen cuando el murciélago visita entre 80 y 100 flores e ingiere 10 ml de néctar. Dichos autores además han

estimado que *L. curasoae* consume en cada visita 0.1 ml de néctar, por otra parte Howell (1974) estimó que los murciélagos de esta especie deben consumir un gramo de polen por día.

De acuerdo con lo anterior y aplicando los resultados de esta investigación, sabemos que cada flor es visitada dos veces cada noche y que en este proceso las flores aportan en promedio 0.24 ml de néctar y 0.0127 g de polen. Considerando los requerimientos alimenticios que están citados en la literatura para los murciélagos de la especie *L. curasoae* (Howell, 1974; Horner *et al.*, 1998), un murciélago en Jilotla, para obtener un gramo de polen, debe hacer 158 visitas a flores si son distintas o a 79 si visita dos veces la misma flor, con lo cual obtiene 15.8 ml de néctar cada noche. Lo anterior coincide marcadamente con la información que aportan Horner *et al.* (1998) y Howell (1974). Considerando que el murciélago debe obtener al menos un gramo de polen cada noche para sobrevivir, y que en el matorral crasicaule de *I. dumortieri*, los murciélagos nocturnos consumen 16.76 g polen/noche/ha, entonces un total de 17 murciélagos podrían estarse alimentando de esta planta cada noche por hectárea en los alrededores de Jilotla.

Rojas-Martínez (2001) reportó que en el Valle de Tehuacán, las cactáceas quiropterófilas en primavera y verano producen 72,015 flores, 43.4 lt/ha de néctar y 815.7 kg de fruta/ha en los tres meses que estas plantas tiene su floración. La información generada en esta investigación podría ser de utilidad para estimar la cantidad de murciélagos que se pueden estar alimentando por hectárea en otras zonas de alimentación.

Horner *et al.* (1998) reportaron una productividad de 0.11 lt/ha/día producidos en conjunto por tres cactáceas columnares en el desierto Sonorense, que alcanzan densidades de 19.3 plantas maduras por hectárea y un promedio de dos flores por planta por noche (Fleming *et al.*, 1996; Nassar *et al.*, 1997). Lo anterior podría ser suficiente para alimentar sólo a un

murciélago por hectárea. Lo que sugiere que los matorrales crasicuales dominados por cactáceas son más productivos en las regiones tropicales y que tienen una alta capacidad de carga para sostener a los murciélagos nectarívoros que se alimentan de ellas estacionalmente.

6.5. Cantidad e identidad de los visitantes nocturnos, que podrían alimentarse a partir de los recursos quiropterófilos producidos por *Isolatocereus dumortieri*

Se comprobó que tres especies de murciélagos de la subfamilia Glossophaginae (*L. curasoae*, *G. Soricina*, *C. mexicana*) se alimentan de las flores de *I. dumortieri*, realizando dos visitas en promedio a cada flor, cada noche (36 horas de video grabación). Ibarra-Cerdeña *et al.* (2005) encontraron que el mayor número de visitantes nocturnos a las flores de *S. queretaroensis* ocurrió cerca de la medianoche. En su estudio sólo dos especies de visitantes nocturnos fueron observadas en 65 h de video grabación y *L. curasoae* fue el visitante más frecuente (187 registros) y la única especie de murciélago observada, mientras las visitas de *G. soricina* y *C. mexicana* fueron escasas. Peñalba *et al.* (2005) en Sonora, México, encontraron que la presencia estacional de *L. curasoae* coincide con la floración y fructificación de tres cactus columnares: *C. gigantea*, *P. pringlei* y *S. thurberi*. Estos datos son consecuentes con estudios anteriores que documentan la ocupación estacional de este murciélago al norte de Sonora (Cockrum, 1991; Fleming y Nassar, 2002). Por otra parte, en el Norte de Sudamérica *L. curasoae* se alimenta principalmente de néctar, polen y frutos de cactáceas columnares de los géneros *Stenocereus*, *Subpilocereus* y *Pilosocereus*, así como polen de agavaceas en el caso de *L. curasoae* (Soriano *et al.*, 1991; Sosa y Soriano, 1993; Petit, 1997; Ruiz *et al.*, 1997 y Martino *et al.*, 1998). Sin embargo en ninguno de estos estudios se informa sobre el número promedio de visitas que realizan los murciélagos a cada flor.

Debido a las altas exigencias de energía diaria de los murciélagos, éstos se ven obligados a consumir grandes cantidades de néctar, realizando muchas visitas a las flores, para obtener lo que requieren para sobrevivir. Por ejemplo, los individuos de *L. curasoae* vuelan seis horas cada noche con un costo energético de 17.7 kJ, e invierte aproximadamente tres de esas horas para alimentarse, con un periodo de descanso de 18 horas durante el día en sus refugios (Horner *et al.*, 1998). Además se conoce que los requerimientos energéticos diarios para una hembra no reproductiva son de 40.2 kJ, que se adquieren cuando un murciélago consume 10 ml de néctar aproximadamente, lo que se consigue cuando visitan de 80 a 100 flores por noche. En este estudio calculamos la visita a 158 flores con una recompensa de 15.8 ml de néctar y un gramo de polen. En contraste, se sabe que un murciélago más pequeño del género *Glosophaga* consume aproximadamente de 115 a 130% de su masa corporal en néctar cada noche (Helvesen y Reyer, 1984). A causa de las pequeñas cantidades de néctar disponible dentro de las flores que consume, un murciélago de 11.5 g debe hacer de 800 a 1000 visitas a flores cada noche, cubriendo una distancia de aproximadamente 50 kilómetros para mantener su presupuesto energético positivo (Helvesen y Reyer, 1984). Las especie de murciélagos potencialmente pueden escoger entre una gama de plantas para obtener sus requerimientos energéticos, por lo que pueden obtener diferentes costos-beneficios debido a las diferencias en la fenología de las flores, la densidad y la distribución espacial de las plantas, el número de flores disponibles, la cantidad y concentración de azúcar en el néctar. Por consiguiente, la selección del recurso debe estar emparejada con los requerimientos energéticos específicos de cada especie de murciélago que responde a la intensidad de la floración.

7. CONCLUSIONES

La cantidad de recursos quiropterófilos (néctar y polen) que la cactácea *I. dumortieri* ofrece por flor cada noche como recompensa para sus polinizadores, es de 0.32 ml de néctar/promedio y 0.023 g polen/promedio.

La diferencia de néctar y polen remanente al amanecer, indican que los murciélagos consumieron en promedio 0.24 ml de néctar/noche y 0.012 g de polen/noche. De lo anterior es importante resaltar que no existe ningún estudio hasta el momento, donde se mida la cantidad de polen que producen las flores quiropterofilas, ni la cantidad de polen y néctar que consumen los murciélagos por unidad de área.

La concentración de equivalentes de sacarosa presente en el néctar de las flores de *I. dumortieri* durante la temporada de floración fue en promedio de 19% de equivalentes de azúcar durante la temporada, lo cual representa una concentración intermedia con relación a otras especies.

La densidad en el matorral crasicaule de la cactácea *I. dumortieri* en la población de Jilotla, fue de 220 plantas por hectárea, mismas que producen aproximadamente 1,320 flores/noche/ha, 0.423 lt de néctar/noche/ha y 30.36 g de polen/noche/ha. Con esta cantidad de recursos es suficiente para alimentar al menos a 17 murciélagos nectarívoros en los alrededores de la población de Jilotla, debido a que no agotan los recursos que producen cada flor.

Los visitantes nocturnos presentes en el matorral casicaule de *I. dumortieri* sólo fueron murciélagos de la subfamilia *Glossophaginae*.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, T. Y L. GONZÁLEZ. 1969. Análisis polínico del contenido gástrico de murciélagos Glossophaginae de México. *Anal. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México. 18:137-165.
- ARENDS, A., F. J. BONACCORSO, y M. GENOUD. 1995. Basal rates of metabolism of nectarivorous bats (Phyllostomidae) from semiarid thorn forests in Venezuela. *Journal of Mammalogy* 78:947-56.
- ARITA, H. T y C. MARTÍNEZ DEL RÍO. 1990. Interacciones flor-murciélago: un enfoque zoocéntrico. Publicaciones especiales. Instituto de Biología. UNAM. 4:4-35.
- BAKER, H. G., Y I. BAKER. 1983. Floral nectar constituents in relation to pollinator type. Pp. 117–141 in *Handbook of pollination biology* (C. E. Jones and R. J. Little, eds.). *Scientific and Academic Editions*. Division of Van Nostrand Rheinhold Company Inc., New York.
- BAKER H.G., R.W. CRUDEN Y I. BAKER. 1971. Minor parasitism in pollination biology and its community function: the case of *Ceiba acuminata*. *BioScience* 21: 1127–1129.
- BEATTY, L.D. 1995. Autoecology of the long-nosed bat, *Leptonycteris nivalis* (Saussure). thesis (M.S.) *University of Arizona*. Tucson.
- BRUM, G.D.1973. Ecology of the saguaro (*Carnegiea gigantea*): phenology and establishment in marginal populations. *Madroño*, 22: 195-204.
- COCKUM, E. L. 1991. Seasonal distribution of northwestern populations of the long naced bats family. Phyllostomidae. *An. Inst. Biol. University Nal. Auton. Mex. Ser. Zool.*62181- 202.
- CONANP- SEMARNAT. 2003. *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas – Secretaria del Medio Ambiente y Áreas Naturales. México, D. F.
- CORNEJO- LATORRE, 2007. Fluctuación de la abundancia anual de los murciélagos herbívoros en dos tipos de vegetación de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo. México. Tesis de Lic. Biología. UAEH, Hidalgo, México
- CRUZ - DOMINGUEZ, 2008. Fenología reproductiva de *I. dumortieri* (Scheidw.) Backed. (Cactaceae) y su relación con variables hídricas en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura Biología. UAEH. Hidalgo, México. 30pp.
- DUMONT, E. R. 1999. The effect of food hardness on feeding behaviour in frugivorous bats (Phyllostomidae): an experimental study. *Journal. Zool. (Lond.)* 248: 219–229.
- EGUIARTE, L., MARTINEZ DEL RÍO C, ARITA H. 1987. El néctar y el polen como recursos: el papel ecológico de los visitantes a las flores de *Pseudobombax ellipticum* (H. B. K.) Dugand. *Biotropica* 19:74–82.

- EGUIARTE, L., MARTÍNEZ DEL RÍO C. 1985. El néctar y El pólen como recursos: El papel ecológico de los visitantes a las flores de *Pseudobombax ellipticum* (H.B.K.) Dugand. Instituto de Biología. UNAM.
- FAEGRI, K. y PIJL, VAN DER. 1979. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford and New York. Plenum Press.
- FLEMING T.H. Y J. NASSAR. 2002. Population biology of the lesser long-nosed bat *Leptonycteris curasoae* in Mexico and Northern South America. In: Fleming T.H. and Valiente-Banuet A. (eds), Columnar Cacti and their Mutualists. *The University of Arizona Press*, Tucson, pp. 283– 305.
- FLEMING, T. H., M. D. TUTTLE, Y M. A. HORNER. 1996. Pollination biology and the relative importance of nocturnal and diurnal pollinators in three species of Sonoran Desert columnar cacti. *Southwestern Naturalist* 41:257–269.
- FLEMING, T. H Y V. J. SOSA. 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy* 75: 845-851.
- GALLETO, L., Y BERNARDELLO G. 2004. Floral nectaries, nectar production dynamics and chemical composition in six *Ipomoea* species (Convolvulaceae) in relation to pollinators. *Annals of Botany* 94:269–280.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones a la clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía. UNAM, México.
- HALL, E. R. 1981. *The mammals of North America*. Segunda edición. John Wiley y Sons, New York, USA.
- HEITHAUS, P.A. OPLER, Y H.G. BAKER, 1974. Bat activity and pollination *Babuinia pauletia*; Plant-pollinator coevolution. *Ecology* 55:412-419.
- HELVERSEN, O. V., Y H. V. REYER, 1984. Nectar intake and energy expenditure in a flower- visiting bat. *Oecologia* 63:178-84.
- HERNANDEZ-FLORES, S.D. 2009. En un reciente estudio en la Diversidad y Distribución del ensamblaje de mamíferos en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis de maestría. UAEH. Hidalgo, México.
- HORNER, M. A., T. H. FLEMING, Y C. T. SAHLEY. 1998. Foraging behavior and energetics of a nectar-feeding bat, *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Zoology of London* 244:575–586.
- HOWELL, D.J., 1974. Bats and pollen: physiological aspect of the syndrome of chiropterophily. *Comparative Biochemistry and Physiology* 48:263-76

- IBARRA-CERDEÑA, C. N., L. I. IÑIGUEZ DAVALOS, Y V. SANCHEZ CORDERO. 2005. Pollination ecology of *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae) a chiropterophilous columnar cactus in a tropical dry forest of Mexico. *American Journal of Botany* 92: 503–509.
- INEGI, 1996. Síntesis geográfica Del estado de Hidalgo. Aguascalientes, México.
- JUAREZ- CATILLO, G. 2006. Comparación de ensamblaje de murciélagos de La RBBM, Hidalgo, México, con otras regiones áridas de Norte América. Tesis de Licenciatura. UAEH. Hidalgo, México.
- KUNZ, T.H. 1982. Roosting ecology of bats. In Ecology of bats. T.H. Kunz (editor). Plenum Press, New York, N.Y., pp. 1–55.
- MARTINEZ-GARCIA, V. 2006. Interacciones colibrí –planta en tres tipos de vegetación en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. Tesis de Lic. Biología. UAEH. Hidalgo, México.
- MARTINO, A., A. ARENDS y J. ARANGUREN. 1998. Reproductive pattern of *Leptonycteris curasoae* Miller (Chiroptera: Phyllostomidae) in northern Venezuela. *Mammalia* 62:69-76.
- McNAB, B. K. 1971. The structure of tropical bat faunas. *Ecology* 52(2): 352–358.
- NASSAR, J. M., N. RAMÍREZ Y O. LINARES. 1997. Comparative pollination biology of Venezuelan columnar cacti and the role of nectar feeding bats in their sexual reproduction. *American Journal of Botany* 84: 918-927.
- NICOLSON, S. W. 2002. Pollination by passerine birds: why are nectars so dilute? *Comparative Biochemistry and Physiology, B. Comparative Biochemistry* 131: 645–652.
- ORTIZ- PULIDO, R., BRAVO, J., MARTINEZ-GARCIA, V., REYES, D., MENIOLA, M.E. Y SANCHEZ, 2008. Avifauna de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. UAEH. Hidalgo, México
- PEÑALBA, M.C., F. MOLINA-FREANER, L. LARIOS RODRIGUEZ. 2005. Resource availability, population dynamics and diet of the nectar-feeding bat *Leptonycteris curasoae* in Guaymas, Sonora, Mexico. *Biodiversity and Conservation* (2006).
- PETIT, S. (1997). The diet and reproductive schedules of *Leptonycteris curasoae curasoae* and *Glossophaga longirostris elongata* (Chiroptera: Glossophaginae) on Curacao. *Biotropica* 29(2): 214–223.
- RAMIREZ-PULIDO, J., A. CASTRO-CAMPILLO, J. ARROYO-CABRALES Y F.A.CERVANTES. 1996. Lista taxonomica de los mamíferos terrestres de México. Occas. Papers mus., Texas Tech Univ.

- RODRIGUEZ-PEÑA, N. K. E. STONER, J. E. SCHONDUBE, J. AYALA-BERDON, C. M. FLORES-ORTIZ, Y C. MARTÍNEZ DEL RÍO. (2007). Effects of sugar composition and concentration on food selection by Saussures long-nosedbat (*Leptonycteris curasoae*) and the long-tongued bat (*Glossophaga sorisina*). *Journal of Mammalogy*, 88(6):1466–1474, 2007
- ROJAS- MARTINEZ. 2001. Determinación de los movimientos altitudinales estacionales de tres especies de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae: *Glossophaginae*) en el Valle de Tehuacan y la Cuenca de Balsas, México.
- RZEDOWSKI, G. y RZEDOWSKI, J. 2001. Flora Fanerógama Del Valle de México. Instituto de Ecología, A. C. y CONABIO. Pátzcuaro, Mich. 469-470pp.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.
- RUIZ, A., M. SANTOS, P. SORIANO, J. CAVELIER y A. CADENA. 1997. Relaciones mutualísticas entre el murciélago *Glossophaga longirostris* y las cactáceas columnares en la zona árida de La Tatacoa, Colombia. *Biotropica* 29:469-479.
- SÁNCHEZ-MEJORADA, H. 1978. Manual de campo de las cactáceas y suculentas de la Barranca de Metztitlán. *Sociedad Mexicana de Cactología*, México. D.F.
- SIMPSON, B. B., Y J. L. NEFF. 1983. Evolution and diversity of floral rewards. Pp. 142–159 in Handbook of pollination biology (C. E. Jones and R. J. Little, eds.). *Scientific and Academic Editions*, Division of Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York.
- SOSA, M. Y . P. J. SORIANO. 1993. Solapamiento de dieta entre *Leptonipteris curasoae* y *Glossophaga longirostris* (Mamalia: chiroptera). *Revista de Biología Tropical* 41, 529-532
- SOSA, M. 1991. Relaciones ecológicas entre el murciélago *Glossophaga longirostris* y las cactáceas columnares en el bolsón árido de Lagunillas, Mérida, Venezuela. Tesis de Licenciatura. Universidad de Los Andes, Mérida. 106 p.
- SORIANO, P.J., M. SOSA y O. ROSSELL. 1991. Hábitos alimentarios de *Glossophaga longirostris* Miller (Chiroptera: Phyllostomidae) en una zona árida de los Andes venezolanos. *Revista de Biología Tropical* 39:267-272.
- TORRES, C., y L. GALLETTO. 1998. Patterns and implications of floral nectar secretion, chemical composition, removal effects and standing crop in *Mandevilla pentlandiana* (Apocynaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 127:207–223.
- TORRES-RUIZ, A Y A. VALIENTE-BANUET. (com. pers.) Pollination biology of the columnar cacti *Stenocereus dumortieri* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, central México.
- VALIENTE- BANUET A., A. ROJAS- MARTÍNEZ, MA. DEL C. ARIZMENDI Y P. DAVILA. 1997. Pollination biology of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalaensis* y *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, central México. *American journal of botany*, volume 84, 452-45

- VALIENTE- BANUET A., MA. DEL C. ARIZMENDI, A. ROJAS- MARTÍNEZ, Y L. DOMÍNGUEZ- CANSECO. 1996. Ecological relationships between columnar cactus and nectar – feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12:103-119
- VAN DER PIJL, L. 1979. Principles of dispersal in higher plants. Berlin. Springer-Verlag
- VAUGHAN, T.A., J. M. RYAN, y N. J. CZAPLEWSKI. 2000. Mammalogy. Thomson Learning Inc. E.U.A.
- VEZZA, M., M. NEPI, M. GUARNIERI, D. ARTESE, N. RASCIO, AND E. PACINI. 2006. Ivy (*Hedera helix* L.) flower nectar and nectar ecophysiology. *International Journal of Plant Sciences* 167: 519–527.
- VITE- SILVA, V. 2008. Lista anotada de anfibios y reptiles en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis de Lic. Biología. UAEH. Hidalgo, México. 100pp.
- WILSON, D. E y D. M. REEDER. 1993. Mammals Species of the World: a taxonomic and geographic reference. Segunda edición. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.