



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM**

**CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT Y DE LOS REFUGIOS DEL
MURCIÉLAGO DE CABEZA PLANA (*MYOTIS PLANICEPS*,
VESPERTILIONIDAE) EN TRES ESTADOS DEL NORTE DE
MÉXICO.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

BIÓLOGA

P R E S E N T A

MARÍA PAULINA NÚÑEZ ROJO

DIRECTOR DE TESIS: DR. RODRIGO A. MEDELLÍN LEGORRETA

MÉXICO, D. F.

2011



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.

HOJA DE DATOS DEL JURADO

1. Datos del alumno

Núñez
Rojo
María Paulina
56 22 90 04
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
098171411

2. Datos del tutor

Dr
Rodrigo Antonio
Medellín
Legorreta

3. Datos del sinodal 1

Dr
Joaquín
Arroyo
Cabrales

4. Datos del sinodal 2

M. en C.
Osiris
Gaona
Pineda

5. Datos del sinodal 3

Dra
Livia
León
Paniagua

6. Datos del sinodal 4

Dr
Jorge
Ortega
Reyes

7. Datos del trabajo escrito

Caracterización del hábitat y de los refugios del murciélago de cabeza plana (*Myotis planiceps*, Vespertilionidae) en tres estados del norte de México.

82 p
2011

ÍNDICE

SECCIÓN	Número de página
1. Resumen	1
2. Introducción	3
3. Antecedentes	5
3.1. Generalidades del orden Chiroptera	5
3.2. Refugios	6
3.3. Especializaciones para el uso de refugios	7
3.4. <i>Myotis</i> Neárticos	12
3.4.1. Historias de vida	12
3.4.2. Estrategias invernales	13
3.5. <i>Myotis planiceps</i>	16
4. Objetivos	19
5. Hipótesis	19
6. Descripción del sitio de estudio	19
6.1. Los Pinos, Coahuila	19
6.1.1. Problemática de conservación en el sitio	20
6.2. “La Laja”, Zacatecas.	21
6.2.1. Problemática de conservación en el sitio	21
6.3. Bosque de Pino Piñonero	22
6.4. <i>Yucca carnerosana</i>	25
6.5. Desierto Chihuahuense	28
7. Metodología	30
7.1. Captura de murciélagos	30
7.1.1. “Los Pinos”, Coahuila	30
7.1.2. “La Laja”, Zacatecas	32
7.2. Telemetría	33
7.3. Caracterización de los Refugios	34
7.3.1. Características “Yuca central”	34
7.3.2. Disponibilidad de Refugios Potenciales	34
7.3.3. Obstrucción	35
7.3.4. Cobertura vegetal	35
7.3.5. Temperatura de los refugios	36
7.4. Caracterización de la vegetación / Hábitat	37
8. Resultados	38
8.1. Captura de murciélagos	38
8.2. Telemetría	41

8.3. Caracterización de los refugios	41
8.3.1. Características de las Yucas Centrales	41
8.3.2. Disponibilidad de Refugios	43
8.3.3. Obstrucción	44
8.3.4. Cobertura vegetal	45
8.3.5. Temperatura de los Refugios	45
8.4. Caracterización de la Vegetación/ Hábitat	47
9. Discusión	49
9.1. Características de Yucas centrales y Disponibilidad de Refugios	49
9.2. Obstrucción y cobertura vegetal	51
9.3. Temperatura de los Refugios	51
9.4. Implicaciones para la Conservación	53
9.4.1. Síndrome de Nariz Blanca “White-Nose”	59
10. Conclusiones	62
11. Referencias	64
12. Anexos	75

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM, máxima casa de estudios en México, por aceptarme como alumna suya, ha sido un honor pertenecer a esta Universidad. A la Facultad de Ciencias por dejarme ver un poquito de este universo que es la Biología.

Agradezco a mis sinodales: Dr. Rodrigo Medellín Legorreta, Dr. Joaquín Arroyo Cabrales, M. en C. Osiris Gaona, Dr. Jorge Ortega y Dra. Livia León, por sus acertadas correcciones y la paciencia que han tenido en lo referente a los trámites de estos últimos días.

A mi tutor, el Dr. Rodrigo Medellín Legorreta por dejarme ser parte de su laboratorio y compartirme de ese mundo suyo de gran experiencia y conocimiento, así como a contagiarme de esa gran pasión por la conservación y por esos seres tan maravillosos llamados murciélagos.

Agradezco también enormemente al Dr. Joaquín Arroyo, por su apoyo, confianza y su buen corazón; pero principalmente por la ayuda directa en campo y por enseñarme que ser académico no está necesariamente peleado con las faenas duras en campo, y a disfrutarlas tanto como tú las disfrutas.

Dedico esta tesis a mis padres, Sara Rojo y Francisco Núñez, por el apoyo y amor incondicional que me han dado siempre, por ser pacientes y confiar en que algún día iba a terminar esta tesis. A mi familia entera, a la abue y a mi hermana por estar ahí siempre para apoyarme.

A Emmanuel Rivera por su amor incondicional y por que sin su ayuda esta tesis prácticamente no existiría. Gracias por... todo!!, por estar ahí para mi siempre que te necesito. Por compartir tu vida y tu locura conmigo.

A la M. en C. Osiris Gaona, por toda la ayuda en la realización de los trámites, así como a todo lo referente en los engorrosos tramites para salir a campo, comprobar gastos, pedir camioneta, buscar material, etc, etc, etc; además de los buenos consejos que solo tú nos sabes dar.

El trabajo de campo fue posible gracias a: Joaquín, Emm, Leo, Alex, Iván Alarcón, Primavera, Iris, Lacy, Nidia, Stefany, Diego, las Maris, Cuauhtemoc, el Dr. Cui, Gerbo y, especialmente, a Javier Banda y todas las personas del Museo del Desierto que nos brindaron su amistad, apoyo, mano de obra, instalaciones y vehículos. A Hidalgo Rodríguez por compartirnos su ejemplar y las localidades de Peña Nevada, N.L. A sus estudiantes Juan Luis y Erika.

A todos los miembros del laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados Terrestres, que hicieron y siguen haciendo muy feliz mi estancia tanto en el laboratorio como en el campo. Gracias por toda la ayuda para realizar la tesis, así como los consejos y sugerencias en lo académico y lo personal, a Leo, Tony, Rafa, Lacy, Angie, María, Tania (y su Tona), Gaby, Gerbo, Kar, Horacio, Karla, Arturo.

A todos los miembros del laboratorio del Dr. Gerardo Ceballos por ser tan agradables vecinos y colaborar siempre con nosotros.

A Lito, Wartha, Miriam, Tere, Meztli, Miguel y todos los amigos de la Facultad, por compartir conmigo y ayudarme a disfrutar las clases y las prácticas de campo. Ha sido lo máximo!

A las chicas Zarah: Nat, Gaby, Vero, Terp, Elsie, Jani, por ser tan buenas amigas y por ser ese otro mundo que me complementa a la perfección.

1. RESUMEN

Los refugios representan un papel clave en la historia natural de los murciélagos, ya que son sitios donde pueden descansar durante el día y tener a sus crías. Los refugios proveen a los murciélagos de protección contra depredadores y de las inclemencias del tiempo. Se dice que los refugios les ayudan en la regulación térmica que estas criaturas necesitan, economizando el gasto energético. Los refugios son el lugar, en donde pasan más del 60% de sus vidas, por ello, la selección de un refugio adecuado es fundamental para la sobrevivencia de estas especies. Los murciélagos valiéndose de estrategias tales como adaptaciones morfológicas o conductuales, maximizan las ventajas de un refugio adecuado, obteniendo todas las ventajas posibles para conservar su especie.

El murciélago de cabeza plana (*Myotis planiceps*) es una especie endémica al Noreste de México que está considerada en peligro de extinción por la ley NOM-059. En el presente estudio tratamos de encontrar patrones en la selección de refugios por parte de *M. planiceps*. Con un esfuerzo de 1190 horas-red, logramos capturar 23 ejemplares de murciélago de cabeza plana en dos localidades, pertenecientes a la distribución histórica de esta especie, en los estados de Coahuila y Zacatecas. A 16 de ellos se les colocó un radiotransmisor, y apoyándonos en la técnica denominada telemetría, se localizaron sus refugios diurnos. Se midieron tres variables de los refugios (DAP, altura total e intervalo de refugio potencial). También se midieron parámetros para la vegetación que los rodea (densidad de refugios disponibles, porcentaje de obstrucción, entre otros). Esta información se contrastó con la información obtenida de yucas en sitios seleccionados al azar.

Hasta el momento, *M. planiceps* sólo se ha encontrado utilizando como refugio yucas (*Yucca carnerosana*), que forman parte de la asociación con el bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*). Las yucas que sirven como refugio para esta especie de murciélago, se caracterizan por tener más altura que el resto de las plantas que conforman el dosel del bosque y se encuentran en parches de yucas que cumplen con las mismas características de altura, es decir que son también refugios disponibles. Las yucas con

estas características representan el 22% de las yucas circundantes. Esto permite a los murciélagos cambiar de refugio sin abandonar sus áreas familiares de forrajeo. Los refugios resultaron también ser ligeramente más cálidos en la orientación este (E) que las yucas seleccionadas al azar. En base a lo obtenido en este estudio, proponemos una estrategia de conservación mediante manejo forestal y un plan de ordenamiento ecológico, en coordinación con los asentamientos humanos que viven dentro del área de distribución del murciélago de cabeza plana, para asegurar la sobrevivencia de esta especie.

2. INTRODUCCIÓN:

En las zonas templadas, las restricciones energéticas a las que están sujetos los murciélagos son debidas a su alta relación superficie/volumen, al alto costo metabólico que implica el vuelo y a que los recursos alimentarios son altamente impredecibles o sujetos a una marcada estacionalidad. Dichas limitantes energéticas han sido un problema evolutivo muy importante para estos animales y, han logrado compensarlo mediante adaptaciones como el uso de torpor diario, la hibernación estacional y el perchar en grupos compactos (Burnett y August 1981).

Sin embargo, para llevar a cabo todas estas conductas y así poder minimizar el uso de energía, es de suma importancia el ser altamente selectivo al momento de escoger los sitios de refugio diurno (Vaughan y O'Shea 1976), que son los sitios donde pasan la mayor parte de su tiempo (dos terceras partes del día). Es en ellos donde se encuentran los murciélagos de las zonas templadas cuando no están hibernando y, restringen su actividad fuera de ellos, sólo a las horas de obscuridad, que abarcan cerca de una tercera parte del ciclo diario de 24 horas (Vaughan y O'Shea 1976, Kunz 1982).

A su vez, los hábitos de refugio en los murciélagos se relacionan con la diversidad y la abundancia de refugios eficientes disponibles, la distribución y abundancia del alimento, así como el ahorro energético determinado por el tamaño corporal y el ambiente físico (Kunz y Fenton 2003). Por otro lado, la ecología de refugios está determinada también por restricciones de inercia filogenética y por las necesidades particulares para cada especie y cada individuo, por lo que se ha sugerido que algunas especies tienen requerimientos de refugios altamente específicos (McNab 1982), mientras que otras especies son muy generalistas en el uso de los mismos. Para aquellas especies altamente dependientes a determinados refugios, un refugio específico es una "relación" obligada, ocasionando que la distribución y la abundancia de esa especie en particular, se limite en gran parte por la disponibilidad de refugios apropiados (Humphrey 1975).

Debido al importante papel que tienen los sitios de refugio para los murciélagos, el presente trabajo pretende caracterizar los sitios de refugio y el hábitat circundante del murciélago de cabeza plana (*Myotis planiceps*) durante el verano, permitiéndonos un primer acercamiento para identificar las necesidades de hábitat y de conservación que tiene el murciélago de cabeza plana, como parte fundamental para el diseño de una estrategia efectiva para la conservación de la especie.

Los resultados de este trabajo difieren de otros estudios, debido a que la mayoría de los estudios sobre selección de refugios que se han realizado en los últimos 15 años han sido llevados a cabo en ambientes méxicos, como los grandes bosques de coníferas del Oeste de Estados Unidos o, los bosques caducifolios en el Este del mismo país. Pocos han sido los estudios de selección de refugios en ambientes semi-áridos como los bosques de pino-junípero, quizá por la falsa idea de que estos lugares son hábitats marginales debido a su escasez de agua y a su vegetación poco densa. Sin embargo, los bosques de vegetación árida son muy abundantes, tienen una amplia distribución y sostienen comunidades abundantes y diversas de murciélagos. Para el caso particular de los bosques de pino-junípero, éstos son muy importantes ya que conforman el área de transición entre la vegetación de elevaciones altas o méxicas y la vegetación de zonas bajas o áridas, por lo que provee un hábitat favorable para especies de ambas zonas, mostrando una combinación única de especies de murciélagos (Chung-MacCoubrey 2005).

3. ANTECEDENTES

3.1. Generalidades del Orden Chiroptera.

Dentro de los mamíferos, uno de los ordenes más diverso y exitoso es el de los murciélagos (Chiroptera), del cual existen cerca de 1,116 especies en el mundo pertenecientes a 18 familias (Simmons 2005) y, sólo superado en número de especies por el orden Rodentia. Siendo así, los murciélagos representan la cuarta parte de todos los mamíferos del mundo (Altringham 1996, Ceballos y Oliva 2005).

Los murciélagos son el único grupo de mamíferos con capacidad de tener vuelo sostenido (Altringham 1996, Medellín *et al.* 2009) y, gracias a esta característica, podemos observar en ellos una gran radiación adaptativa de algunos procesos biológicos tales como: la ecolocación [la capacidad de emitir sonidos y escuchar los ecos que rebotan en los objetos, formando una imagen mental de todo lo que hay a su alrededor (Fenton *et al.* 1987)]; la “carrera armamentista” que se desarrolla entre las presas (polillas) y murciélagos; la co-evolución, entre los murciélagos nectarívoros y las flores de las que se alimentan; el altruismo recíproco, que se observa en los murciélagos hematófagos; y las consecuencias de la deriva continental, en especies que se encuentran genéticamente emparentadas y cuya distribución está en lados opuestos del planeta (Altringham 1996).

Su capacidad de vuelo, sus hábitos nocturnos y la ecolocalización, les ha permitido colonizar y explotar un gran número de hábitats que van desde los desiertos hasta los bosques tropicales y alturas desde el nivel del mar hasta las cimas de las montañas a más de 4,000 msnm, ubicándose de éste modo en todos los continentes del mundo, excepto en la Antártida y algunas islas oceánicas (Kunz 1982, Altringham 1996, Medellín *et al.* 2009, Kunz y Parsons, 2009).

No se conoce otro orden de mamíferos que se alimente de tan amplia gama de recursos como es el caso de los murciélagos, presentando varios gremios de

alimentación: frugívoros, polinívoros, piscívoros, insectívoros, carnívoros y hematófagos (Kunz 1982, Altringham 1996, Medellín *et al.* 2008, Kunz y Parsons, 2009). Es debido a la explotación de muchos recursos, que estos animales juegan un papel muy importante en los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, los murciélagos insectívoros (que representan el 70% de los murciélagos de México) son grandes controladores de plagas agrícolas y otros insectos, además de que el guano de estos animales es un abono agrícola de excelente calidad (Medellín *et al.* 2008).

México, al ser un país megadiverso, ocupa el sexto lugar a nivel mundial en cuanto a diversidad de especies de murciélagos se refiere, siendo superado únicamente por Brasil, Perú, Colombia, Ecuador y Venezuela (Ceballos y Simonetti 2002). En nuestro territorio existen 138 especies (de las cuales 15 son endémicas a México), que se encuentran representadas en ocho familias: Emballonuridae, Noctilionidae, Mormoopidae, Phyllostomidae, Natalidae, Thyropteridae, Vespertilionidae y Molossidae (Ceballos y Oliva 2005, Medellín *et al.* 2008).

Una gran cantidad de murciélagos se encuentra actualmente amenazada debido a las actividades humanas, como son la destrucción de los hábitats y corredores de migración, los cuales son comúnmente reemplazados por monocultivos y pastizales para ganadería o bien para promover desarrollos urbanos. La destrucción de los refugios, el ruido y el vandalismo dentro de las cuevas, el uso de pesticidas en áreas agrícolas cercanas, así como la destrucción directa de miles de ellos, han significado la disminución de las poblaciones de muchas especies de murciélagos, e incluso la extinción de varias especies a nivel mundial (Medellín *et al.* 2008).

3.2. Refugios

Los sitios de percha o refugio juegan un papel clave en la conservación de los murciélagos, pues son sitios que sirven para el apareamiento, la crianza, la hibernación, la digestión del alimento y como sitios de descanso. Proveen protección contra depredadores y el medio, facilitan las interacciones sociales complejas, regulan las

necesidades térmicas de los murciélagos (proporcionando un ambiente térmicamente estable) y economizan el gasto energético ocasionado por el desplazamiento hacia los sitios de forrajeo y cuerpos de agua (Kunz 1982, Fenton 1983).

Los refugios juegan un papel muy importante en la ecología y evolución de este grupo de animales debido a que los murciélagos pasan gran parte de su vida en ellos (Kunz, 1982); por ejemplo en zonas templadas y durante el verano *Myotis lucifugus* pasa 2/3 partes del día en el refugio diurno (Burnett y August 1981), o como *Antrozous pallidus* que puede pasar entre el 54% y 66% del día dentro del refugio (Vaughan y O'Shea 1976). Asimismo, los hábitos de refugio tienen un impacto en las estrategias de alimentación y reproducción, en la densidad de los murciélagos, en la estructura social, en los movimientos estacionales, en la distribución local y global e, inclusive, en la morfología y fisiología de estos animales (Barbour y Davis 1969, Kunz 1982, Altringham 1996). Es por esto que es vital para los murciélagos seleccionar un refugio adecuado (Kunz 1982).

La disponibilidad del recurso “refugio” puede limitar la abundancia ó bien, fomentar el bienestar de los murciélagos (Kunz 1982, Aguirre *et. al.* 2003) y viceversa, al incrementar la disponibilidad de refugios se fomentan cambios positivos en la dinámica poblacional de los murciélagos (Aguirre *et al.* 2003). Debido a esto, Humphrey (1975) planteó que la distribución de las especies Neárticas está asociada con la disponibilidad de estructuras de refugio; en su trabajo sobre la distribución de 39 especies que habitan en Estados Unidos, muestra que la presencia o ausencia de refugios de maternidad son el recurso que mas influye en la distribución y la abundancia de los murciélagos neárticos.

3.3. Especializaciones para el uso de los refugios

La evolución de las alas y el vuelo les han permitido a los murciélagos explotar refugios y fuentes de alimento virtualmente inalcanzables para otros mamíferos. La evolución de la ecolocación fue indudablemente también un principio determinante para la divergencia de los hábitos de refugio, que en los microquirópteros ha significado un éxito en la colonización de refugios internos tales como troncos, cuevas, grietas y construcciones

humanas (Kunz 1982). Estos refugios se caracterizan por ser relativamente permanentes, estables en el microclima que ofrecen, disminuyen el riesgo de depredación y proveen protección contra el clima adverso y la exposición directa al sol (Kunz 1982).

Otras especies de murciélagos utilizan ramas de árboles o corteza exfoliada como refugios diurnos en los bosques templados, éstos constituyen refugios temporales que representan un recurso abundante pero, a diferencia de los refugios permanentes, promueven poblaciones nómadas y con baja fidelidad a los sitios de refugio, así como también proporcionan menor protección contra las variaciones de temperatura y humedad. Los murciélagos que habitan este tipo de lugares son generalmente solitarios o forman pequeños grupos y, la mayoría se distribuyen en regiones tropicales (Kunz 1982), con algunas excepciones como *Myotis lucifugus* y *M. septentrionalis* (Jung *et al.* 2004), *M. evotis* (Rancourt *et al.* 2005), y *M. sodalis* (Britzke *et al.* 2006), entre otros.

La selección de refugios comúnmente se asocia con la fidelidad de los murciélagos a ese refugio. Es decir, los murciélagos que seleccionan refugios muy efímeros tales como el follaje del dosel (p. ejem.: *Lasiururs cinereus*), las hojas no abiertas de algunas palmas (p. ej.: *Thyroptera tricolor*) o aquellas hojas modificadas como tiendas (p. ej.: *Ectophylla alba*, *Uroderma bilobatum*) cambian de refugio en promedio cada 1-3 días (Lewis 1995); mientras que aquellas especies que se refugian en sitios mas duraderos como cuevas, edificios e incluso en huecos de grandes árboles, son mas fieles a sus refugios, permaneciendo más tiempo en ellos. Es decir, entre más efímero sea un refugio, menor será la fidelidad que presenten los murciélagos a dicho sitio. A su vez, la disponibilidad de refugios también afecta la fidelidad, de esta forma a mayor disponibilidad de refugios, se presentará menor fidelidad (Lewis 1995). De lo anterior podemos puntualizar que la permanencia y la disponibilidad de refugios pueden influir en la fidelidad a los refugios ya sea en individuos o grupos de murciélagos (Kunz, 1982).

La fidelidad al refugio está relacionada además del tipo de refugio, a las características estructurales del mismo, tales como la temperatura y la humedad (Kunz

1982) ya que a pesar de que los murciélagos son animales endodermos, las especies de zonas templadas se clasifican mejor como animales heterotermos, ya que algunos no son capaces de mantener estable su temperatura (McNab 1982). Además se ha observado que escoger refugios con temperaturas adecuadas fomenta el crecimiento de las crías (Lewis 1995, Menzel *et al.* 2002) Por ello, es preferible seleccionar un refugio que les proporcione ventajas térmicas, tales como árboles altos que sobresalgan del dosel y que reciban más radiación solar que otros (Brigham *et al.* 1997, Boonman 2000, Menzel *et al.* 2002, Jung *et al.* 2004, Rancourt *et al.* 2005), o bien, refugios en áreas con poca cobertura que sean muy abiertos y despejados, que además les proporcionen una rápida localización del refugio y un fácil acceso (Vonhof y Barclay 1996, Jung *et al.* 2004).

Varios estudios con diferentes especies apoyan esta hipótesis, tales como los realizados con *Eptesicus fuscus* en Oregon, EUA (Ormsbee y McComb en 1998), *M. daubentonii* y *Nyctalus noctula* en Holanda (Boonman 2000), machos de *M. septentrionalis* y *M. lucifugus* en Ontario, Canadá (Jung *et al.* 2004) y *Chalinolobus tuberculata* en South Canterbury, Nueva Zelanda (Sedgeley *et al.* 2004). También existen casos particulares como el de *Nycticeius humeralis* quien habita en los bosques de Missouri EUA y, en verano, prefiere refugios a la altura del dosel o incluso más bajos, pero en invierno prefiere refugios que sobresalgan del dosel, permitiendo refugios mas cálidos durante la temporada más fría y adversa (Boyles y Robbins 2006).

Incluso se ha registrado que algunas especies prefieren alguna orientación en particular, que les proporcione mejor radiación solar o mejor acceso al refugio y como protección contra el viento y el frío (Boonman 2000). Por ejemplo, Jung *et al.* (2004) encontraron en su estudio con machos de dos especies del género *Myotis*, que éstos seleccionaban predominantemente refugios ubicados hacia el Sureste; así como Menzel *et al.* (2002) reportó que 7 de los 12 refugios de maternidad de *Myotis evotis* estaban orientados hacia el Este. En ambos casos la preferencia hacia el Este se debía a que en esa dirección los refugios recibían radiación solar muy temprano por la mañana, lo cual significaba que esos sitios se calentaban más fácilmente después de las frías noches de los bosques templados.

La selección de los refugios y la fidelidad a los mismos implica que los gastos deben ser considerados para que los beneficios de dejar el refugio sean iguales o mayores a quedarse en él. Algunos beneficios de ser lábil o cambiar frecuentemente de refugio son, por ejemplo, la baja probabilidad de endogamia, la disminución de la competencia intraespecífica por comida y otros recursos, evitar la acumulación de guano y los patógenos relacionados con el mismo, evitar parásitos (principalmente en las crías que por su falta de pelo son especialmente susceptibles a los parásitos), también ayuda a evitar depredadores atraídos por el olor de un refugio muy utilizado o de aquellos depredadores que aprenden la ubicación de un refugio y esperan la salida de murciélagos al atardecer. Las desventajas son que los movimientos entre refugios pueden incrementar el riesgo de depredación, baja familiaridad con los sitios de forrajeo, el posible rompimiento de lazos sociales y causar pérdida de energía al buscar un nuevo refugio (Lewis 1995, Jung *et al.* 2004). Es por esto que incluso las especies que cambian continuamente de refugio, permanecen fieles a una determinada área, debido a los beneficios de esa zona que ya les es familiar (Lewis 1995).

Para la selección de un refugio también se requiere de cierta especialización de los murciélagos. Algunas especializaciones tienen que ver con la coloración y las posturas para mimetizarse y esconderse de los depredadores, por ejemplo, muchas especies que perchan en el dosel de los árboles presentan pelaje con marcas oscuras o contrastantes, colores brillantes, patrones de manchas, alas con venación reticular o bien, asumen posturas que asemejan frutas u hojas secas (Kunz 1982).

O bien, puede tratarse de especializaciones tan extremas que resultan en adaptaciones morfológicas, algunas relativamente sencillas como son los discos adhesivos en las alas y patas, presentes en murciélagos de las familias Tyropteridae y Myzopodidae, siendo los casos más marcados los de las especies *Tyroptera tricolor* y *T. discifera*, murciélagos costarricenses que perchan en las hojas enrolladas de las heliconias y plantas similares; y *Myzopoda aurita*, que es un murciélago endémico de Madagascar que percha en palmas del género *Ravenala* (Kunz 1982). Otros murciélagos, como

Lasiurus cinereus, *L. borealis* y *Myotis formosus*, presentan pelaje muy espeso y largo que los protege tanto de la radiación solar directa en el día, como del frío en la noche; otros más presentan la membrana del dactilopatagio transparente que les permite observar los movimientos alrededor del refugio y evitar así a los depredadores, como es el caso de *Artibeus jamaicensis*, *A. hirsutus*, *Centurio senex* y *Sturnira lilium* (Kunz 1982).

Algunas de estas adaptaciones han sido más complejas y han llegado a afectar la estructura ósea de los murciélagos, como la rotación de las extremidades inferiores para poder perchar colgados cabeza abajo y facilitar el vuelo. Otro ejemplo es la marcada influencia que han tenido los hábitos de refugio en el desarrollo del cráneo, por ejemplo, los murciélagos que se refugian en grietas (incluyendo algunos molósidos y vespertilionidos) presentan un marcado aplanamiento dorsoventral del cráneo, mientras que en las especies que no viven en grietas el cráneo se presenta redondeado u ovalado; algunas de las especies que presentan el cráneo extremadamente aplanado, significando una gran especialización, son *Platymops setiger*, *P. petrophilus* y *Neoplatymops mattogrossensis* (molósidos que habitan en grietas de rocas), *Tylonycteris pachypus* y *T. robustula* (habitan en pequeñas cavidades entre los nodos de las cañas de bambú) (Kunz 1982) y *Myotis planiceps* (Ver Anexo 3) (Matson 1975).

Toda la información que conocemos sobre la ecología de refugios de los murciélagos se ha dado gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, particularmente la que implica avances en radio transmisores, ya que la telemetría se utiliza como herramienta en dichos estudios, con principal auge en países como Estados Unidos y Canadá y, cuyo resultado ha encontrado aplicación directa en la conservación de comunidades o poblaciones de murciélagos. Por ejemplo, gracias al conocimiento de las características de los sitios de percha de las especies que habitan en bosques templados, se han podido implementar mejoras en la planeación del manejo forestal para evitar talar árboles con las características seleccionadas por los murciélagos (Ormsbee y McComb 1998, Boonman 2000, Menzel *et al.* 2002, Jung *et al.* 2004, Elmore *et al.* 2004).

En miembros de la familia Vespertilionidae y, en general de los murciélagos insectívoros que son voladores de altura y por ello difíciles de capturar en campo, esta herramienta ha permitido hacer relativamente comunes los estudios de identificación y caracterización de refugios, sobre todo para especies en peligro de extinción, ya que la radio telemetría es una herramienta que puede generar además de la localización de los refugios diurnos, datos cuantitativos del hábitat de forrajeo utilizado por los murciélagos. Sin embargo, los esfuerzos con este método pueden ser obstaculizados por la corta longevidad y la baja señal de los radio transmisores utilizados para murciélagos (Ford *et al.* 2005).

3.4. *Myotis* Neárticos

3.4.1 Historias de vida

Contrario a lo esperado por su bajo peso corporal (la mayoría pesan menos de 100g), los murciélagos son una excepción a la teoría de historias de vida, pues tienen sólo una cría por año, se desarrollan lentamente y presentan periodos de vida bastante largos, algunas especies alcanzando más de 30 años (Barclay *et al.* 2004). Muy probablemente esta estrategia se ve acentuada por sus hábitos nocturnos y capacidad de vuelo, factores que propician una baja diversidad de depredadores asociados, resultando en una baja tasa de mortalidad (Barclay y Harder 2003).

La edad a la que alcanzan la madurez varía según el tamaño de la hembra y la familia a la que pertenezca, sin importar el tipo de dieta que presente, ni la localización geográfica (climas templados o tropicales). El número total de crías producidas por una hembra también varía, así como el número de camadas que pueden tener por año, sin embargo existe una clara tendencia a que las especies tropicales produzcan más crías por año que las especies de climas templados (Barclay y Harder 2003).

Los miembros de la familia Vespertilionidae, quienes representan cerca de la tercera parte de todas las especies de murciélagos y que tienen el mayor rango geográfico de distribución que cualquier otra familia, en general maduran más rápidamente que el

resto de las familias, tienen períodos de gestación bastante cortos (debido a los cortos periodos que tienen para que la cría se desarrolle, sea destetada y que tanto la cría como la madre acumulen reservas de grasa para pasar el invierno) y, presentan mayor número de crías por año. Aunque por lo general, la mayoría de las especies tienen una sola cría por camada, algunas especies de esta familia pueden presentar camadas de 2 y hasta 4 crías (Barclay y Harder 2003).

Dentro de esta familia las especies que tienen camadas de una sola cría presentan tasas reproductivas menores que aquellas especies que tienen camadas más grandes. Sin embargo, aquellas especies con tasas de reproducción mayores suelen tener una menor longevidad (Barclay *et al.* 2004).

3.4.2 Estrategias invernales

Los inviernos en las zonas templadas se caracterizan por presentar temperaturas frías y poca disponibilidad de alimento. Esta combinación es una dificultad excesiva para un organismo endotermo, debido a que temperaturas frías exigen un incremento en la tasa de producción de calor y por consiguiente, un incremento en la tasa de consumo de alimento. Sin embargo, durante esta temporada solo una pequeña cantidad de alimentos utilizados por los murciélagos se encuentran disponibles, por lo que existen solo dos alternativas para sobrevivir a dichas condiciones: si los murciélagos de zonas templadas conservan su endotermia deben migrar a climas cálidos, o bien, si permanecen en ambientes templados deben entrar en torpor por largos períodos, es decir, hibernar (McNab 1982).

Hibernación es la condición en la cual los animales pasan gran parte o la totalidad del invierno en un estado fisiológico inactivo (torpor), que en los endodermos es caracterizado por la caída de la temperatura hasta niveles ambientales, siempre y cuando la temperatura no alcance la temperatura de congelamiento. Este estado reduce enormemente el gasto de energía y es usado debido a que es imposible sostener el estado activo debido a las limitantes de disponibilidad de alimento. La duración de los periodos de torpor varían según la temperatura ambiental, el tamaño corporal y la especie. A

temperaturas más bajas y menor tamaño corporal, los periodos de torpor son mas profundos (McNab 1982).

La migración es un movimiento estacional que involucra el movimiento de los individuos entre dos localidades espacialmente distanciadas, yendo usualmente de un sitio o hábitat a otro con la finalidad de evitar las condiciones climáticas desfavorables y/o buscar condiciones energéticas más favorables, por lo que es más común que las especies de climas templados migren, que aquellas de climas tropicales. Dichos movimientos a menudo envuelven ajustes fisiológicos significativos, por ejemplo, la acumulación de grandes cantidades de grasa (Fleming y Eby 2003).

A pesar de que las migraciones representan un alto costo en tiempo y energía, e incluso representan un alto riesgo de mortalidad durante el viaje (debido a poca disponibilidad de alimento, inclemencias del clima y depredadores), el beneficio final sobrepasa los costos, ya que éstos incluyen un mayor acceso al alimento y condiciones ambientales fisiológicamente favorables (Fleming y Eby 2003).

Las migraciones además tienen varias implicaciones en las estrategias de historias de vida de los murciélagos, como son los efectos en la fecundidad (donde por ejemplo, las hembras tienden a migrar más, debido a los requerimientos térmicos y de alimento para la gestación y mantenimiento de las crías), en la sobrevivencia, así como en la evolución de los sistemas de apareamiento (ya que favorecen la estrategia de promiscuidad en sistemas polígamos, ocurriendo la cópula poco antes o durante del periodo de hibernación; el retraso de la ovulación y almacenamiento del espermatozoides, etc.) (Fleming y Eby 2003).

Los Vespertiliónidos y, en particular los Myotinos, se caracterizan por ser migrantes de distancias cortas ya que típicamente se mueven distancias moderadas (100 a 500 km) entre sus refugios de verano y los de invierno (Fleming y Eby 2003).

Durante la migración los murciélagos pueden presentar la conducta de *swarming* que involucra la convivencia de grandes números de murciélagos, en algunas ocasiones formando grupos de un solo sexo, aunque también puede haber grupos mezclados de diferentes sexos y hasta de diferentes especies. Para aquellas especies que hibernan en agrupaciones de machos y hembras, este comportamiento puede ser el preludeo a la temporada de apareamiento que ocurre durante el invierno (Fleming y Eby 2003).

Esta conducta de migración en grupo ofrece muchas ventajas para los murciélagos, incluyendo la reducción del riesgo de depredación *per capita*, incrementa la facilidad con que las crías aprenden las rutas migratorias o los sitios que sirven como paradas temporales (*stopover sites*), además incrementa la probabilidad de que ambos sexos se encuentren para el período de cópula y proporciona ventajas por las implicaciones fisiológicas de perchar en grupo (ventajas térmicas que benefician la gestación y la crianza) (Barclay y Harder 2003). Sin embargo, cuando el clima al principio de la temporada es desfavorable (primaveras frías y húmedas), con abundancia baja de insectos y sus propias reservas de grasa muy reducidas, las hembras de algunas especies retrasan el parto dependiendo de las condiciones (Barclay *et al.* 2004).

Las especies de *Myotis* que se distribuyen en el norte de México, donde habita el murciélago de cabeza plana, se caracterizan por presentar patrones similares de reproducción y de migración/hibernación así como un ciclo anual bastante similar. Por ejemplo, *Myotis thysanodes*, *Myotis californicus* y *Myotis velifer*, son murciélagos insectívoros, que habitan en cuevas. En estas especies de climas templados, la espermatogénesis y la cópula se dan después de la temporada de maternidad, a principios del otoño en los meses de septiembre y octubre, aunque se cree que durante el invierno pueden repetirse los periodos de cópula. Sin embargo, el esperma se almacena en el útero hasta la ovulación, la fertilización y la implantación que ocurren en primavera, entre los meses de abril y mayo. La gestación dura alrededor de 60 días, por lo que los partos se dan a finales de junio y principios de julio, presentando una cría por camada como regla y formando colonias de maternidad, generalmente en cuevas o en edificios. El periodo de lactancia se da durante julio abarcando cerca de 20 días, periodo tras el cual las crías

alcanzan el tamaño de los adultos. Posteriormente acumulan grasa durante agosto y principios de septiembre para migrar en septiembre y entrar en los refugios de invierno (Hibernácula) a finales de septiembre y principios de octubre. Dichos refugios de invierno suelen ser cuevas donde seleccionan sitios con bastante humedad y con temperaturas estables a lo largo de todo el invierno (O'Farrell y Studier 1980, Fitch *et al.* 1981, McNab 1982, Simpson 1993). Para *M. velifer* en México, sabemos que migra a cuevas en elevaciones mayores para hibernar (Fitch *et al.* 1981).

Al igual que la mayoría de los murciélagos insectívoros, los *Myotis* de zonas templadas del norte de México presentan periodos bimodales de actividad nocturna, el primero posterior al atardecer y el segundo unas horas antes del amanecer. En general son especies de vuelo lento y muy maniobrable, consumiendo principalmente insectos de los ordenes Coleoptera, Diptera y Lepidoptera (O'Farrell y Studier 1980, Fitch *et al.* 1981, Simpson 1993)

3.5. *Myotis planiceps*

El murciélago de cabeza plana, *Myotis planiceps* Baker, 1955, es una especie microendémica cuya distribución se encuentra restringida a la región donde convergen los estados de Coahuila, Nuevo León y Zacatecas, en un área que se encuentra entre los 95 y 465 km² (evaluada en 2008; www.iucnredlist.org/ 2010). Habita en bosques boreales intermontanos (Coníferas y *Quercus*) de más de 2000 msnm en la Sierra Madre Oriental (Matson, 1975). Es una especie insectívora que se alimenta principalmente de lepidópteros, coleópteros y dípteros de las familias Therevidae y Tachinidae (Jiménez-Guzmán 1968).

Se trata de una de las especies de murciélago más pequeñas de México, ya que tiene una longitud total promedio de 80.6mm (Arroyo-Cabrales *et al.* 2005), mientras que la longitud del antebrazo (AB) va de 26.5mm (Matson 1975) a 27.9 mm (Arroyo-Cabrales *et al.* 2005) y pesa en promedio 3.57g (Arroyo-Cabrales *et al.* 2005). Su característica principal y a lo que debe su nombre, es la presencia de un cráneo

sumamente aplanado dorsoventralmente, lo cual lo distingue del resto de las especies del género *Myotis* (Baker 1955) y el cual se pensaba era una adaptación para vivir en grietas (Matson 1975).

Históricamente se conocían únicamente tres registros de esta especie. En 1952 fue descubierta y posteriormente descrita por Baker (1955) de un ejemplar (macho) que volaba sobre un tanque de agua y al que le disparó Albert Alcorn, en un valle rodeado de montañas boscosas a una altitud de 2195 msnm, cerca del ejido de Bella Unión en el estado de Coahuila. El segundo registro se dio el 16 de septiembre de 1966 en el Cerro Potosí, Nuevo León, por el Dr. Jean Mathieu, quien se encontraba colectando insectos a 2800 msnm en dicha montaña y, quien refirió haberlo colectado fácilmente con la mano, ya que el ejemplar se encontraba debajo de la corteza de un árbol del género *Pseudotsuga* a 1.20 m de altura; se trataba de un macho con testículos escrotados (Jiménez-Guzmán 1968). A su vez el tercer registro fue realizado por P. L. Clifton quien en 1970 pudo capturar una hembra en una red colocada sobre un arroyo seco en la localidad de La Laja, Zacatecas y fue publicada posteriormente por Matson y Patten (1975). Contando con estos tres únicos registros esta especie tiene una de las áreas de distribución más pequeñas de los murciélagos de México (www.iucnredlist.org/, Ceballos y Oliva 2005).

En los siguientes años no hubo ningún registro para este murciélago, por lo que en 1996 fue listada como extinta en la lista roja de especies en peligro de la IUCN (Baillie y Groombridge 1996); sin embargo no se habían realizado búsquedas de esta especie ni estudios para determinar su estado de conservación. Posteriormente Arita y Ortega (1998) propusieron el cambio de esta especie al estatus de Críticamente Amenazada. Por su parte, McPhee y Fleming (1999) hicieron notar que era necesario conocer la eficiencia de los esfuerzos por colectar a las especies raras antes de declararlas extintas, por lo que dichos autores catalogaban a *M. planiceps* no como una especie extinta, sino mas bien como una especie extremadamente rara en la naturaleza. Por ello, en el año 2000 el grupo de Especialistas de Quirópteros (C.S.G. 2000) de la UICN, reevaluó su estatus catalogándolo como “Críticamente Amenazada”.

Fue hasta junio del 2004, 34 años después de su último avistamiento y después de varios intentos por encontrarlos, que un equipo del PCMM (Programa para la Conservación de los Murciélagos de México) y con la colaboración del personal del Museo del Desierto (Saltillo, Coahuila) encontraron ocho individuos de esta especie en un área cercana a la localidad tipo, cerca de la Sierra de Arteaga en el estado de Coahuila (Arroyo-Cabrales *et al.* 2005). Al siguiente año, el mismo equipo de trabajo dirigido por el Dr. Arroyo encontró dos hembras, a las que se les colocaron radio transmisores y fueron seguidas hasta encontrar su refugio bajo las hojas secas que colgaban plegadas contra el tronco de una yuca o palma samandoca (*Yucca carnerosana*). En una especie de “falda” formada por las hojas secas es donde se localizaba una colonia de maternidad con aproximadamente 100 hembras y sus respectivas crías (Arroyo-Cabrales *et al.* 2005).

En la actualidad se encuentra listada como en “Peligro de extinción” por la IUCN (Arroyo-Cabrales *et al.* 2008) y en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001) se encuentra también catalogada como en “Peligro de extinción”.

4. OBJETIVOS

Objetivo General:

- Caracterizar los refugios utilizados por el murciélago de cabeza plana, *Myotis planiceps* (Chiroptera, Vespertilionidae), durante el verano.

Objetivos particulares:

- Identificar y caracterizar el hábitat y los refugios que utiliza *M. planiceps* durante el verano.
- Identificar el patrón estacional del estado reproductivo del murciélago de cabeza plana.
- Plantear las bases para la conservación del hábitat que utiliza durante el verano el murciélago de cabeza plana.

5. HIPÓTESIS

La probabilidad de que una yuca sea seleccionada como refugio estará asociada a las características de la misma y de la vegetación que la rodea, comparado con lo que se encuentra disponible en las yucas seleccionadas al azar.

6. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

6.1. “Los Pinos”, Coahuila.

La localidad de “Los Pinos” se localiza en el extremo sureste del estado de Coahuila, dentro del municipio de Arteaga (Villarreal 2001), en las coordenadas 25° 20' 15.95" N, 100° 47' 30.59" O, a 2103 msnm (Fig. 1). De acuerdo con García (1973), el clima varía entre los BSw y BSs, que son los climas secos esteparios y desérticos, en la mayor parte del estado y el Cw o clima templado en las partes altas de la sierra. El INEGI (2010a),

clasifica la zona de “Los Pinos” como semiseco templado y templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año, con una temperatura media de 17.5°C. y precipitación promedio de 400 mm. La precipitación en todo el estado es escasa, entre 200 y 300 mm; la humedad atmosférica es baja y la evaporación elevada y el clima es extremoso, con veranos calurosos e inviernos fríos (Villarreal 2001). La vegetación está definida por el INEGI (2010a) como bosque templado y agricultura de temporal.

6.1.1. Problemática de conservación en el sitio.

Las principales problemáticas del área de distribución del murciélago de cabeza plana, se deben a que su hábitat se localiza en las pocas zonas boscosas cercanas a las ciudades de Saltillo y de Monterrey, por lo que sirven como zonas de esparcimiento y recreación, donde la gente suele ir de paseo o bien donde construyen cabañas para vacacionar. Así mismo, las áreas protegidas que circundan nuestra zona de estudio, como son la Sierra de Arteaga y la Sierra de Zapalinamé presentan la problemática del cambio de uso de suelo y los incendios forestales.

La directora del Área Prioritaria de Conservación Sierra de Arteaga, Eglantina Canales Gutiérrez, indicó en una entrevista para el periódico “El Heraldo de Saltillo” (Cardona 2010) que los siete problemas principales del área son, en primer lugar el cambio de uso de suelo debido principalmente a la construcción de fraccionamientos campestres, que afectan no sólo con la construcción de las viviendas sino también con las perforaciones de pozos, tiraderos de basura, así como desmontes de parches de bosques que antes servían como corredores de fauna. El segundo problema son los incendios forestales, por ejemplo el ocurrido en junio de 2006, mayo del 2008 y el último caso reportado para la zona fue en mayo del 2010 (CONAFOR-Coahuila 2010). El tercer problema es la sobreexplotación de agua, ya que se cortan los escurrimientos naturales para consumo humano. El cuarto problema son las actividades recreativas, ya que en la zona se ubican centros turísticos donde los paseantes dejan mucha basura que puede resultar en el aumento de la fauna nociva. En quinto lugar se encuentran las plagas y enfermedades propias de los bosques, como son los escarabajos descortezadores, el

muérdago y el heno motita. Y, como últimos factores perjudiciales, se encuentran la agricultura y la ganadería.

En la Escuela Técnica en servicios de Hospitalidad “El Pinar”, al ser un terreno privado, que basa sus actividades en proveer a sus huéspedes un paisaje natural, no hace un cambio de uso de suelo en la mayor parte del área. Por otro lado, los terrenos bajos cercanos al sitio de captura, son utilizados principalmente como áreas de cultivo de papa y huertos de frutales; mientras que las zonas altas donde el bosque de pino está mejor representado, el uso principal es el establecimiento de fraccionamientos campestres, los cuales se encuentran casi abandonados debido a la falta de servicios. Por lo anterior, podemos decir que actualmente el hábitat del murciélago de cabeza plana en esta localidad se encuentra en un estado moderado de conservación.

6.2. “La Laja”, Zacatecas.

La localidad de “La Laja” (Fig. 1) se localiza en el extremo noreste del estado de Zacatecas en el municipio de Mazapil, en las coordenadas 23° 33’ 52.34” N, 101° 26’ 24.43” O, a una altitud de 2300 msnm. La temperatura promedio para el Municipio de Concepción del Oro, municipio que colinda con Mazapil y se encuentra a muy poca distancia de “La Laja” (6 Km al Sur de Concepción del Oro), es de 16.7°C; la precipitación promedio anual es de 450 mm. El clima está considerado como seco templado y semi-seco templado. La región se caracteriza por presentar vegetación de tipo pastizal y bosque templado (INEGI 2010b).

6.2.1. Problemática de conservación en el sitio.

El área de la “Laja” se ha caracterizado por tener una gran actividad minera desde hace muchos años, al igual que todo el estado de Zacatecas que desde 1550 se incorporó a dicha actividad y se ha mantenido como la actividad principal de dicho estado. Recientemente la Dirección General de Minas (2010) autorizó la concesión de siete lotes mineros en los municipios donde se localiza nuestra zona de estudio, en Mazapil y

Concepción del Oro. En conjunto, estos lotes tienen una extensión mayor a 850 has y la concesión para la extracción tiene vigencia por 50 años (hasta septiembre del año 2060).

En el año 2008, la C.F.E. instaló torres de alta tensión en el sitio de estudio, desmontando parte de la vegetación para la construcción de dichas torres y para los caminos necesarios para transportar el material. La comunidad de “La Laja” cuenta aproximadamente con menos de 100 habitantes, cuyas actividades productivas se realizan en los pueblos de Mazapil y Concepción del Oro, donde hay mayores ofertas laborales. Dentro de la comunidad, sólo se realizan actividades de bajo impacto ambiental, tales como la cría de cabras y vacas, para consumo personal, así como la raspa de magueyes para elaborar pulque. Por ello, podemos considerar que el sitio de estudio se encuentra afectado principalmente por agentes externos a la comunidad, lo cual lo ha mantenido en buen estado de conservación, pues a pesar de la cercanía con la comunidad y de las actividades de la misma, éstas no han impactado demasiado el área

6.3. Bosque de Pino Piñonero

De acuerdo con Leopold (1950), los bosques boreales en México se encuentran confinados a los picos de las montañas más altas que cruzan el país, entre los paralelos 18° y 20°, en el Eje Neovolcánico Transversal y en algunas montañas dispersas en las cordilleras de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental. En la cima de los volcanes y montañas más altas existen también los llamados “prados alpinos”, pero en áreas tan pequeñas que se describen como parte del bosque boreal. La descripción del bosque Boreal comprende varias asociaciones de vegetación, tales como el bosque de pino, bosque de abetos (*Abies*) y bosque de pino-abetos-alisos (*Alnus*). Sin embargo, esta clasificación se encuentra ya en desuso. Actualmente, para ambas zonas de estudio, la vegetación forma parte del ecotono entre el bosque templado y el pastizal, dicha vegetación pertenece a la comunidad vegetal definida por Rzedowski (2006) como bosque de pino piñonero.

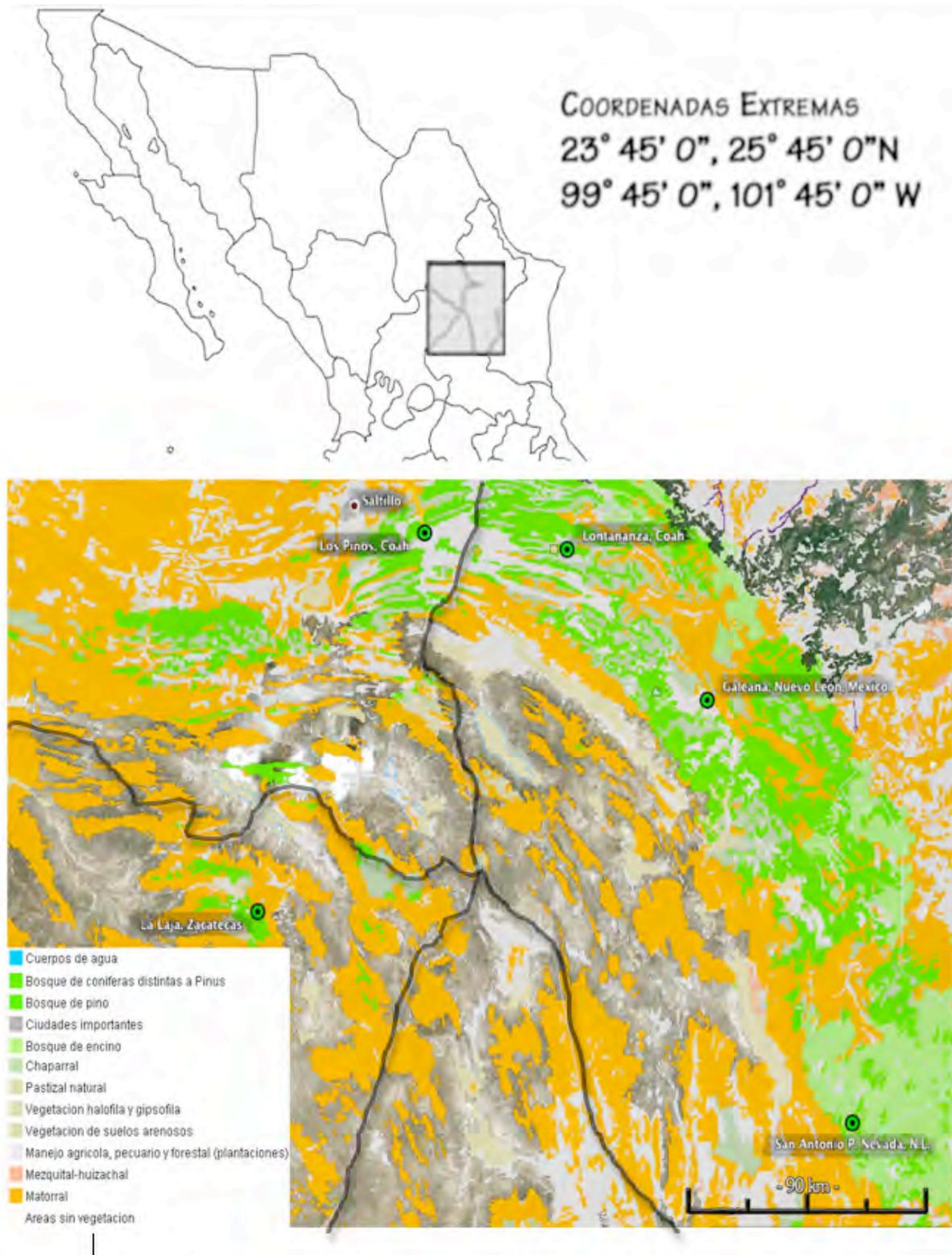


Fig 1. Localización del área de estudio de *Myotis planiceps* en los estados de Coahuila, Zacatecas y Nuevo León. Se muestra también el mapa de vegetación modificado por la CONABIO en 1999. Las principales localidades de *M. planiceps*, se encuentran en los bosques de coníferas, de encino y de pino.

Según el inventario Nacional Forestal de la CONAFOR (2000), en México existen 49 especies del género *Pinus*, mientras que el Instituto Nacional de Ecología (INE 2000) reporta 71 especies para México, lo que representa el 48% de las especies de pino conocidas en el mundo, colocando de esta forma a México como el primer lugar en cuanto a riqueza de pinos se refiere.

Los pinares son comunidades vegetales muy características del país ocupando grandes territorios. A menudo se presentan en forma de bosques mixtos, dificultando su cartografía precisa. Se distribuyen en casi todos los macizos montañosos, en la Sierra Madre Oriental se distribuyen de forma más dispersa. Representan el 5% del territorio nacional. El clima en el que predomina el bosque de pino corresponde al tipo CW de la clasificación de Köeppen (1936) que en promedio es de 10 a 20°C. Suelen localizarse en suelos ácidos con un pH de entre 5 y 7 (Rzedowski 2006).

Los bosques de pino piñonero generalmente viven en colindancia con pastizales, matorrales xerófilos o encinares arbustivos formando grandes ecotonos con estas comunidades vegetales. De los pinos piñoneros, *Pinus cembroides* es la especie de más amplia distribución en México, extendiéndose casi por todo el norte y el centro del país (Rzedowski 2006). Regularmente ocupa la zona de transición entre la vegetación xerófila de climas áridos y la boscosa de las montañas más húmedas. Sus límites altitudinales comprenden desde los 1500 hasta los 3000 msnm, la precipitación va de los 350 a los 700 mm. En general, es un bosque bajo y abierto y los individuos de *Juniperus* y de *Quercus* llegan a ser abundantes, también destacan como elementos fisonómicamente llamativos plantas de los géneros *Agave*, *Yucca* y *Dasyllirion* (Rzedowski 2006).

Los bosques de pino son de suma importancia para las especies que en él habitan, como es el caso del murciélago de cabeza plana, pero además, cabe resaltar la gran riqueza forestal que estos bosques representan para México, ya que los pinares constituyen un recurso de primera importancia por la demanda de su madera, por la facilidad de su explotación, por la rapidez del crecimiento de muchas de sus especies y por su amplia distribución. La madera de pino se utiliza para la construcción, ebanistería,

como leña y como materia prima para la fabricación de papel y celulosa. Además se lleva a cabo el aprovechamiento de la resina para la fabricación de brea y aguarrás y, en el caso de los pinos piñoneros, principalmente *P. cembroides*, se aprovecha la semilla ya que es una especie de talla pequeña como para utilizar su madera. (Rzedowski 2006).

La explotación forestal inadecuada, la tala clandestina y los desmontes para fines de ampliación de zonas agrícolas, ganaderas y urbanización, son factores que reducen la superficie de los bosques. Sin embargo, el pastoreo y el uso tradicional del fuego para el manejo de los pastos son los factores que ejercen mayor influencia sobre los pinares en México, ya que cerca del 80% de la superficie de pinares es sometida a incendios periódicos (Rzedowski 2006).

Los bosques generan ingresos financieros por aprovechamiento y una amplia gama de servicios biológicos, sociales y medioambientales, entre los que se encuentran el secuestro y almacenamiento de carbono para la mitigación del cambio climático, la regulación de la erosión, del ciclo hidrológico, del clima, de la respuesta de los ecosistemas a eventos externos, el mantenimiento de la biodiversidad, la provisión de una amplia gama de recursos para la subsistencia de comunidades rurales e indígenas, así como la protección de patrimonios naturales y culturales, y oportunidades recreativas (Balvanera y Cotler 2009).

De 1979 al 2000, la deforestación significó la pérdida de 545 000 ha anuales de bosques, selvas y matorrales. En el caso particular de los bosques templados, la tasa anual de deforestación fue de 86 718 ha/año (Velázquez *et al.* 2005). En la actualidad en México se pierden cada año entre 127 000 y 167 000 hectáreas de bosques templados para abrir paso a la agricultura y a la ganadería (Balvanera y Cotler, 2009)

6.4. *Yucca carnerosana*

Las yucas son parte de la familia Agavaceae que se localiza únicamente en el Norte y Centro de América (Anexo 1) (Pellmyr 2003). Se trata de plantas perennes, suculentas y

arborescentes, con hojas ascendentes más o menos rígidas, generalmente agrupadas hacia el extremo del tallo, con inflorescencia en panícula, erecta o pendular que presentan flores blancas o crema (Matuda y Piña Lujan 1980, Sheldon 1980).

Yucca carnerosana es una planta generalmente simétrica y simple, aunque puede llegar a ramificarse en raras ocasiones, presenta un tronco grueso y largo, entre 1.5 a 6 m de altura y llegando a alcanzar en algunos casos los 10 m. Florece de marzo a abril y su área de distribución en México comprende los estados de Coahuila, Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas (Anexo 1). Muestra una marcada preferencia por las laderas de pendiente suave o fuerte, con suelos pedregosos, calizos, con altitudes entre 1000 y 2200 msnm; en las partes menos altas puede estar mezclada con *Y. filifera*, formando parte del matorral rosetófilo; mientras que en las mayores elevaciones se le encuentra formando parte del bosque de pino-encino. Se le conoce como Palma Samandoca o Palma Loca (Matuda y Piña Luján 1980).

Todas las especies de este género son plantas xerófitas; la mayoría se localiza en las zonas áridas y semiáridas (clima BS y BW de Köppen modificado por García 1973) en Estados Unidos y México, formando parte generalmente de lo que se conoce como “matorral rosetófilo” o “izotal”; sin embargo su distribución abarca desde la frontera de Estados Unidos con Canadá hasta Centroamérica, las Islas Bermudas y las Antillas (Matuda y Piña Luján 1980). Debido a su distribución, Rzedowski (2006) cree que la Altiplanicie Mexicana fue el centro de dispersión de este género.

A pesar de la gran cantidad de semillas que se forman y, de los altos porcentajes de germinación y viabilidad que presentan estas plantas, el número de individuos que alcanzan el estado adulto es muy bajo. Probablemente se deba a la escasez o irregularidad de las lluvias, a la depredación de plántulas por roedores y en México, por el efecto del pastoreo. Generalmente sólo sobreviven aquellas plántulas que germinan al abrigo de otras plantas (nodricismo) (Matuda y Piña Luján 1980).

Todas las especies del género son entomófilas y su polinización solo es posible mediante la intervención de las denominadas *yucca moth* o palomillas de la yuca (*Tegeticula* sp. Prodoxidae, Lepidoptera), que están tan especializadas en la polinización de estas plantas que se ha desarrollado uno de los casos más claros de coevolución entre ambos géneros, presentando un mutualismo obligado entre ellos. La planta necesita a la polilla para su polinización y la palomilla necesita a la planta para que sus larvas se desarrollen dentro de los frutos (Matuda y Piña Lujan 1980, Pellmyr 2003).

Las yucas son unas de las plantas suculentas más representativas de la flora de México, llegando en algunas zonas a ser especies dominantes, por lo que siempre han tenido gran importancia en las culturas indígenas de Norteamérica, hace cerca de dos mil años, donde eran utilizadas para fabricar cuerdas, sandalias, ropa, redes y bolsas (Matuda y Piña Luján 1980, Sheldon 1980). En la actualidad aún se utilizan las fibras de la yuca para la elaboración de estos productos y muchas familias de escasos recursos incluso dependen de la producción de dicha fibra. Aunque la producción de “ixtle de palma” como se le llama a esta fibra, ha sufrido una gran disminución en los últimos 30 años, debido al auge de las fibras sintéticas (Matuda y Piña Luján 1980); sin embargo fue tan importante el uso local y el comercio de esta fibra, que a toda el área de distribución de esta palma se le conocía como la “Zona Ixtlera” (Sheldon 1980), alcanzando una producción en 1964 de hasta 6000 toneladas al año. La disminución del uso de estas fibras se manifiesta claramente en 1976, año en que la producción se redujo a sólo 1050 toneladas, que representaban casi 3 millones de pesos en esa época, cantidad nada despreciable, considerando la pobreza de la zona productora (Matuda y Piña Luján 1980).

Otros usos que se le han dado a la palma samandoca son la construcción de paredes de las habitaciones, corrales para el ganado y como cercas vivas que, al crecer, se vuelven impenetrables. Las raíces de algunas especies se utilizan como jabón, llamado “amole”, los frutos y flores son comestibles para el hombre y para el ganado y, también se emplean como plantas ornamentales. Las especies de mayor talla pueden utilizarse en la producción de pastas celulósicas para la fabricación de papel, actividad muy viable gracias a la alta supervivencia de las plantas dentro de viveros. En Estados Unidos se ha

intentado utilizar las yucas para fabricar paneles aislantes contra el ruido y el clima; en ese país también se ha intentado usar los frutos para la obtención de sapogenina, sustancia utilizable en la manufactura de esteroides para la industria farmacéutica; sin embargo cabe mencionar que las especies que se distribuyen en su territorio son pobres en la producción de esta sustancia ya que producen pocos frutos (Matuda y Piña Luján 1980). En México contamos con especies cuya producción de frutos es mucho mayor y la extracción de sapogenina sería también muy alta, además de que se podría aprovechar todo el fruto, 8% de sapogenina, 12% de aceite para consumo humano y de 20 a 30% de material proteínico (Romo 1975).

No obstante la amplia gama de usos de las yucas, la situación actual es que por falta de conocimiento o por el uso de nuevos productos, las áreas cubiertas por estas plantas rinden ínfimos beneficios económicos a los residentes, por lo que cada vez es más común el desmonte de estos terrenos para el establecimiento de poblaciones humanas o labores agropecuarias de resultados dudosos (Matuda y Piña Luján 1980).

6.5. Desierto Chihuahuense

El Desierto Chihuahuense es el desierto más grande de Norteamérica, ya que tiene una extensión estimada de 507 000 Km². Sus límites son la Sierra Madre Oriental al Este y al Oeste la Sierra Madre Occidental, al Sur abarca desde el Noroeste del estado de Hidalgo y el sur de San Luis Potosí, mientras que al Norte abarca una porción de Arizona hasta el Río Bravo y la cuenca del Río Pecos en Nuevo México y Texas en Estados Unidos (Hernández y Gómez-Hinojosa 2005).

Comprende una región muy heterogénea que abarca grandes ecotonos y áreas no desérticas esparcidas dentro de él, las cuales se distribuyen principalmente en las montañas. Asimismo, debido a las cuencas de los ríos Pecos y Bravo se forman grandes extensiones de vegetación riparia dentro del desierto. Sin embargo, dichas regiones mantienen una clara influencia del desierto circundante, razón por la que se le ha descrito como una sola unidad biogeográfica y por lo que se produce una gran variedad de hábitats que no se presentan en otros desiertos (Hernández y Gómez-Hinojosa 2005).

Se caracteriza por presentar asociaciones de plantas de gobernadora (*Larrea*), gobernadora-*Yucca*, Agave lechuguilla-*Hechtia* y mezquites (*Prosopis*). El clima y las similitudes botánicas en toda la zona sugieren un origen evolutivo común, por lo cual el Desierto Chihuahuense representa un sitio muy adecuado para el estudio de muchos taxa, particularmente de aquellos cuya distribución no se restringe exclusivamente al desierto sino también a las zonas de ecotono en las montañas. Se cree que la existencia de aquellos taxa endémicos a las áreas montañosas dispersas se debe a un largo periodo de aislamiento (Hernández y Gómez-Hinojosa 2005), este podría ser el caso del murciélago de cabeza plana, ya que las localidades donde se distribuye se encuentran restringidas a los bosques en algunas montañas que forman parte del Desierto Chihuahuense.

7. METODOLOGÍA

7.1. Captura de murciélagos.

Para realizar la captura de *Myotis planiceps*, se colocaron redes de nylon (mist-nets) sobre cuerpos de agua. Sin embargo, al tratarse de localidades que se caracterizan por ser bastante áridas, es difícil encontrar cuerpos de agua naturales como ríos o lagunas y los únicos cuerpos de agua son aquellas presas y pozas construidas en los ranchos para abastecerse de agua y para el riego de las tierras de cultivo.

Por ello realizamos una salida prospectiva en la que buscamos las localidades más aptas para la captura de *M. planiceps*. Nuestras primeras opciones fueron las localidades históricas en los tres estados de su distribución, “Los Pinos” en Coahuila, “La Laja” en Zacatecas y el “Cerro Potosí” en Nuevo León. En esta última localidad no tuvimos éxito capturando a este murciélago, por lo que buscamos en los alrededores, dentro del municipio de Galeana, en el poblado San José de la Joya y en San Antonio Peña Nevada del municipio vecino de Dr. Arroyo, Nuevo León.

Se colocaron redes en tiros de minas abandonadas, en grietas, cuevas y entre la vegetación, sin mucho éxito. Finalmente se hicieron distintos arreglos con las redes, para atravesar los cuerpos de agua, con el fin de cubrir la mayor área posible y ver de qué manera se obtenían más capturas de murciélagos, colocándolas siempre con la ayuda de una lancha inflable.

7.1.1 “Los Pinos”, Coahuila.

Durante el período comprendido entre marzo de 2006 hasta agosto de 2008 se realizaron capturas de murciélagos, con el objetivo principal de capturar al murciélago de cabeza plana. Una hora antes de la puesta de sol se colocaron dos redes de niebla unidas, de doce

metros de largo, sobre la poza que se localiza en el terreno de la Escuela Técnica en servicios de Hospitalidad “El Pinar”, la disposición de las mismas se muestra en la Fig. 2.

Utilizamos la misma metodología para la poza del rancho “El Cristal”, localizada hacia el norte, a menos de 1 km de la poza de la escuela de hospitalidad. Sin embargo, nos referiremos a la localidad como la misma debido a la cercanía que hay entre estos dos puntos.

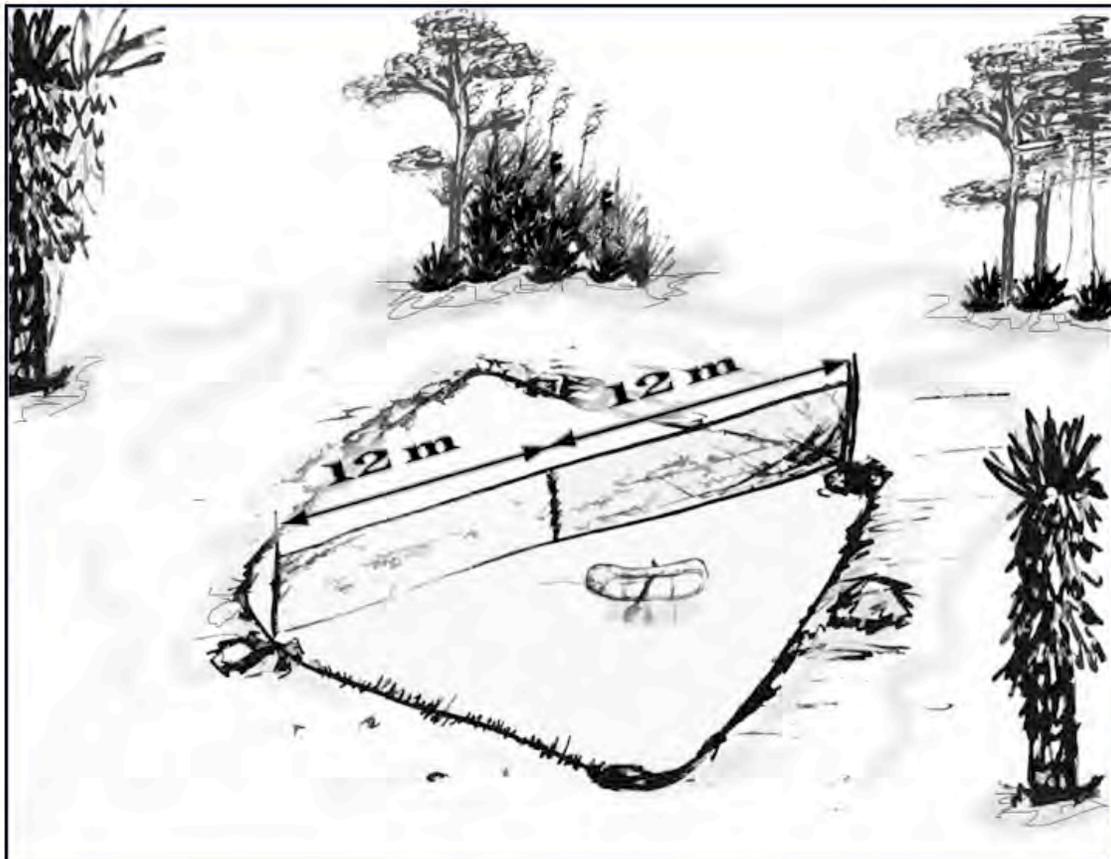


Fig. 2. Arreglo de las redes de niebla para capturar murciélagos en la localidad “Los Pinos”, Coahuila

7.1.2 “La Laja”, Zacatecas.

La localidad de “La Laja” se encuentra en una región más seca, por lo que los pobladores no se dedican a la agricultura, de modo que no construyen pozas para riego, el agua la obtienen de pozos. En estas circunstancias se seleccionó un pozo amplio (que probablemente permitiera la entrada de murciélagos) en el que se colocó horizontalmente una red de tres metros, cubriendo la boca de éste (Fig. 3, Izq). Otra red de seis metros se colocó sobre el agua estancada en una de las antiguas piletas utilizadas en la vieja mina y que ahora se encuentran abandonadas e inservibles (Fig. 3, Der.)

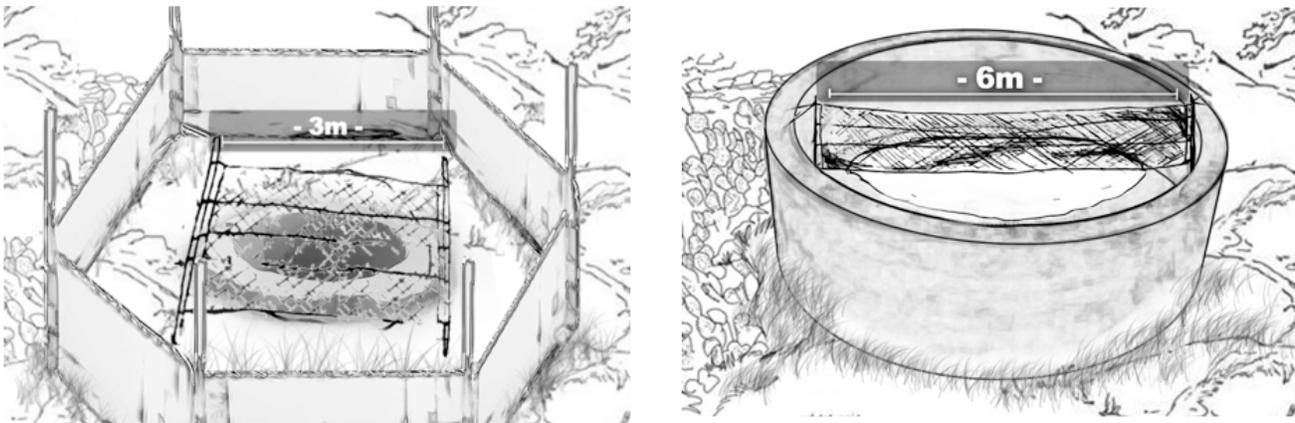


Figura. 3. Muestra la disposición de las redes en la Localidad “La Laja”, Zac , para la captura de *M. planiceps*. Izq. Pozo donde colocamos una red de 3 metros. Der. Pileta de mina donde se encharca el agua, en ese sitio colocamos una red de 6m.

Para ambas localidades las redes se encontraban activas desde el atardecer hasta las 23:00 hrs. (hora en la que cesaba la actividad casi por completo) y fueron revisadas cada 15 minutos.

Una vez capturados, se llevó a cabo la identificación de acuerdo a la guía: Identificación de los murciélagos de México (Medellín *et al.* 1997). Se registró el peso corporal, el largo del antebrazo (AB), la condición reproductiva: activos e inactivos (Kunz y Parsons 1988) y la edad, observando a contraluz las articulaciones de las falanges del ala, para ver el grado de fusión entre epífisis-diáfisis (Anthony 1988). Se denomina como reproductivamente activos a los machos con testículos escrotados y a las hembras que estén preñadas al tacto o, lactando. También se tomaron muestras de tejido de la membrana del ala, que servirán para utilizarse en estudios genéticos posteriores.

7.2. Telemetría

A los individuos de *M. planiceps* capturados se les fijó en el área interescapular un radiotransmisor (modelo LB-N2, Holohil Systems Limited, Ontario, Canadá) utilizando cemento quirúrgico. Las frecuencias (expresadas en Mhz) utilizadas por nuestros transmisores fueron: 164.019, 164.118, 164.218, 164.319, 164.421, 164.518, 164.600, 164.620, 164.640, 164.660, 164.680, 164.700, 164.720. El peso de dicho transmisor es de 0.035g, es decir, cerca del 10% de la masa corporal del murciélago de cabeza plana, aunque algunos autores sugieren que el peso tolerable de los transmisores para aves y mamíferos es de máximo 5% del peso total (White y Garrot 1987, Gursky 1998, RIC 1998, Millsbaugh y Marzluff 2001). Se han realizado estudios que emplean transmisores de más del 5% del peso total del animal, indicando que no hay efectos significativos en la conducta o en la sobrevivencia del sujeto de estudio (Amlaner y MacDonald 1980, Hines y Zwickel 1985, Snyder 1985).

Una vez procesados los individuos de *M. planiceps*, se realizó un “Protocolo de liberación” que consistía en grabar con el *Bat Detector* (modelo D980, Pettersson Elektronik AB, Suecia) las llamadas o sonidos de ecolocación del murciélago en el momento de ser liberado, haciendo un breve seguimiento. Esto se hacía con la finalidad de contar con un registro de audio de los murciélagos de cabeza plana, hasta hoy inexistente.

Una vez liberados los individuos, se radiolocalizaron empleando dos receptores (R-1000 Telemetry Receiver, Communications Specialists Inc., California, EUA) y dos antenas Yagi de tres elementos (RA-165 163-167MHz, Communications Specialists Inc, California, EUA) para localizar los refugios diurnos. Esto se hizo en los siguientes 10 días (vida media de la batería de cada transmisor) con la finalidad de encontrar el mayor número de refugios posible. Después de este período se procedió a recapturar a los individuos para quitarles el transmisor.

7.3. Caracterización de Refugios

7.3.1. Características “Yuca central”

Con el fin de tener puntos de comparación con las Yucas Refugio (aquellas donde se localizó refugiándose a los murciélagos con radio transmisor), se seleccionaron puntos generados al azar en el GPS, ubicando la yuca más cercana a dicho punto; a éstas les llamaremos Yucas al Azar. Tanto las Yucas Refugio como las Yucas al Azar (en adelante todas nombradas como “**Yucas Centrales**”) se caracterizaron de la siguiente manera: se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total y la altura a la que inician y terminan las hojas secas (Fig. 4, izq.). Esta última medida corresponde a lo que llamaremos “**Intervalo de Refugio Potencial**” que es propiamente el sitio donde perchan los murciélagos de cabeza plana (refugio), ya que es el área que abarcan las hojas secas que caen sobre el tronco.

7.3.2. Disponibilidad de Refugios Potenciales

Se tomó la altura y DAP de todas las yucas mayores a 1.5 metros, presentes en un área de 25 m de radio, tomando como referencia a la yuca central, para determinar la densidad de refugios disponibles. A estas yucas localizadas alrededor de la Yuca Central les llamaremos “**Yucas Periféricas**”. Se seleccionaron yucas de esta altura debido a que en ejemplares más jóvenes, las hojas secas que recubren el tronco aún no son suficientes como para brindar refugio a los murciélagos de cabeza plana (obs. pers).

7.3.3. Obstrucción

A partir de la yuca central se trazaron 8 líneas de 5 metros de largo hacia 8 direcciones: N, S, E, O, SO, SE, NO y NE. Al final de cada línea se estableció un punto de muestra para fotografiar la vegetación (Fig. 4, Der. B). Dichas fotografías se tomaron a 2, 3 y 4 metros de altura, en dirección a la yuca central, para estimar los obstáculos que se interponían entre el punto de la foto y la yuca, con esto obtendremos el **“Porcentaje de Obstrucción”**, que es una medida de la accesibilidad en cada lado de la yuca; es decir el lado más accesible para entrar al refugio.

A cada fotografía obtenida con el método antes descrito, se le sobrepuso en el programa PhotoShop (Adobe PhotoShop CS3, versión 10.0), una capa con una cuadrícula dividida en 100; posteriormente, se contó el número de cuadros cubiertos con arbustos o con árboles que se encontraran en primer plano, es decir delante de la yuca central; con esto obteníamos el Porcentaje de Obstrucción. Cada cuadro se consideró como 1% únicamente cuando se encontraba totalmente cubierto por vegetación (árbol o arbusto), para aquellos cuadros que no completaban 1, se sumaban los fragmentos de cobertura de varios cuadros hasta completar 1% (Anexo 5, Obstrucción).

7.3.4. Cobertura vegetal

También trazamos otras 4 líneas de 2.5 metros de largo a los 4 puntos cardinales (N, S, E y O), tomando una fotografía al final de cada línea, subiendo la cámara a 3 metros de altura y colocando la cámara en dirección opuesta a la yuca central, para registrar la vegetación circundante y poder calcular la cobertura (Fig 4, Der. A). Para clasificar la cobertura se tomaron cinco categorías: árboles, arbustos, suelo descubierto, luz y otros (casas, caminos, canchas, etc).

A cada una de estas fotografías se le empalmó en el programa Photoshop (Adobe Photoshop CS3, versión 10.0) una cuadrícula dividida en 100 (10x10) para poder calcular el porcentaje de cada categoría. Una vez calculado el porcentaje de cada categoría,

podimos estimar la cobertura y la estructura de la vegetación que rodea a cada yuca central (Anexo 5, Cobertura).

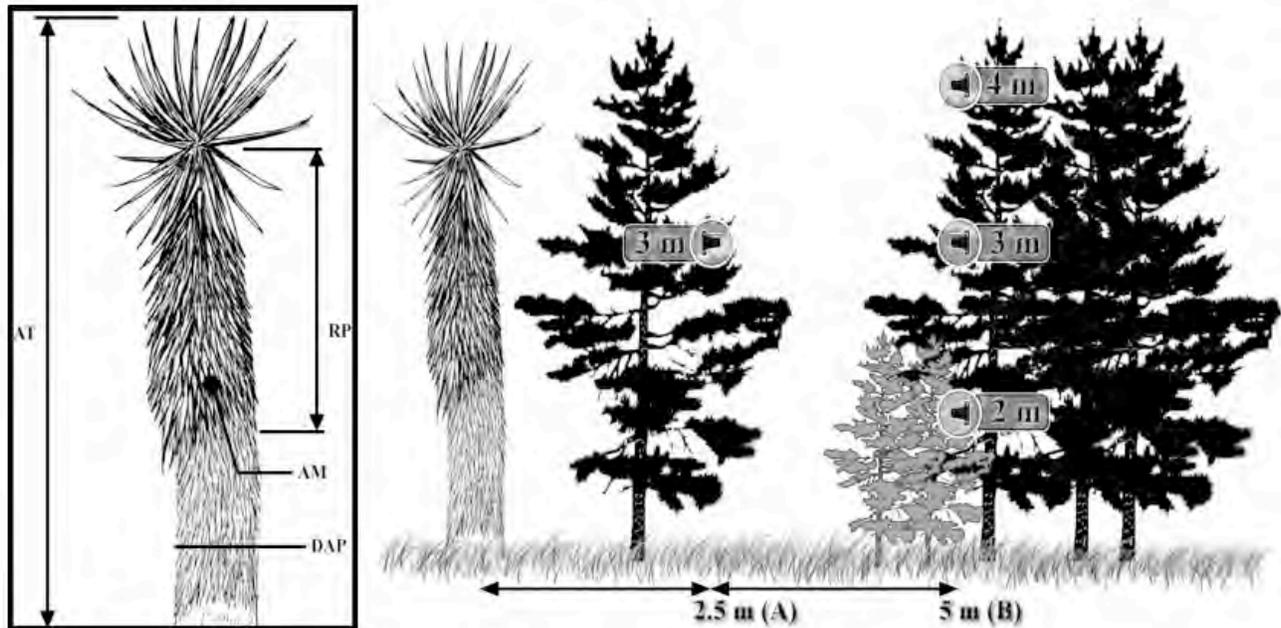


Fig. 4. Izq. Esquema de una yuca que muestra las medidas tomadas a las yucas centrales. AT= Altura Total, DAP= Diámetro a la Altura del Pecho, AM= Altura al murciélago y RP= Intervalo de Refugio Potencial. Der. Muestra gráficamente la distancia a las cuales se tomaron las fotografías a las yucas centrales para estimar la accesibilidad al refugio y el porcentaje de obstrucción (B); para caracterizar la cobertura (A). Las fotografías se tomaron con un lente estándar automático con un ángulo máximo de apertura de 34° Horizontal, 25° Vertical y 38° Diagonal.

7.3.5. Temperatura de los refugios

Se colocaron 32 termómetros (DS1921G, Dallas Thermochron i-Button) en 16 Yucas Centrales; 8 Yucas Refugio y 8 Yucas al Azar. Debajo de las hojas secas que caen sobre el tronco de la yuca (que es el sitio donde se refugian los murciélagos), se colocaron dos termómetros por Yuca Central, uno orientado al Este y el otro al Oeste, en un rango de 3 a 3.5 metros de altura (intervalo de altura a la que encontramos perchados a los primeros *M. planiceps* en las Yucas Refugio).

Los termómetros se programaron para tomar lectura de la temperatura cada cuatro horas y estuvieron activos en campo durante 365 días, para tener el registro de todo el año completo.

7.4. Caracterización de la vegetación / Hábitat

Se colectaron y herborizaron muestras de árboles y arbustos, presentes en las zonas de estudio, las cuales se llevaron a identificar en el MEXU, Herbario Nacional de México, del Instituto de Biología, UNAM; mediante el servicio de obsequio por determinación (<http://www.ibiologia.unam.mx/herbario/personal/personal.html>)

8. RESULTADOS

8.1. Captura de murciélagos

El esfuerzo total de captura fue de 1190 horas-red que comprende 85 días de muestreo en ocho salidas de campo (de hasta 15 días c/u) del periodo que va de marzo de 2006 a agosto de 2008 (3.5 redes/noche, 42 metros/noche, 4 horas/noche), capturando un total de 17 especies en la zona (Anexo 2). Del total de las capturas, 23 ejemplares pertenecían a la especie *Myotis planiceps*, el 86.9% de éstos, se obtuvieron en la localidad de “Los Pinos” (Cuadro 2). Para la localidad de La Laja, obtuvimos únicamente dos ejemplares machos de nuestra especie de estudio, uno en marzo de 2006 (3.2 g y 27.46 mm de AB) y el otro en julio de 2007, (3.5 g y 27.1 mm de AB). Para la localidad de Lontananza, Coahuila se colectó solo un macho en marzo de 2006 (3.3 g y 27.5 mm de AB). En el resto de las localidades (Galeana, San José de la Joya y Peña Nevada; Nuevo León) no se capturó individuo alguno de esta especie. El promedio de peso corporal de los 23 individuos capturados es de 4.32 ± 0.14 E.E. (en adelante todas las medias presentadas se escribirán \pm el valor del Error Estándar) y la longitud de AB es de 27.98 ± 0.16 E.E (Cuadro 1).

Para el cuadro 1 y la Fig. 5 se incluyeron también los 48 datos de los individuos de la colonia de maternidad, colectados en junio de 2005 por el equipo del PCMM.

Cuadro 1. Descripción de los individuos capturados. El número entre paréntesis indica la *n* para cada temporada de capturas. Se muestran las medias \pm el valor del error estándar.

	Machos		Hembras	
	AB mm	Peso g	AB mm	Peso g
Jun-05	-	-	28.5 \pm 0.09 (47)	3.93 \pm 0.15 (15)
Mar-Abr 2006	26.9 \pm 0.55 (3)	3.3 \pm 0.05 (3)	-	-
Jun-06	-	-	27.47 (1)	5.1 (1)
Jul-07	27.25 \pm 0.15 (2)	3.75 \pm 0.25 (2)	29.05 (1)	5 (1)
May-08	-	-	28.191 \pm 0.21 (7)	4.05 \pm 0.15 (7)
Ago 2008	28.04 (1)	4.05 (1)	28.295 \pm 0.24 (8)	4.9375 \pm 0.11 (8)
Promedio	27.39 \pm 0.33	3.7 \pm 0.21	28.3 \pm 0.25	4.6 \pm 0.25

Cuadro 2. Individuos a los que se les colocó radiotransmisor, así como sus refugios (refugio: hojas secas de las yucas que caen sobre el tronco formando una "falda" donde los murciélagos pueden meterse) y distancia máxima a los cuerpos de agua. Para cinco individuos se logró calcular la distancia máxima entre refugios. s/ref= sin refugio, aquellos individuos que no tenían radio o bien, que a pesar de tener radio no nos condujeron a algún refugio.

Sitio	Fecha	Ind.	Sexo	Frecuencia	Refugio	#días radio	Dmax agua (km)	DMax+Ref. (km)
	30-Mar-06	1	M	s/radio	s/ref.	n/a	n/a	n/a
	31-Mar-06	2	M	s/radio	s/ref.	n/a	n/a	n/a
	24-Jun-06	4	H	164.221	2-3-4-5	8	1	0.28
	12-Jul-07	5	H	164.518	7	6	0.55	n/a
	14-Jul-07	6	M	164.518	8	5	1.4	n/a
	5-May-08	8	H	164.64	11-3	15	1	0.3
	7-May-08	9	H	164.64	12-14	12	2	1.71
	9-May-08	10	H	164.68	15	10	2	n/a
	9-May-08	11	H	164.702	13-16-17-18	10	4.1	3.45
	10-May-08	12	H	164.716	20	8	1.95	n/a
Coahuila	17-May-08	13	H	s/radio	19	n/a	0.64	n/a
	17-May-08	14	H	s/radio	19	n/a	0.64	n/a
	2-Ago-08	15	H	164.622	21-24	8	1.07	0.17
	2-Ago-08	16	H	164.019	22	8	0.62	n/a
	2-Ago-08	17	H	164.598	23	8	0.52	n/a
	3-Ago-08	18	M	164.118	s/ref.	7	n/a	n/a
	3-Ago-08	19	H	164.421	25	7	0.27	n/a
	3-Ago-08	20	H	s/radio	s/ref.	7	n/a	n/a
	7-Ago-08	21	H	164.019	26	3	0.54	n/a
	8-Ago-08	22	H	s/radio	26	2	0.54	n/a
	8-Ago-08	23	H	s/radio	s/ref.	2	n/a	n/a
Zacatecas	8-Apr-06	3	M	164.421	6	2	0.08	n/a
	21-Jul-07	7	M	164.622	10	2	1.7	n/a

La proporción sexual de machos-hembras de los murciélagos capturados en "Los Pinos" fue de 1:4.75, ésta fue analizada con una prueba de X^2 que nos arrojó una diferencia significativa de la proporción 1:1 ($X^2 = 389.82$, $gl=1$, $n=23$, $p<0.05$).

El periodo en que los individuos capturados estaban reproductivamente activos (machos con testículos escrotados y hembras preñadas o lactantes) fue el comprendido entre los meses de mayo a agosto (Fig. 5.), dichos meses corresponden a la transición entre primavera y verano. Por otro lado, en los meses de septiembre a febrero se llevaron a cabo tres muestreos pero no obtuvimos capturas de *M. planiceps*, dichos meses se encuentran en el periodo de las estaciones otoño e invierno.

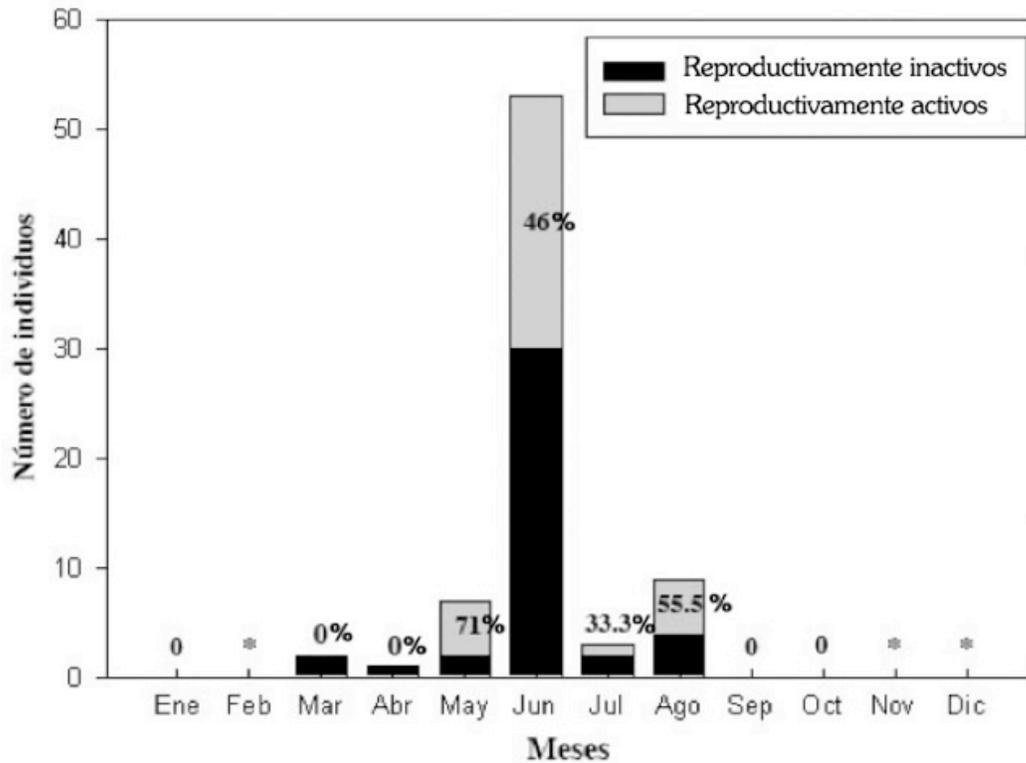


Fig. 5. Muestra la actividad reproductiva de los individuos capturados de *M. planiceps*. Para el caso de enero, septiembre y octubre, no obtuvimos capturas de esta especie, por lo que se encuentran marcados con un número 0. Aquellos meses que presentan un * fueron meses donde no se realizaron salidas a los sitios de estudio. Las barras indican el número de *M. planiceps* capturados, mientras que la porción gris de las mismas y el porcentaje expresado en él, indican el porcentaje de los individuos reproductivamente activos del total de las capturas de ese mes que representa la barra completa

8.2. Telemetría

Se colocaron radiotransmisores a 16 murciélagos (Cuadro 2), a 15 de esos individuos pudimos localizarlos dentro de sus refugios diurnos, obteniendo los registros de 26 refugios en total. La totalidad de ellos se encontraron bajo la “falda” formada por las hojas secas que caen sobre el tronco de las yucas de la especie *Yucca carnerosana* (palma samandoca).

En la mayor parte de los casos (10 individuos), solo se obtuvo un refugio por individuo, ya que probablemente volaban hasta salir del área límite de alcance de los radiotransmisores, pues a pesar de buscarlos en un radio de más de 10km, no fue posible volverlos a detectar. El caso extremo en este sentido fue el individuo #18, que no pudo ser encontrado a pesar de haberlo buscado durante varios días, siendo el único individuo del cual no tenemos registro del refugio. Únicamente cinco murciélagos fueron localizados en más de un refugio. En particular los individuos número 4 y 11, fueron encontrados en cuatro refugios distintos cada uno (Cuadro 2).

En dos ocasiones, murciélagos con radiotransmisor nos llevaron a Yucas Refugio donde se encontraban más individuos de esta especie, haciendo posible su captura y así obtener información acerca de otros refugios sin el uso de más radiotransmisores.

Los refugios se encontraron a una distancia promedio de 1.13 ± 0.18 km, del cuerpo de agua más cercano. La distancia máxima entre refugios de un mismo individuo fue de 3.45 km, mientras que la mínima fue de 0.17 km. El registro para el refugio más lejano a partir del sitio de captura es de 4.1 km (Cuadro 2).

8.3. Caracterización de los refugios

8.3.1. Características de las Yucas Centrales

Comparamos los 26 refugios obtenidos con el uso de la telemetría contra las 18 Yucas seleccionadas al Azar, es decir, que en total empleamos 44 Yucas Centrales en el análisis.

Para la comparación de las características de estas yucas, realizamos la transformación de las medidas, sacando la raíz cuadrada de los valores del DAP, Altura Total y del Intervalo del Refugio Potencial, a fin de cumplir con los criterios de homogeneidad de varianza y normalidad. Para cada una de estas medidas se contrastaron las Yucas al Azar contra las Yucas Refugio mediante comparaciones de t-Student.

Solamente la comparación entre las alturas totales mostró una diferencia significativa (valor-t = 2.26, gl=35, $p < 0.05$; para éste y los subsecuentes análisis se utilizó un alfa de 0.05 como criterio de significancia). Podemos observar claramente (Fig. 6) que las Yucas Refugio son más altas (4 a 5 m de altura) que aquellas Yucas escogidas al Azar que miden entre 3 y 4 m. El DAP promedio de los Refugios fue de 140 cm y el ancho promedio del Intervalo de Refugio Potencial para los Refugios fue de 175 cm. Estos registros no mostraron diferencias significativas.

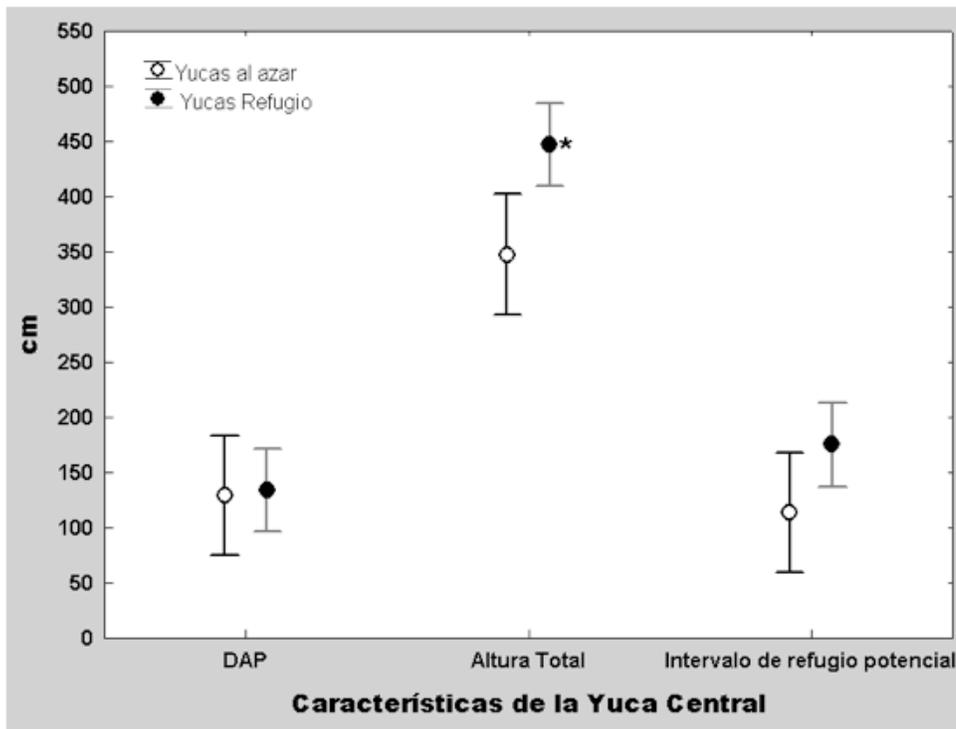


Fig. 6. Diferencias entre las distintas características de las yucas Azar y Refugio. Cabe resaltar que la única que es significativa es la Altura Total (señalada por un asterisco *). Intervalo de refugio potencial, se refiere al intervalo ocupado por las hojas secas de la yuca que sirven de refugio para los *M. planiceps*

8.3.2. Disponibilidad de Refugios

De la búsqueda de las Yucas Periféricas (todas aquellas yucas que midieran más de 1.5 m de altura), en una circunferencia de 25 m de radio alrededor de las Yucas Centrales, se obtuvieron 580 Yucas Periféricas en total, de las cuales 416 yucas estaban alrededor de las Yucas Refugio y 132 alrededor de las Yucas Azar.

Ya que la variable “Altura Total” fue significativa en la comparación de las características de las Yucas Centrales (Yucas Azar vs. Yucas Refugio), utilizamos los intervalos de confianza de esa variable. Para las Yucas Refugio esa última medida corresponde a alturas entre 4 y 5 m. Con base a este valor se filtraron las Yucas Periféricas, seleccionando solo aquellas que cumplieran las características de altura, considerándolas como **“Refugios Disponibles”**. Se calculó el índice llamado: **“Índice de Refugios Disponibles”** para cada tratamiento (Azar, Refugio), al dividir la densidad de refugios potenciales entre la densidad de Yucas Periféricas totales. Estos valores fueron transformados mediante raíz cuadrada para cumplir con los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianzas.

Para el tratamiento Azar, encontramos que 9 de 132 eran refugios disponibles con una densidad de 3.3 ± 1.3 Yucas Disponibles/ha y para el tratamiento con Yucas Refugio se encontró que 68/416 cumplían con la altura, es decir, eran refugios disponibles con una densidad de 13.8 ± 1.8 Yucas Disponibles/ha (Fig. 7, *Izq.*). Se realizaron dos comparaciones con la prueba de t-Student entre la densidad de refugios disponibles contra la densidad de yucas totales por tratamiento, para ambos casos se encontraron diferencias significativas (Prueba- $t_{Azar} = 4.32$, $gl=13$, $p<0.05$; Prueba- $t_{Refugio} = 6.57$, $gl=24$, $p<0.05$).

Se procedió a hacer una prueba de t-Student comparando el Índice de Refugios Disponibles entre Yucas Azar y Yucas Refugio. La prueba de t-student nos indica que existen diferencias significativas en el índice de disponibilidad de refugios potenciales

entre tratamientos (Prueba-t = -2.17, gl=37, p<0.05) (Fig. 7, Der.), lo cual quiere decir que el 22% de las yucas que rodean a un refugio son Refugios Disponibles pues cumplen con las mismas características. Mientras que para las Yucas seleccionadas al Azar, solo el 8% de las yucas podría ser un refugio Disponible.

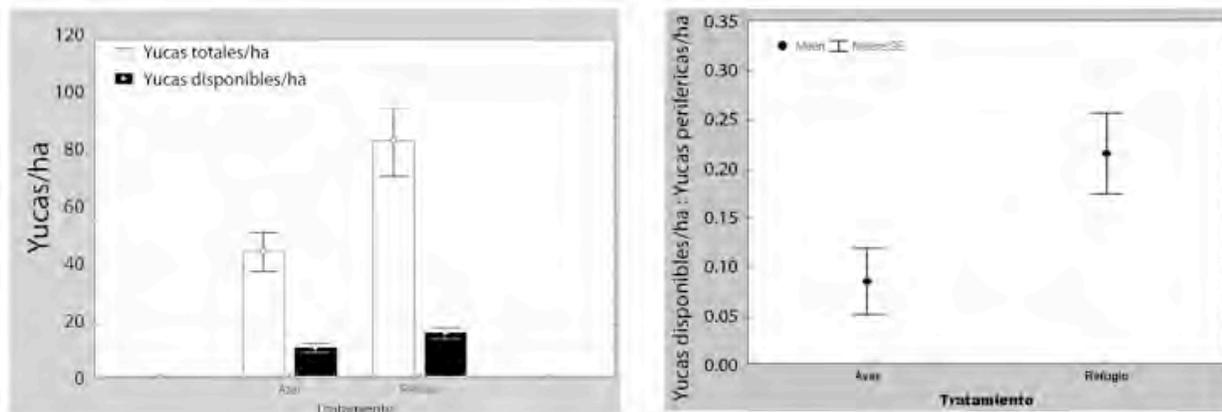


Fig. 7. Izq. Promedio de la densidad de yucas periféricas y refugios potenciales por tratamiento. Esto es la base para calcular el índice de Refugios Potenciales (aquellas yucas que cumplieran con la altura de las yucas refugio, 4 a 5 m). Der. Diferencia entre el Índice de Refugios Potenciales/ha entre los tratamientos Azar y Refugio.

8.3.3. Obstrucción

Tomamos 960 fotos para la parte del porcentaje de obstrucción descrita en la Fig. 4. Estas fotos fueron agrupadas por orientación (N, S, E, O, NE, NO, SE, SO) y por estrato (2, 3 y 4 m). Dado que los datos fueron transformados mediante el uso de Arcoseno y aún así no cumplieron con los supuestos de Normalidad y homogeneidad de varianzas, se analizaron con la prueba no Paramétrica de X^2 . No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (azar-refugio) por orientación ni por estrato (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tabla que muestra los valores de las comparaciones entre tratamientos por orientación y estrato. Para cada comparación los datos se agruparon dentro de 5 categorías. La p que se consideró como significativa fue de 0.05.

Orientación		X^2 (4 g.l., n=37)	p	Estrato		X^2 (4 g.l., n=40)	p
N _{azar}	N _{refugio}	1.49	n. s.	2 m _{azar}	2 m _{refugio}	4.05	n. s.
NE _{azar}	NE _{refugio}	5.51	n. s.	3 m _{azar}	3 m _{refugio}	4.99	n. s.
NW _{azar}	NW _{refugio}	0.93	n. s.	4 m _{azar}	4 m _{refugio}	2.65	n. s.
S _{azar}	S _{refugio}	3.84	n. s.				
SE _{azar}	SE _{refugio}	0.92	n. s.				
SW _{azar}	SW _{refugio}	0.21	n. s.				
E _{azar}	E _{refugio}	3.66	n. s.				
W _{azar}	W _{refugio}	0.24	n. s.				

8.3.4. Cobertura vegetal

Para el estudio de la cobertura vegetal y la determinación de la estructura de la vegetación se analizaron 160 fotografías, se utilizó una transformación de Arcoseno para que los datos se ajustaran a los supuestos de Normalidad y homogeneidad de varianzas y poder aplicar un ANDEVA de dos vías, teniendo como factores a las categorías (Arbustos, Árboles, Suelo, Luz y Otros) y tratamientos (Yucas Azar y Yucas Refugio). El tratamiento no afectó significativamente el porcentaje de cobertura; sin embargo el factor categoría sí lo hizo ($F_{Cat,4,151}=311.70$ $P<0.05$; $F_{Trat,1,151}=0.002$ $P>0.05$; $F_{Trat*Cat,4,151}=0.62$ $P>0.05$). Para explorar el efecto significativo del factor categoría se procedió a emplear la prueba post-hoc de Tukey HSD para n 's desiguales. Esta prueba mostró diferencias entre las categorías, los Árboles resultaron tener un porcentaje cercano al 65% de la cobertura total (Azar 64.77 ± 3.21 , Refugio 64.77 ± 2.69 ; unbalanced Tukey HSD $p < 0.05$). De igual forma la categoría Otros fue la que significativamente contó con el menor porcentaje de cobertura (Refugio 0.77 ± 0.25 , Azar 1.63 ± 0.91 , unbalanced Tukey HSD $p < 0.05$). El resto de las categorías representaron entre 7 y 14% de la cobertura total y no resultaron ser significativamente diferentes entre sí (unbalanced Tukey HSD $p < 0.05$).

8.3.5. Temperatura de los Refugios

Se seleccionaron únicamente los datos que correspondían a los meses donde tuvimos capturas de murciélagos de cabeza plana, ya que el resto del año no sabemos si se encuentran en el sitio de estudio o bien, si el refugio que utilizan son las yucas, cuevas o algún otro. A pesar de que se trata de refugios diurnos (ya que durante la noche los murciélagos salen a forrajear, abandonando el refugio), tomamos en cuenta para nuestro análisis tanto las temperaturas tomadas durante el día como las registradas durante la noche. Esto se debe a que parte de la temporada parece coincidir con el período reproductivo de la especie. Y de acuerdo al estudio realizado por Sedgely y O'Donnell (2004), es en el periodo reproductivo, cuando las crías que aun no vuelan se encuentran en el refugio durante toda la noche y, permanecen solas entre el 30 y el 60% del tiempo. Por ello, el seleccionar un refugio con temperaturas estables, no sólo en el día sino

también durante la noche, puede beneficiar a las crías que se caracterizan por no ser buenas termorregulando.

No fue posible comparar las Yucas de la localidad “La Laja”, con las Yucas Centrales de “Los Pinos”, debido a que las Yucas Centrales de “La Laja” fueron muy pocas, y esto no es correcto estadísticamente. El resto de los datos fueron transformados usando Ln (logaritmo natural) para que cumplieran con los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianza.

Una vez hecho esto, se analizaron los datos mediante una ANDEVA de dos vías. Como factores se utilizaron las temporadas (reproductiva= machos con testículos escrotados y hembras preñadas o lactantes en mayo-agosto; no reproductiva= septiembre-abril) y los tratamientos (Yucas Refugio y Yucas Azar). El factor temporada fue el único significativamente diferente sobre la temperatura de las yucas ($F_{Temp,1,23233}=1728.4$ $P<0.05$; $F_{Trat,1,23233}=1.5$, $P>0.05$; $F_{Temp*Trat,1,23233}=0.1$ $P>0.05$). Para explorar el efecto significativo del factor temporada se realizó la prueba post hoc Tukey HSD. Con ella observamos que la temperatura de las yucas durante la temporada reproductiva va de los 19.8 a 19.9°C y difiere significativamente de la temperatura de las yucas en temporada no reproductiva que va de los 16.9 a los 17.0 °C (unbalanced Tukey HSD, $p<0.05$).

Así mismo, realizamos un ANDEVA de dos vías para la comparación de las temperaturas entre los factores Orientación (Este y Oeste) y tratamiento (Yucas al Azar y Yucas Refugio). En esta prueba obtuvimos que tanto el tratamiento, la orientación, así como la interacción de ambos factores resultaron tener un efecto significativo en la temperatura de las Yucas Centrales ($F_{Trat,1,23233}=5.5$, $P<0.05$; $F_{Orient,1,23233}=68.0$, $P<0.05$; $F_{Trat*Orient,1,23233}=9.9$, $P<0.05$). Aplicando la prueba post hoc Tukey HSD se encontraron diferencias significativas para el caso de la orientación “Este” que presentó diferencias entre las temperaturas de las Yucas Azar y las Yucas Refugio (Azar $17.7 \pm 0.08^\circ\text{C}$; Refugio $18.1 \pm 0.08^\circ\text{C}$, unbalanced Tukey HSD, $p<0.05$); para el “Oeste” también encontramos diferencias entre las temperaturas de las Yucas Azar y las Yucas Refugio (Azar $17.3 \pm 0.09^\circ\text{C}$, Refugio $17.2 \pm 0.07^\circ\text{C}$, unbalanced Tukey HSD, $p<0.05$).

Para el factor “tratamiento” las Yucas al Azar mostraron diferencias significativas entre las temperaturas del Este y del Oeste (Este $17.7 \pm 0.08^{\circ}\text{C}$, Oeste $17.3 \pm 0.09^{\circ}\text{C}$, unbalanced Tukey HSD, $p < 0.05$), de igual forma para las Yucas Refugio encontramos diferencias significativas entre las temperaturas del Este y del Oeste (Este $18.1 \pm 0.08^{\circ}\text{C}$, Oeste $17.2 \pm 0.07^{\circ}\text{C}$, unbalanced Tukey HSD, $p < 0.05$) (Fig. 8).

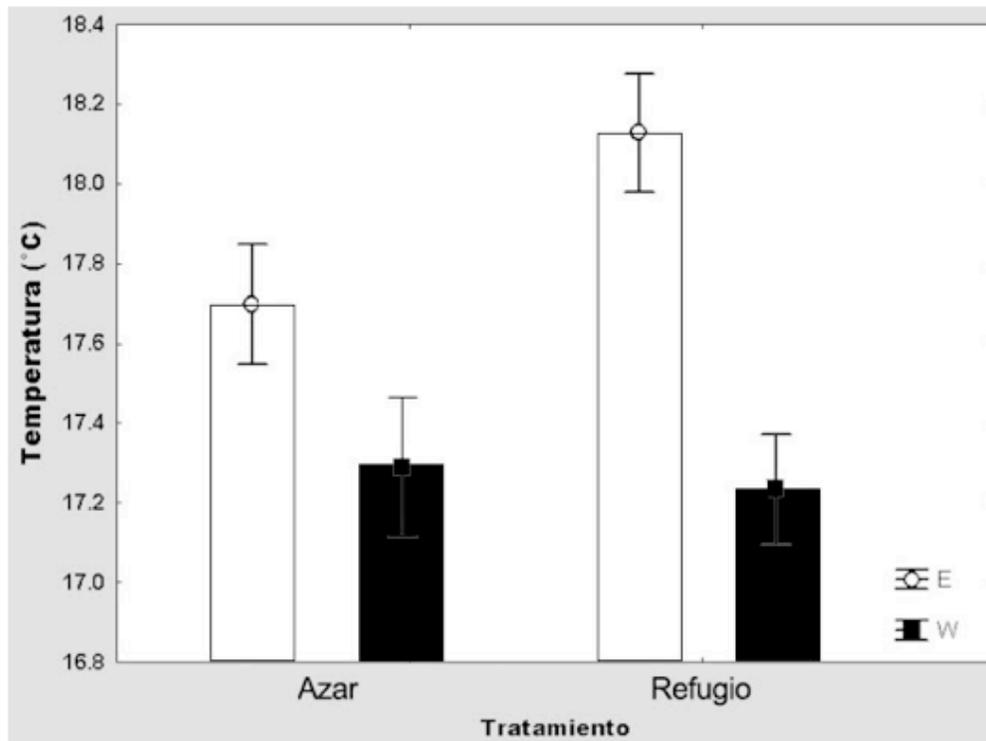


Fig. 8 Diferencias entre las temperaturas para los factores Orientación (E y W) y tratamiento (Azar, Refugio).

8.4. Caracterización de la Vegetación/ Hábitat

En el Herbario Nacional de México (MEXU) se llevó a cabo la identificación de los ejemplares colectados en las localidades de Coahuila y Zacatecas, dicha identificación fue realizada por el M. en C. Rafael Torres. Los ejemplares de *Quercus* fueron identificados por el Biol. Mauricio Mora, mientras que las coníferas fueron identificadas por el Dr. David S. Gernandt. Los ejemplares fueron depositados en la colección del Herbario Nacional.

Para ambas localidades, se trata de un bosque de coníferas, dominado por *Pinus cembroides*, donde el estrato arbóreo se encuentra representado por la especie antes mencionada y por *Yucca carnerosana*. En los sitios más altos podemos ver también especies como *Quercus hintoniorum*, *Pinus pseudostrobus* y *Pseudotsuga menziesii* acompañando a las yucas. El estrato arbustivo se caracteriza principalmente por *Agave lechuguilla* (no fue colectada, debido a los problemas que presenta para su herborización, por ser una planta suculenta, y es relativamente de fácil identificación); *Juniperus* sp. que en este tipo de vegetación se encuentra presente en forma de arbusto; el sauce de tipo arbustivo *Salix* sp.; el madroño *Arbutus xalapensis* (Ericaceae); y varias especies de las familias Asteraceae, Rosaceae (*Lindleya mespiloides*—“árbol de las rosas”, *Rubus* sp.-zarza), Caprifoliaceae y Rhamnaceae (*Ceanothus buxifolius*—“Guazapol”, esta especie se considera medicinal; Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, UNAM 2009).

Cuadro 4. Ejemplares colectados en el sitio de estudio e identificados en el Herbario Nacional de México (MEXU), UNAM.

No. Ejemplar	Familia	Especie
1	Rosaceae	
2	Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i>
3	Cupressaceae	<i>Juniperus</i> sp.
4	Fagaceae	<i>Quercus hintoniorum</i>
5	Pinaceae	<i>Pseudotsuga menziesii</i>
6	Rhamnaceae	<i>Ceanothus buxifolius</i>
7	Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>
8	Salicaceae	<i>Salix</i> sp.
9	Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.
10	Caprifoliacea	<i>Loricera</i> aff. <i>Pilosa</i>
11	Rhamnaceae	<i>Ceanothus coeruleus</i>
12	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>
13	Pinaceae	<i>Pinus cembroides</i>
14	Agavaceae	<i>Yucca carnerosana</i>
15	Asteraceae	
16	Rosaceae	<i>Lindleya mespiloides</i>

9. DISCUSIÓN

9.1. Características de Yucas centrales y Disponibilidad de Refugios

Es importante resaltar que para el estudio de los refugios seleccionados por el murciélago de cabeza plana, existen muchas discrepancias con los otros estudios sobre selección de refugios a la fecha realizados, ya que dichos estudios se refieren a la edad de los árboles, al porcentaje de cobertura de dosel, a las medidas de los huecos en los troncos y al porcentaje de corteza degradada, etc. Las yucas, al ser agaváceas, no presentan ramas y, por lo tanto, no forman un dosel, tampoco se les puede clasificar de acuerdo al grado de degradación que presenta su corteza, pues en lugar de corteza tienen hojas secas que caen sobre el tronco. Por último, ya que los murciélagos de cabeza plana no utilizan huecos en troncos, tampoco podemos utilizar el número ni la medida de los huecos en el tronco como una variable para caracterizar a las yucas.

En el presente estudio encontramos que *Myotis planiceps* selecciona Yucas Refugio que sobresalen del dosel del bosque de pino (Fig. 6) y que, en promedio miden de 4 a 5 metros, a diferencia de aquellas yucas que escogimos al azar para contrastar nuestra muestra. Esto probablemente sea para captar mayor radiación solar, conveniente con sus necesidades térmicas (Sedgeley 2001), facilitando el acceso y la localización, disminuyendo el riesgo de depredación (Menzel *et al.* 2002).

Esto concuerda con otros estudios en diferentes sitios y con diferentes especies, donde los murciélagos prefieren refugios en árboles que sobresalgan del dosel (Ormsbee y McComb 1998, Boonman 2000, Jung *et al.* 2004, Sedgeley y O'Donnell 2004, Boyles y Robbins 2006). Contrariamente a lo expuesto, *Myotis septentrionalis* selecciona árboles que no sobresalen del dosel e incluso algunos son más pequeños que el resto; sin embargo, los huecos que ocupan como refugio están en promedio 3 m más altos que los huecos en los árboles escogidos al azar y además se localizan más cerca de otros árboles altos. Este patrón se presenta también en *Nycticeius humeralis*, el cual requiere de

hábitats con un gran número de árboles altos cercanos entre sí, que le permiten cambiar frecuentemente de refugio (Boyles y Robbins 2006).

Asimismo encontramos que las yucas seleccionadas por los murciélagos de cabeza plana se encuentran siempre rodeadas de otras yucas con las mismas características de altura (de 4 a 5 m) contrario a aquellos sitios seleccionados al azar. Este hecho refleja que una condicionante para la selección de yucas refugio, es que éstas deben encontrarse rodeadas de más “Refugios Disponibles”, formando agrupaciones o conglomerados de yucas adecuadas para perchar. Estudios con otras especies demuestran que entre más efímero sea un refugio, menor será la fidelidad que presenten los murciélagos a dicho sitio y, por lo tanto cambian constantemente de refugio en un rango de 1-3 días (Kunz 1982, Lewis 1995, Kurta 2005), para lo cual es muy útil tener varios refugios disponibles en áreas cercanas ya que se ha demostrado que, hay murciélagos que cambian de refugio constantemente, sin abandonar su ámbito hogareño. Un ejemplo es *Myotis sodalis*, la distancia entre un refugio y otro puede ser desde 1 m hasta casi 6 km, pero el promedio es de 74 m (Kurta 2005). Esta podría ser una estrategia empleada por nuestra especie debido al conglomerado de Yucas Disponibles que circunda a las Yucas Refugio.

Incluso se sabe que las colonias de maternidad de dicha especie (*Myotis sodalis*), conformadas en promedio por grupos de entre 60 a 70 individuos adultos, perchan en varios refugios cercanos entre sí. De esta forma llegan a ocupar en un solo día por lo menos ocho refugios distintos (hasta 25 refugios por temporada), cambiando continuamente entre unos y otros en los días subsecuentes.

Durante el invierno algunas especies de climas templados presentan largos periodos de hibernación, después de los cuales migran para volver a los sitios de maternidad y de refugio de verano, mostrando una alta fidelidad a sus sitios de refugio, forrajeo y a los corredores por los que se desplazan. No obstante, si estos sitios desaparecen durante el invierno, causando la pérdida del ámbito hogareño completo, los murciélagos deberán invertir energía nuevamente en buscar refugios adecuados sufriendo

un gran stress energético adicional a los altos requerimientos energéticos de la preñez, causando como consecuencia la reducción de su éxito reproductivo (Kurta 2005).

9.2. Obstrucción y cobertura vegetal

Aquellos murciélagos que forrajean cerca de la vegetación o el sustrato, comúnmente presentan alas amplias que generan vuelos lentos y que los hacen muy maniobrables. Este tipo de alas se caracteriza por tener valores bajos de carga alar (*Myotis septentrionalis*, *M. velifer*, *M. californicus* y *M. thysanodes*). Sin embargo, estas características incrementan el costo del vuelo, por lo que en general estos murciélagos presentan pocas tendencias migratorias (O'Farrell y Studier 1980, Fitch *et al.* 1981, Norberg y Rayner 1987, Simpson 1993, Menzel *et al.* 2002)

Para nuestro análisis, no encontramos diferencias en la obstrucción y la cobertura vegetal entre las Yucas Refugio y las Yucas Azar, lo que nos indica que nuestra especie de estudio habita, en términos generales, en un ambiente cerrado. Este hecho se apoya tanto por la alta obstrucción de la categoría “árboles” encontrada en el sitio de estudio como por evidencia morfológica, ya que *M. planiceps* presenta alas amplias que representan un tipo de vuelo relativamente lento y muy maniobrable (Anexo 4) y en general, todo el género *Myotis* se caracteriza por ser excelentes ecolocalizando.

9.3. Temperatura de Refugios

Se ha observado que para aquellas especies de murciélagos que se mantienen activas y no entran en torpor, el gasto energético puede verse afectado si seleccionan refugios no adecuados, aún si las diferencias de temperatura son relativamente pequeñas (0.5 a 1.2°C) (Entwistle *et al.* 1977, Sedgeley y O'Donnell 2004). Por ejemplo, Entwistle y sus colaboradores (1997), utilizando ecuaciones de respirometría, comprobaron que *Plecotus auritus* ahorra 1kJ de energía diario al seleccionar un refugio adecuado, esto significa el 4% del total de la energía requerida (25.5 kJ) durante las horas en las que ocupa el refugio. Por otro lado, *C. tuberculatus* en Nueva Zelanda puede ahorrar del 3.4 al 7.3%

de su presupuesto diario de energía seleccionando refugios con temperaturas estables (Sedgely y O'Donnell 2004). Varios autores (Ormsbee y McComb 1998, Entwistle *et al.* 1997, Sedgely y O'Donnell 2004) concuerdan con que dicho ahorro energético puede ser mas efectivo para las crías durante la noche, ya que son incapaces de termorregular y además deben quedarse solas en el refugio por largos periodos de tiempo, del 30 a 60% de la noche, mientras sus madres salen a forrajear.

Los ambientes de bajas elevaciones, como el ecotono entre el bosque boreal y el matorral xerófito, que se encuentra formado en este caso por el bosque de pino piñonero, proveen condiciones de temperatura y de refugio favorables para los murciélagos insectívoros, principalmente para las hembras preñadas, ya que estos sitios generalmente ofrecen densidades altas de presas, confiriendo ventajas termorreguladoras y fisiológicas para los murciélagos. Una de las ventajas es que las temperaturas más cálidas facilitan la gestación (acelerando el crecimiento de la cría y minimizando la energía requerida para mantener la homeotermia tanto en la hembra como en la cría; McNab 1982), lo que se traduce en un parto temprano que a su vez significa un mayor tiempo para que, tanto la hembra como la cría, acumulen grasa para sobrevivir al invierno (Chung-MacCoubrey 2005).

En las regiones templadas el seleccionar refugios que tengan una temperatura elevada es importante para las hembras lactantes (cuyos requerimientos en dicha etapa son los más altos de todo el ciclo reproductivo), ya que les ayuda a reducir la demanda energética de producir calor para ellas y sus crías (Ormsbee y McComb 1998, Racey 1982). Incluso cuando las crías ya han sido destetadas, tanto las hembras como las crías deben incrementar su grasa corporal para poder soportar el invierno, lo cual representa una alta demanda de energía y el seleccionar un refugio con temperatura adecuada puede ahorrar gran parte de la energía requerida en este periodo (Ormsbee y McComb 1998, McNab 1982). Este compromiso energético potencialmente lo presentan también las hembras de *M. planiceps* ya que sabemos que durante el mes de junio se encuentran formando colonias de maternidad en la zona de estudio (Arroyo-Cabrales *et al.* 2005) y,

seleccionar yucas con temperaturas adecuadas puede ser una estrategia efectiva que les ayude a enfrentar dicho gasto.

Los refugios tales como la corteza de árboles, presentan un gradiente térmico donde los murciélagos pueden ajustar su posición a lo largo del día para tener condiciones térmicas más ventajosas (Rabe *et al.* 1998). Este patrón se puede presentar en *M. planiceps* ya que las hojas secas de las yucas caen sobre el tronco, dejando espacio suficiente como para que el murciélago se mueva a lo largo del día. Nuestros resultados indican que la temperatura registrada para las Yucas Refugio en el lado Este es ligeramente mayor que la temperatura en el lado Oeste. Esto se debe quizá a la propia inclinación de la zona, ya que la localidad de “Los Pinos” se encuentra en las faldas de la cadena montañosa que conforman las Sierras de Arteaga y de Zapalinamé, las cuales se localizan al noroeste del sitio. Mientras que hacia el sureste de la localidad únicamente se ubica una planicie con tierras de cultivo. Este hecho genera una mayor radiación proveniente del Sureste, mientras que en el Noroeste la sombra de las montañas reduce la cantidad de luz y por consiguiente, hay menor temperatura en esa dirección.

Siendo así, la temperatura ligeramente mayor que se registra en el lado Este de las yucas refugio, puede permitirles a los murciélagos disponer de una temperatura tibia cuando regresan a sus refugios al amanecer, lo cual contrasta con el frío que generalmente se presenta en los ambientes templados a esa hora. Cuando la temperatura ambiente incrementa a lo largo del día, los murciélagos pueden hacer uso del lado Oeste de la yuca que se caracteriza por mantenerse mas fresco a lo largo del día.

9.4. Implicaciones para la Conservación

Las bajas en las poblaciones de murciélagos se atribuyen a la convergencia de múltiples factores tales como la exposición a pesticidas, la alteración de los hábitats de forrajeo, disturbios en los sitios de hibernación y la destrucción de los refugios (Kunz 1982, Menzel *et al.* 2002)

Debido a lo anterior, entender las diferencias regionales de la selección de refugios y de los hábitos de refugio es un componente crítico en la conservación de murciélagos, sobre todo tratándose de hábitats con algún tipo de manejo (Menzel *et al.* 2002, Rancourt *et al.* 2005). Debido a que *M. planiceps* se refugia en yucas que forman parte del bosque de pino piñonero, la especie se ve afectada principalmente por el cambio de uso de suelo debido a la construcción de fraccionamientos campestres y, en menor medida, por el manejo forestal.

Contrario a la idea de proteger cuevas, minas u otros refugios permanentes, la protección de refugios efímeros aislados como los árboles o, en este caso, las yucas, no es una opción viable, ya que muchos murciélagos responden más a las características del ambiente que rodea al refugio que a las características del refugio como tal (Elmore *et al.* 2004). El presente estudio demuestra, que el murciélago de cabeza plana no selecciona únicamente Yucas Refugio de determinada altura (4 y 5 m), sino que además éstas deben de estar inmersas en parches de yucas con las mismas características. Por ello, sería adecuada la creación de planes de manejo en los que se tomaran en cuenta estos requerimientos de hábitat y sean excluidos del uso forestal a fin de evitar su explotación. Afortunadamente, el aprovechamiento forestal no es la principal problemática de la zona.

Aunque en México los bosques de coníferas y bosques de pino-encino ocupan grandes extensiones de territorio, los murciélagos casi no utilizan estos árboles (coníferas) a pesar de que son muy abundantes, debido probablemente a que la resina que desprenden es muy pegajosa (Boonman 2000). En estudios realizados en EUA y Canadá, los refugios comúnmente utilizados son árboles deciduos, que forman parte del bosque pero que no son el elemento principal de él, utilizando pinos únicamente en bajas proporciones (Kurta 2005). Para el presente estudio observamos el mismo patrón ya que los murciélagos de cabeza plana utilizan durante el verano a las palmas samandocas (*Yucca carnerosana*) que se encuentran inmersas en el bosque de pino piñonero, donde no son el elemento principal.

En varios artículos referentes a murciélagos de zonas templadas que se refugian en árboles, se ha visto preferencia hacia un cierto tipo de árbol en particular, pero utilizan más de una especie. Por ejemplo en el estudio de Menzel *et al.* (2002) se registraron siete especies de árboles utilizadas como refugio para *Myotis septentrionalis*, de esas siete especies había preferencia por el uso de una (*Robinia pseudoacacia*). *M. volans*, en el estudio de Ormsbee y McComb (1988) utiliza refugios en grietas de roca y dos especies de árboles. *Lasiurus cinereus* utiliza 17 especies de árboles (Elmore *et al.* 2004). En el estudio de Boyles y Robbins (2006), *N. humeralis* utiliza 8 especies distintas de árboles como refugio. *Chalinolobus tuberculatus*, en el estudio de Sedgeley y O'Donnell (2004), utiliza nueve especies, pero prefiere el uso de sauces. *M. sodalis* utilizó once especies de árboles, pero más comúnmente el nogal *Carya ovata* (Britzke *et al.* 2006), mientras que otros *Myotis*, como *M. septentrionalis* y *M. lucifugus* utilizaron cinco especies de árboles (Jung *et al.* 2004). En el estudio de Boonman (2000) con *M. daubentonii* y *Nyctalus noctula*, ambos murciélagos utilizaron tres especies distintas de árboles. Por último, Kurta (2005) hace una recopilación de la información obtenida por varios investigadores sobre *Myotis sodalis*, observando que esta especie utiliza más de 40 especies distintas de árboles, sin embargo solamente unas cuantas constituyen refugios primarios (aquellos utilizados en mayor proporción y con más frecuencia que la esperada dada su disponibilidad en la zona) y el resto son utilizadas solo esporádicamente (refugios alternos). Todos los casos anteriores se desarrollaron en clima templado, pero en el estudio de Aguirre *et al.* (2003) en Bolivia (zona tropical), donde se estudiaron varias especies de murciélagos en una misma área, se observó que una especie de árbol era la más utilizada por la mayoría de dichas especies y se caracterizaba por ser de las más altas en la zona. Sin embargo, nuestros resultados muestran que *M. planiceps* utiliza sólo 1 especie de planta para refugiarse durante el verano, que es la palma samandoca (*Yucca carnerosana*). Que utilice una sola especie nos indica que se trata de un murciélago especialista en la selección de su refugio, este hecho se encuentra apoyado en la alta especialización de su cráneo y es consistente con lo reportado para otras especies con especializaciones semejantes, como es el caso de *Tylonycteris pachypus* y *T. robustula* quienes únicamente se refugian en las cavidades de los nodos de las cañas de bambú

(Kunz 1982). Siendo entonces fundamental la conservación de esta planta, ya que la destrucción de la yuca puede ir ligada a la destrucción del murciélago de cabeza plana.

Únicamente se conoce un registro de otro murciélago que utiliza como refugio a *Yucca carnerosana*; se trata de un ejemplar de *Lasiurus xanthinus* del Parque Nacional Big Bend, en el condado de Brewster, Texas, EUA, descrito por Higginbotham y su equipo (2000). Este animal fue capturado en septiembre de 1998, se le colocó un transmisor y fue seguido hasta su refugio diurno que resultó ser una palma samandoca (*Y. carnerosana*) de 3.3 m de altura que crecía inclinada en un ángulo de 60°. Bajo dicho ángulo, las hojas secas no caían directamente sobre el tronco, sino que formaban una especie de techo sobre el mismo. El murciélago se encontraba perchando a una altura de 2.2 m, justo bajo el techo antes descrito. La temperatura ambiental era de 36.5°C, mientras que la temperatura dentro del refugio era de 33.5°C. Este caso es el único registro de un lasiúrido perchando en una yuca, pero se cree que fue debido a la semejanza que tienen las yucas con las palmas (que son el refugio más utilizado por esta especie), ya que tienen el tallo o tronco desnudo en la base, hojas secas de tonalidades amarillas que caen sobre dicho tronco y en el ápice las hojas nuevas; por lo que los autores de éste estudio piensan que las yucas pueden ser una opción viable en el Parque Big Bend debido a la ausencia de palmas.

Durante nuestras capturas registramos algunos individuos que identificamos como *Lasiurus ega*, no obstante algunos autores consideran que la diferencia entre esta especie y *L. xanthinus* se encuentra sólo a nivel genético (Baker *et al.* 1988). Sin embargo, el área de distribución de *L. xanthinus* comprende también los estados de Zacatecas, Nuevo León y Coahuila (Medellín *et al.* 2008), por lo que podría estar ocupando los mismos refugios que *M. planiceps* en las mismas zonas, compitiendo tal vez por el mismo recurso. Por otro lado también se sabe que *L. xanthinus* puede ocupar una amplia gama de refugios además de las palmas, árboles como los almez o palo blanco (*Celtis australis*), sicomoros y álamos, entre otros (Higginbotham *et al.* 2000), A pesar de esta mencionada plasticidad en el uso de refugios, nosotros nunca tuvimos un registro de esta especie perchando en *Y. carnerosana*. Esto nos indica que *Lasiurus xanthinus* no presenta ningún signo de

especialización ni morfológica (como el cráneo aplanado de *M. planiceps*), ni en la selección de un cierto tipo de refugio en particular y es por esto que quizá incluso cuando utiliza yucas, sólo selecciona aquellas que se encuentran inclinadas, perchando donde no puede ser aplastado por las hojas (Higginbotham *et al.* 2000).

Por otro lado, el cráneo aplanado de *M. planiceps* sí parece ser una especialización a utilizar las yucas como refugio, ya que gracias a esta característica puede meterse entre las pesadas hojas secas de las yucas que se pliegan sobre otras formando un faldón bajo el penacho que forman las hojas vivas, sin importar el ángulo en el que crezca. En un principio la estructura de su cráneo sugirió que los refugios utilizados por esta especie eran grietas en roca (Matson 1975). Cabe resaltar que nuestro trabajo aún no descarta dicha hipótesis, ya que es posible que además de ayudarle a perchar en las yucas, les facilite la selección de los refugios en invierno, pues en esta temporada los murciélagos de cabeza plana podrían refugiarse en grietas de rocas. Sin embargo, no podemos hacer más que especular hasta que encontremos a estos murciélagos en invierno y podamos localizar sus refugios.

Pese a que aún cabe la posibilidad de que en invierno *M. planiceps* se refugie en grietas, hasta el momento sólo se le conoce el refugio que ya hemos descrito (*Yucca carnerosana*), tratándose de una especie con hábitos de refugio muy restringidos. Safi y Kerth (2004) descubrieron que la especialización del uso de hábitat hace a las especies de climas templados más vulnerables a la extinción, ya que cuando algún recurso relevante declina (en este caso, las yucas), los organismos especialistas se ven más afectados que los generalistas ya que estos últimos pueden cambiar al uso de otro recurso, mientras que los especialistas no.

Hay muy poca información acerca de cómo pasan el invierno los murciélagos que se refugian en vegetación, se asume que muchos de ellos hibernan en cuevas o migran a sitios más cálidos (Boyles y Robbins 2006). Para algunas especies en el noreste de Estados Unidos, se sabe que entran en torpor a mediados del mes de septiembre y emergen a mediados de abril (Britzke *et al.* 2006), mientras que para otras se sabe que

permanecen en la misma zona todo el año, pero en invierno seleccionan refugios distintos a los del resto del año, que sean más aptos y vayan más de acuerdo a sus necesidades térmicas, sociales y de forrajeo (Boyles y Robbins 2006).

Para aquellas especies que migran durante el invierno, se sabe que los beneficios de migrar deben superar los altos costos que exige una migración, siendo las principales razones para hacerlo el evitar las frías temperaturas invernales que pueden originar un estrés fisiológico, y/o para evitar los bajos niveles de recursos alimentarios. Es por ello que la migración y la hibernación son comunes en los murciélagos de zonas templadas, ya que es en estos sitios donde ambos factores (clima frío y escasez de alimento) se acentúan durante el invierno. Sin embargo las migraciones de murciélagos son relativamente cortas (a excepción de algunas especies como *Tadarida brasiliensis* o las especies del género *Lasiurus* que migran varios cientos de kilómetros), en particular para los miembros del género *Myotis*, la mayoría realiza migraciones “regionales”, ya que la distancia es moderadamente corta (de 100 a 500 km); o bien se comportan como especies sedentarias cuyos sitios de crianza e hibernación se encuentran en la misma área, moviéndose menos de 50 km entre los sitios de refugio de verano y los de invierno (Fleming y Eby 2003)

Para el caso de *M. planiceps*, aún no tenemos información sobre el periodo de invierno en los meses de septiembre–febrero y, debido a que se distribuye en el ecotono entre el bosque de pino y el pastizal, una migración a sitios más cálidos significaría cambiar sus refugios a otra especie de yuca que se distribuya en esos lugares, ya que la *Yucca carnerosana* solo se encuentra en asociación con el bosque de pino piñonero; o bien cambiar de refugio, hibernando en cuevas o minas, que por ejemplo en la localidad de “La Laja” y sus alrededores son muy abundantes debido al auge de la minería en Zacatecas, en años pasados. No obstante, para tener dicha información y poder hacer una aseveración más concreta, se necesita encontrar a los murciélagos de cabeza plana en esa temporada y seguirlos para localizar sus refugios de invierno, para lo cual sugerimos el periodo entre finales de agosto y principios de septiembre como el más indicado para un trabajo de ésta índole, por ser agosto el último mes del cual tenemos registro de la

presencia de esta especie en la zona, a pesar de haberlos buscado a mediados de septiembre. Una vez que tengamos conocimiento de los refugios de invierno, podremos proponer la conservación de las zonas de refugio, tanto las de invierno como las de verano, así como posibles corredores que comuniquen y mantengan el flujo entre ambas.

9.4.1. Síndrome de Nariz Blanca “White-Nose”

A partir del año 2006 en el noreste de los Estados Unidos se ha presentado una enfermedad llamada el síndrome del *White Nose* que es causado por el hongo *Geomyces destructans* y, que hasta ahora ha sido el responsable de la muerte de más de 1,000,000 de murciélagos, causando el decremento hasta del 100% en algunas poblaciones (Consensus Statement of the Second WNS Emergency Science Strategy Meeting 2009).

Se caracteriza por presentar un crecimiento fúngico muy conspicuo en el hocico, orejas y alas de los murciélagos. Contrario al comportamiento de los hongos comunes cuyas hifas penetran a las membranas y tejidos causando un grave daño, la infección epidérmica causada por *G. destructans* ocasiona conductas crónicas aberrantes en los murciélagos durante la hibernación lo que a su vez acelera el consumo de las reservas grasas, que son esenciales para la sobrevivencia durante y después de la hibernación (Puechmaille *et al.* 2010). De forma adicional se ha observado que los murciélagos infectados por el hongo salen de sus refugios en pleno día, lo que puede incurrir en mayores riesgos fisiológicos y ecológicos para los mismos ([USGS](#) 2010).

Hasta el momento dicha enfermedad se encuentra restringida a la región noreste de los Estados Unidos y se encuentra asociada a las especies que hibernan en cuevas ya que el hongo presenta un óptimo crecimiento en condiciones de obscuridad, altos niveles de humedad (<90%) y a temperaturas entre los 7 y 14°C, teniendo un crecimiento nulo a los 24°C (Puechmaille *et al.* 2010, [USGS](#) 2010)

Por lo menos hasta el 2009 había afectado únicamente seis especies de murciélagos insectívoros (Consensus Statement of the Second WNS Emergency Science

Strategy Meeting 2009) entre los cuales se encuentran *Eptesicus fuscus*, *Myotis lucifugus*, *M. septentrionalis*, *M. leibii*, *M. sodalis* y *Perimyotis subflavus*. Sin embargo, si esta enfermedad se extiende a más especies y abarca mayores regiones, puede causar la extinción de especies enteras. Además, dichas pérdidas pueden causar consecuencias económicas muy graves, ya que se trata principalmente de murciélagos insectívoros que consumen especies que son plagas de bosques y cultivos, o que pueden representar un peligro para la salud humana (Anónimo 2009).

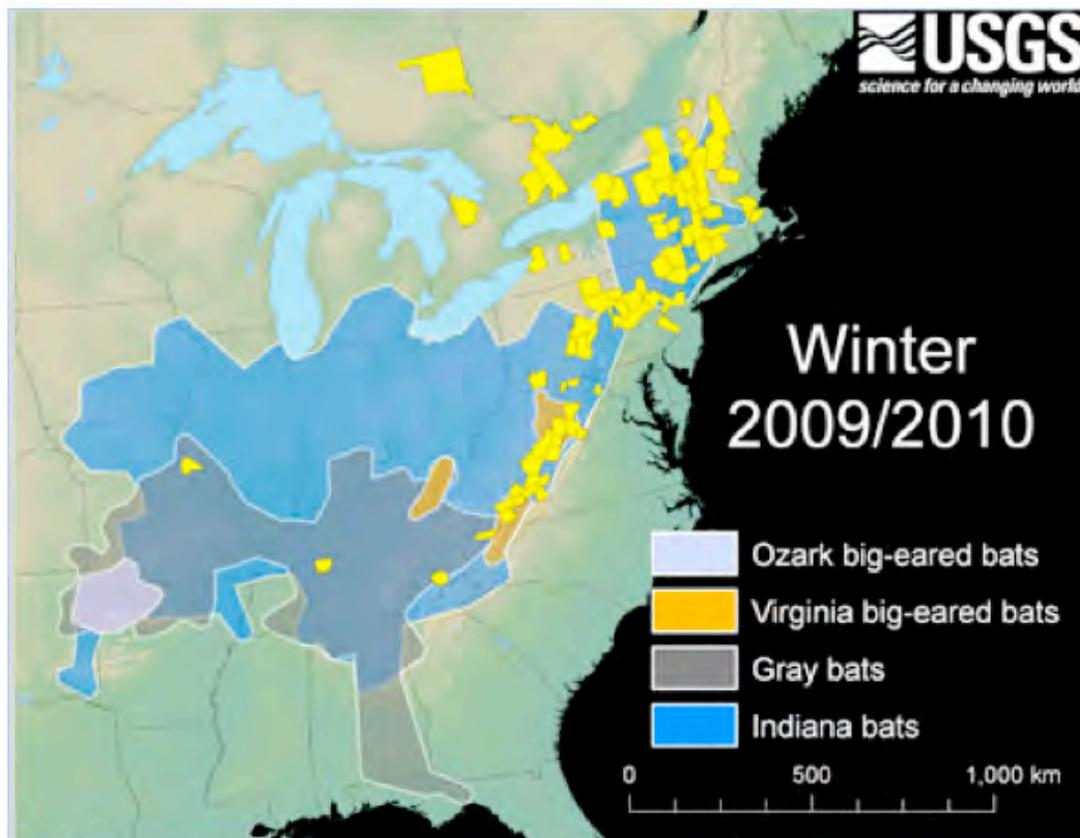


Fig. 9. En amarillo se muestra el área de impacto del hongo *G. destructans*. Se señala a su vez en distintos tonos el área de distribución de especies en peligro de extinción en EUA (USGS 2010).

Aún no se tiene registro de este hongo en México, sin embargo debido a que los murciélagos representan a uno de los grupos más numerosos de mamíferos y debido a la importancia del papel esencial que juegan éstos en el funcionamiento de los ecosistemas, el hongo continúa siendo una amenaza para las especies que habitan en nuestro país, principalmente para aquellas que hibernan en cuevas. Ya que *Myotis planiceps* habita en yucas durante el verano podría no presentar esta enfermedad, sin embargo durante el invierno cabe la posibilidad de que utilice cuevas como refugio de hibernación, donde

podría contraer la enfermedad. Esto podría ser posible, debido a que se encuentra en simpatria con varias especies de murciélagos cuyas distribuciones llegan hasta el sur y este de EUA (*M. californicus*, *M. velifer*, *M. thysanodes* y *E. fuscus*). En particular, *Eptesicus fuscus* representó el 20% de nuestras capturas en las localidades de *M. planiceps* y tiene una distribución que abarca casi todo el norte y centro del continente Americano (Kurta y Baker 1990), por lo que si la resistencia térmica del hongo se amplía, esta especie puede servir como un vector para su propagación y nuestra especie se vería directamente afectada (Gargas *et al.* 2009).

10. CONCLUSIONES

El murciélago de cabeza plana (*Myotis planiceps*) utiliza como refugio a la palma samandoca (*Yucca carnerosana*), siendo el único refugio conocido para esta especie, hasta el momento, por lo que es de vital importancia su conservación para el bienestar y la permanencia de éste murciélago a corto y largo plazo.

M. planiceps selecciona refugios en yucas que sobresalen del dosel (4 a 5 m de altura), factor que le permite tener una mayor exposición a la radiación solar, lo que le confiere ventajas térmicas y que a su vez pueden brindar estabilidad y ahorro energético durante los meses en los que se encuentra reproductivamente activo (mayo-agosto).

Los refugios, en su lado Este, son significativamente más calientes que los sitios al azar, lo cual significa que durante la noche y al regresar de sus actividades nocturnas, los murciélagos cuentan con un refugio tibio que les brindará un microclima adecuado, principalmente para la reproducción y evitará la deshidratación en las horas más cálidas del día al desplazarse entre las hojas secas hacia el lado Oeste del refugio.

La estrategia de conservación de los murciélagos de cabeza plana debe ser enfocada a la conservación de los bosques de pino piñonero, con principal énfasis en la protección de las yucas, debido a que son el hábitat perfecto para esta especie. Para lo cual sugerimos una estrategia de cinco fases:

- La conservación del hábitat y de los refugios existentes (de los que ya tenemos conocimiento), así como de los refugios potenciales que cumplan con las características de altura de entre 4 y 5 m.
- Establecer medidas de protección y regeneración del bosque, comenzando con el establecimiento de brigadas de manejo forestal que incluyan el uso de fuego prescrito para evitar la acumulación excesiva de materia orgánica que produzcan

- incendios masivos, así como brigadas de vigilancia para evitar de incendios accidentales que puedan destruir varias hectáreas de bosque
- Debemos controlar la expansión de la frontera agrícola y de la construcción constante de fraccionamientos campestres, mediante una ordenación territorial en las comunidades aledañas a los sitios de distribución de esta especie.
 - Proponer la metodología para la detección de los refugios de invierno, pues el presente estudio abarca solamente la mitad del ciclo anual de la especie, resultando vital conocer el ciclo completo para afinar la estrategia de conservación de esta especie. Poniendo especial énfasis si es que los refugios utilizados en invierno son cuevas, ya que podría ser afectado por el síndrome de nariz blanca, pudiendo causar la pérdida de toda nuestra población.
 - En las comunidades humanas que viven en las zonas aledañas a los sitios de distribución de *M. planiceps*, dar a conocer la importancia que representa una comunidad de murciélagos como la que habita en esos sitios, poniendo especial énfasis en la importancia y la conservación de los murciélagos de cabeza plana.

11. REFERENCIAS

- Aguirre, L.F., Lens, L. y Matthysen, E. 2003. Patterns of roost use by bats in a neotropical savanna: implications for conservation. *Biological Conservation*. 111(3):435-443.
- Altringham, J.D. 1996. *Bats: biology and behaviour*. Oxford University Press, USA.
- Amlaner, C. J. y MacDonald, D. W. 1980. *A handbook on Biotelemetry and Radiotracking*. Oxford, Pergamon Press.
- Anónimo. 2009. Consensus Statement of the Second WNS Emergency Science Strategy Meeting. Austin, Texas. Mayo.
- Anthony, E. L. P. 1988. Age determination. En: *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats* (T. H. Kunz, ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, EUA
- Arita, H. T. y Ortega, J. 1998. The Middle American bat fauna. Conservation in the Neotropical-Nearctic border. pp 295-308. En: *Bat biology and conservation* (T.H. Kunz y P. A. Racey, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Arroyo-Cabrales, J., Álvarez-Castañeda, S.T., S., Cuarón, A.D. & de Grammont, P.C. 2008. *Myotis planiceps*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org (<http://www.iucnredlist.org/>)>. Descargado el 6 de diciembre de 2010.
- Arroyo-Cabrales, J., Kalko, E.K.V., Laval, R.K., Maldonado, J.E., Medellín, R.A., Polaco, O.J. y Rodríguez-Herrera, B. 2005. Rediscovery of the Mexican flat-headed bat *Myotis planiceps* (Vespertilionidae). *Acta Chiropterologica*. 7(2):309-

314.

Balvanera, P. y Cotler, H. 2009. Capítulo 4 estado y tendencia de los servicios ecosistémicos. En: José Sarukhán. Capital Natural de México. 2009. Vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México

Baillie, J. y Groombridge, B. (1996) IUCN Red List of Threatened Animals. The IUCN Special Survival Commission, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland.

Baker, R. H. 1955. A new species of bat (genus *Myotis*) from Coahuila, México. Proc. Biol. Soc. Washington 68: 165-166.

Baker, R. J., Patton, J.C., Genoways, H.H. y Bickham, J.W. 1988. Genic studies of *Lasiurus* (Chiroptera: Vespertilionidae). Mammalogy Papers: University of Nebraska State Museum. 117: 1-5.

Barbour, R. W. y Davis, W. H. 1969. Bats of America. Lexington, Kentucky. The University of Kentucky.

Barclay, R. y Harder L. 2003. Life Histories of Bats: Life in the Slow Lane. En: Bat Ecology (Kunz, T. y Fenton, B. eds.). The University of Chicago Press. EUA.

Barclay, R.M.R., Ulmer, J., MacKenzie, C.J.A., Thompson, M.S., Olson, L., McCool, J., Cropley, E. y Poll, G. 2004. Variation in the reproductive rate of bats. Canadian Journal of Zoology. 82(5):688-693.

Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009. México.
http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/flora2.php?l=4&t=Ceanothus%20buxifolius%20Willd&po=tepehuan_del_sur&id=6117&clave_region=13

- Boonman, M. 2000. Roost selection by noctules (*Nyctalus noctula*) and Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*). *Journal of Zoology*. 251(03):385-389.
- Boyles, J.G. y Robbins, L.W. 2006. Characteristics of summer and winter roost trees used by evening bats (*Nycticeius humeralis*) in southwestern Missouri. *American Midland Naturalist*. 155(1):210-220.
- Brigham, R.M., Vonhof, M.J., Barclay, R.M.R. y Gwilliam, J.C. 1997. Roosting behavior and roost-site preferences of forest-dwelling California bats (*Myotis californicus*). *Journal of Mammalogy*. 78(4):1231-1239.
- Britzke, E.R., Hicks, A.C., Von Oettingen, S.L. y Darling, S.R. 2006. Description of spring roost trees used by female Indiana bats (*Myotis sodalis*) in the Lake Champlain Valley of Vermont and New York. *The American Midland Naturalist*. 155(1):181-187.
- Burnett, C.D. y August, P.V. 1981. Time and energy budgets for dayroosting in a maternity colony of *Myotis lucifugus*. *Journal of Mammalogy*. 62(4):758-766.
- Cardona, C. 2010. Advierten grave problemática en la Sierra de Arteaga. En: Periódico El Heraldo de Saltillo, 5 de agosto de 2010.
http://www.elheraldodesaltillo.com/coahuila/p2_articleid/18001. Consultado en septiembre de 2010.
- Ceballos, G. y Oliva, G. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica. Eds. ISBN. 970-9000.
- Ceballos, G. y Simoneti J. A. (Eds.) 2002. Diversidad y conservación de los Mamíferos Neotropicales. CONABIO- UNAM.

- Chiroptera Specialist Group (C.S.G.) 2000. *Myotis planiceps*. 2006. IUCN Red List of Threatened Species. (<http://www.iucnredlist.org/>) Descargado el 9 de julio de 2007.
- Chung-MacCoubrey, A.L. 2005. Use of pinyon-juniper woodlands by bats in New Mexico. *Forest Ecology and Management*. 204(2-3):209-220.
- CONAFOR. Inventario Nacional Forestal. 2000 www.conafor.gob.mx, http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=7#bosques) Consultado en Junio de 2010.
- CONAFOR- Coahuila. 2010. Combaten incendio forestal en la Sierra de Arteaga. En: Periódico Informador.com.mx, 12 de mayo de 2010. (<http://www.informador.com.mx/mexico/2010/200784/6/combaten-incendio-forestal-en-la-sierra-de-arteaga.htm>). Consultado en septiembre de 2010.
- Dirección General de Minas. 2010. Dirección de cartografía y concesiones mineras. Títulos de concesión minera expedidos durante el mes de junio del 2010. <http://www.economia-dgm.gob.mx/scripts/titulos/GeneraMes.pl?modulo=8&mes=06&anio=2010>
- Elmore, L.W., Miller, D.A. y Vilella, F.J. 2004. Selection of diurnal roosts by red bats (*Lasiurus borealis*) in an intensively managed pine forest in Mississippi. *Forest Ecology and Management*. 199(1):11-20.
- Entwistle, A. C., Racey, P. A. y Speakman, J. R. 1977. Roost selection by the Brown Long-Eared Bat *Plecotus auritus*. *Journal of Applied Ecology*. 34(2): 399-408
- Fenton, M. B. 1983. Roosts used by the African bat *Scotophilus leucogaster* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Biotropica* 15:129-132

- Fenton, M.B., Tennant, D.C. y Wysecki, J. 1987. Using echolocation calls to measure the distribution of bats: the case of *Euderma maculatum*. *Journal of Mammalogy*. 68(1):142-144.
- Fitch, J.H., Shump Jr, K.A. y Shump, A.U. 1981. *Myotis velifer*. *Mammalian species*. 149:1-5.
- Fleming, T. y Eby, P. 2003. Bat migration. En: *Bat Ecology* (Kunz, T. y Fenton, B. eds.). The University of Chicago Press. E.U.A.
- Ford, W.M., Menzel, M.A., Rodrigue, J.L., Menzel, J.M. y Johnson, J.B. 2005. Relating bat species presence to simple habitat measures in a central Appalachian forest. *Biological Conservation*. 126(4):528-539.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.
- Gargas, A., Trest, MT, Christensen, M., Volk, TJ y Blehert, DS. 2009. *Geomyces destructans* sp. nov. associated with bat white-nose syndrome. *Mycotaxon*. 108:147-154.
- Gursky, S. 1998. Effects of radio transmitter weight on a small nocturnal primate. *American journal of primatology*. 46(2):145-155.
- Hernández H. y Gomez-Hinojosa C. 2005. Cactus diversity and endemism in the Chihuahuan Desert Region. En: *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico* (Felger R., Cartron J. y Ceballos G. Eds.) Oxford University Press US.

- Higginbotham, J. L., Dixon, M. T. y Ammerman, L. K. 2000. *Yucca* provides roost for *Lasiurus xanthinus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in Texas. *Southwestern Naturalist* 45:338–340.
- Hines, J. y Zwickel, F. 1985. Influence of radio packages on young blue grouse. *Journal of wildlife management* 49:1050–1054.
- Hochstätter F. 2004. *Yucca* III (Agavaceae) - Mexico. Germany. 14 p.
- Humphrey, S.R. 1975. Nursery roosts and community diversity of Nearctic bats. *Journal of Mammalogy*. 56(2):321-346.
- Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. 2000. Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental. México. Primera edición.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010a. Mapas del estado de Coahuila; consultado el 12 de mayo de 2010. Documento WWW [<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=geo&e=05>].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010b. Mapas del estado de Zacatecas; consultado el 12 de mayo de 2010. Documento WWW [<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=geo&e=32>].
- IUCN Red List of Threatened Animals. www.iucnredlist.org/. Revisada en 2010
- Jiménez-Guzmán, A. 1968. Nuevos registros de murciélagos para Nuevo León. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 39:133-144.
- Jung, T.S., Thompson, I.D. y Titman, R.D. 2004. Roost site selection by forest-dwelling male *Myotis* in central Ontario, Canada. *Forest Ecology and Management*. 202(1-

3):325-335.

Köppen, W. 1936. Das geographische system der klimate En: Handbuch der klimatologie.

Kunz, T.H. 1982. Ecology of bats. Plenum Press, New York, NY. 425 págs.

Kunz, T. H. y Fenton, B. 2003. Bat Ecology. The University of Chicago Press. E.U.A.

Kunz, T.H. y Parsons, S. 1988. Ecological and behavioral methods for the study of bats. Smithsonian Institution Press Washington, DC.

Kunz, T. H. y Parsons, S. 2009. Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats. The Johns Hopkins University Press. E.U.A. 920 pags.

Kurta, A. 2005. Roosting ecology and behaviour of Indiana bats (*Myotis sodalis*) in summer. En: Proceedings of the Indiana bat and coal mining: a technical interactive forum (Vories, K.C.; Harrington, A., eds.) Alton, IL: U.S. Department of the Interior, Office of Surface Mining: 29-42.

Kurta, A. y Baker, R.H. 1990. *Eptesicus fuscus*. Mammalian Species. 356:1-10.

Leopold A. S. 1950. Vegetation zones of Mexico. Ecology. 31(4): 507-518.

Lewis, S.E. 1995. Roost fidelity of bats: a review. Journal of Mammalogy. 76(2):481-496.

Matson, J.O. 1975. *Myotis planiceps*. Mammalian Species. (60):1-2.

Matson, J. O. y Patten, D.R. 1975. Notes on some bats from the state of Zacatecas, Mexico. Contributions in Science. Natural History Museum of Los Angeles County. 263:1-12.

- Matuda, E. y Piña Luján, I. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Gobierno del estado de México. México.
- McNab, B. K. 1982 Evolutionary alternatives in the physiological ecology of bats. En: Ecology of bats (Kunz, T. H. ed.). Plenum Press, New York, N.Y., EUA.
- McPhee, R. D. E. y Fleming, C. 1999. Requiem A Eternam. The last five hundred years of mammalian species extinctions. In Extinctions in near time. pp. 333- 371. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Medellín R. A., Arita, H., y Sánchez, O. 1997. Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Publicaciones especiales No. 2.
- Medellín R. A., Arita, H., y Sánchez, O. 2009. Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo. Instituto de Ecología, UNAM. Segunda edición. México.
- Menzel, M.A., Owen, S.F., Ford, W.M., Edwards, J.W., Wood, P.B., Chapman, B.R. y Miller, K.V. 2002. Roost tree selection by northern long-eared bat (*Myotis septentrionalis*) maternity colonies in an industrial forest of the central Appalachian mountains. Forest Ecology and Management. 155(1-3):107 114.
- Millsbaugh, J.J. y Marzluff, J.M. 2001. Radio tracking and animal populations. Academic Press San Diego.
- Norberg, U. M. y Rayner, J. M. V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia, Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B 316:337–419.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Diario Oficial de la Federación. México.

O'Farrell, M.J. y Studier, E. H. 1980. *Myotis thysanodes*. Mammalian species. 137:1-5.

Ormsbee, P.C. y McComb, W.C. 1998. Selection of day roosts by female long-legged myotis in the central Oregon Cascade Range. The Journal of Wildlife Management. 62(2):596-603.

Pellmyr, O. 2003. Yuccas, yucca moths, and coevolution: a review. Annals of the Missouri Botanical Garden. 90(1):35-55.

Puechmaille S. J., Verdeyroux, P., Fuller, H., Ar Gouilh M., Bekaert M., Teeling, E. 2010. White-nose syndrome fungus (*Geomyces destructans*) in bat, France. Emerg Infect Dis.

Rabe, M.J., Morrell, T.E., Green, H., deVos Jr, J.C. y Miller, C.R. 1998. Characteristics of ponderosa pine snag roosts used by reproductive bats in northern Arizona. The Journal of Wildlife Management. 62(2):612-621.

Racey, P. A. 1982. Ecology of bat reproduction. Pp. 57–104 in Ecology of bats (T. H. Kunz, ed.). Plenum Press, New York.

Rancourt, S.J., Rule, M.I. y O'Connell, M.A. 2005. Maternity roost site selection of long-eared myotis, *Myotis evotis*. Journal of Mammalogy. 86(1):77-84.

RIC (Resources Inventory Committee). 1998. Animal radio tracking – British Columbia - Handbooks, manuals, etc. I. BC Environment. Resources Inventory Branch. II. Resources Inventory Committee (Canada). Terrestrial Ecosystems Task Force. III. Series

- Romo, A. 1975. VIII. Hormonas vegetales y animales, feromonas, síntesis de hormonas a partir de sustancias vegetales. En: Química, Universo, Tierra y Vida (Romo A. ed.) Fondo de Cultura Económica, México.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.
- Safi, K. y Kerth, G. 2004. A comparative analysis of specialization and extinction risk in temperate-zone bats. *Conservation Biology*. 18(5):1293-1303.
- Sedgeley, J.A. y O'Donnell, C.F.J. 2004. Roost use by long-tailed bats in South Canterbury: examining predictions of roost-site selection in a highly fragmented landscape. *New Zealand Journal of Ecology*. 28(1):1-18.
- Sheldon, S. 1980. Ethnobotany of *Agave lecheguilla* and *Yucca carnerosana* in Mexico's Zona ixtlera. *Economic Botany*. 34(4):376-390.
- Simmons, N. B. 2005. Order chiroptera. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 1:312-529.
- Simpson, M.R. 1993. *Myotis californicus*. *Mammalian Species*. 428: 1-4.
- Snyder, W. 1985. Survival of radio-marked hen ring-necked pheasants in Colorado. *Journal of Wildlife Management* 49:1044–1050,
- United States Geological Survey (USGS). 2010. White-nose syndrome threatens the survival of hibernating bats in North America; consultado el 2 de diciembre de 2010. Documento WWW [<http://www.fort.usgs.gov/wns/>].

- Vaughan, T.A. y O'Shea, T.J. 1976. Roosting ecology of the pallid bat, *Antrozous pallidus*. *Journal of Mammalogy*. 57(1):19-42.
- Velázquez, A., Durán, E., Mas, J., Bray, D. y Bocco, G. 2005. Situación actual y prospectiva del cambio de la cubierta vegetal y usos del suelo en México. En: México, ante los desafíos de desarrollo del milenio. (Zúñiga E. ed.). Consejo Nacional de Población. México.
- Villarreal, J.A. 2001. Listados Florísticos de México. XXIII. Flora de Coahuila. Instituto de Biología, UNAM. México.
- Vonhof, M.J. y Barclay, R.M.R. 1996. Roost-site selection and roosting ecology of forest-dwelling bats in southern British Columbia. *Canadian Journal of Zoology*. 74(10):1797-1805.
- White, G. y Garrott, R. 1987. Analysis of wild-life radio tracking data. New York, Academic Press.

12. ANEXOS

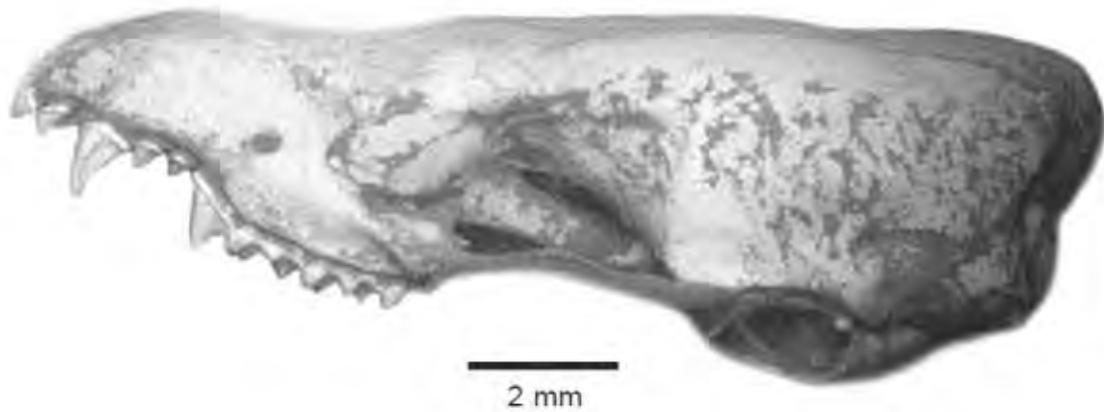
Anexo 1. Mapa de distribución de *Yucca carnerosana* en México (Hochstätter 2004).



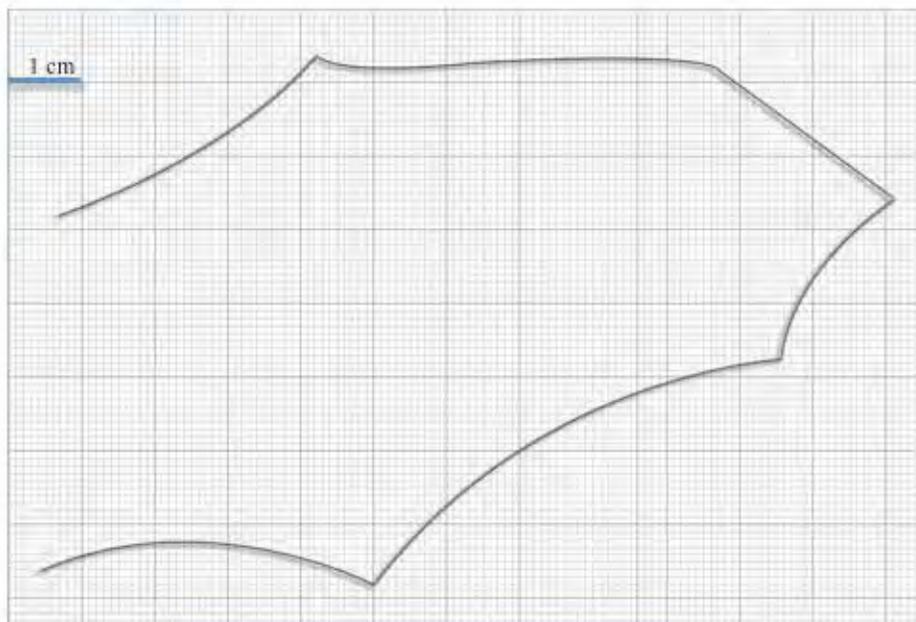
Anexo 2. Listado de especies de murciélagos capturadas en el presente estudio. Se indica su estado de conservación en la NOM-ECOL-059-2001 y el estado en el cual fueron capturados.

	Coahuila	Zacatecas	Nuevo León	NOM-ECOL-059
Familia Vespertilionidae				
<i>Antrozous palidus</i>	X			
<i>Corynorhinus mexicanus</i>		X		
<i>Corynorhinus townsendii</i>		X	X	
<i>Eptesicus fuscus</i>	X		X	
<i>Idionycteris phylotis</i>	X			
<i>Lasiurus borealis</i>	X		X	
<i>Lasiurus cinereus</i>	X		X	
<i>Lasiurus xanthinus</i>	X		X	
<i>Myotis californicus</i>	X	X		
<i>Myotis ciliolabrum</i>		X		
<i>Myotis planiceps</i>	X	X	X	P
<i>Myotis sp.</i>	X			
<i>Myotis thysanodes</i>	X	X	X	
<i>Nycticeius humeralis</i>	X			
Familia Phyllostomidae				
<i>Choeronycteris mexicana</i>		X		A
<i>Leptonycteris nivalis</i>	X		X	A
Familia Mormoopidae				
<i>Mormoops megalophylla</i>		X		
Familia Molossidae				
<i>Tadarida brasiliensis</i>	X		X	

Anexo 3. Cráneo de *M. planiceps*. Muestra el aplanamiento de la bóveda craneal resultado de la especialización para habitar en refugios estrechos. Tomado de Arroyo-Cabrales *et al.* 2005.

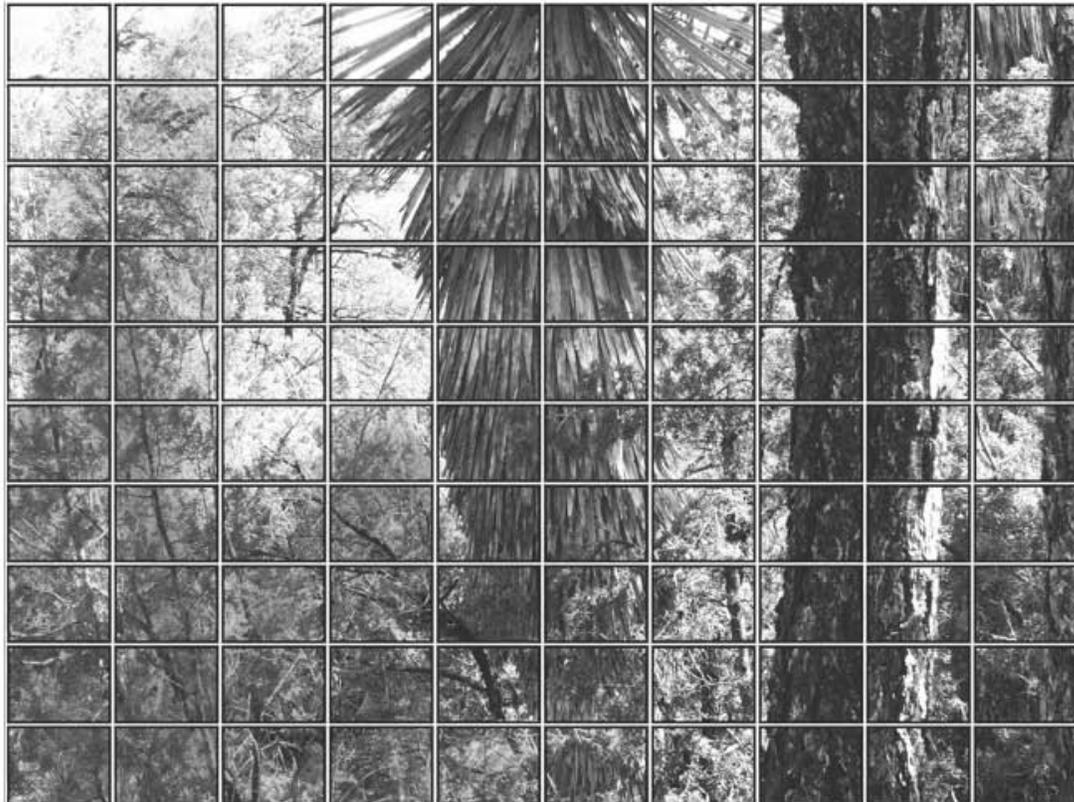


Anexo 4. Ala de *Myotis planiceps* a tamaño real. Posee un ala ancha, por lo que se cree que el tipo de vuelo es lento.

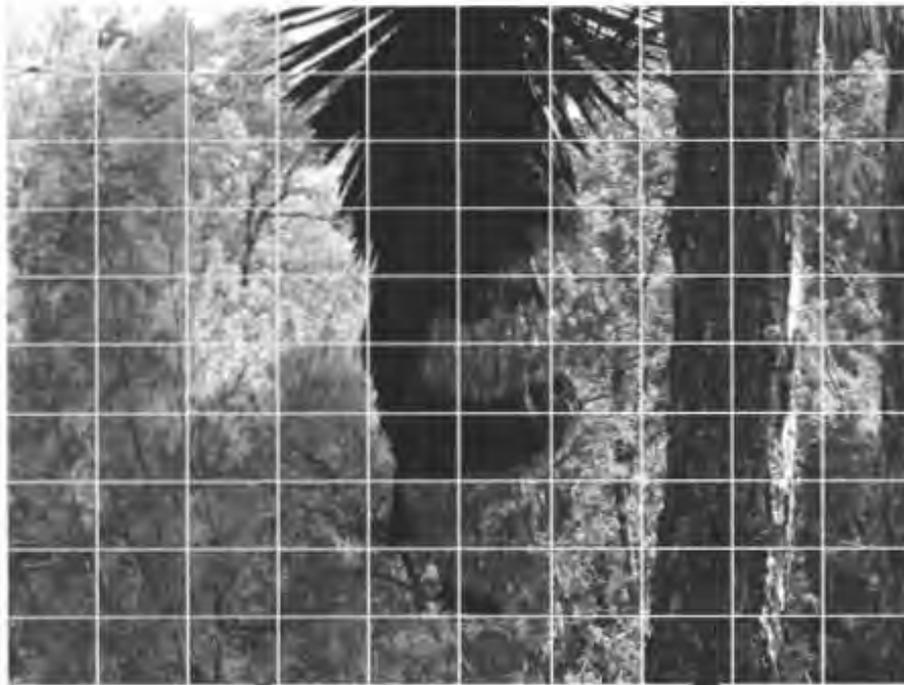


Anexo 5. Esquemas que muestran la metodología para calcular el porcentaje de obstrucción y de cobertura de las Yucas Centrales (Azar y Refugio), a partir del solapamiento de una cuadrícula de 10 x 10.

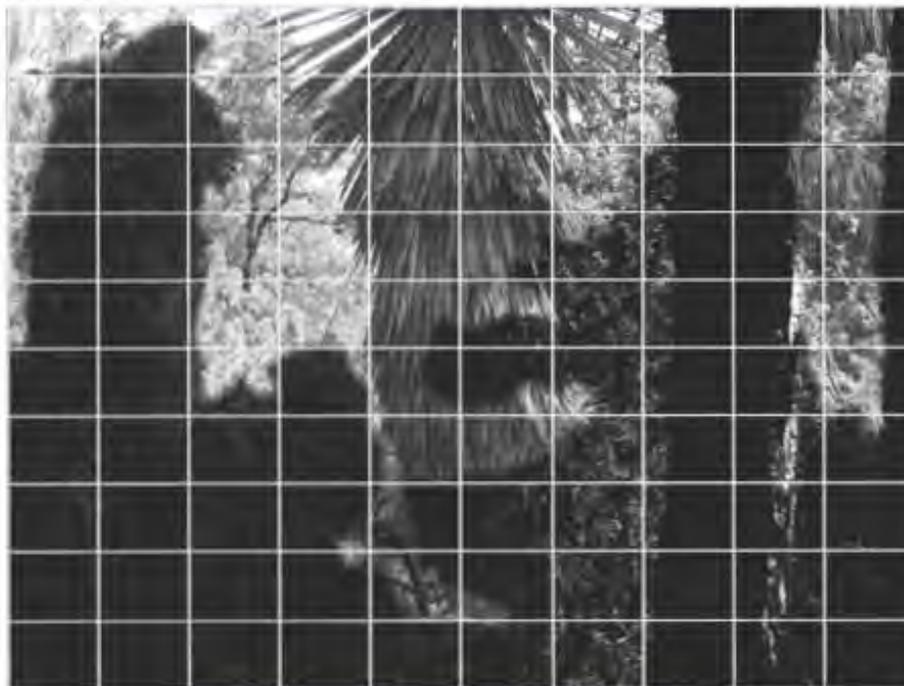
Obstrucción (fotografías tomadas hacia la yuca central):



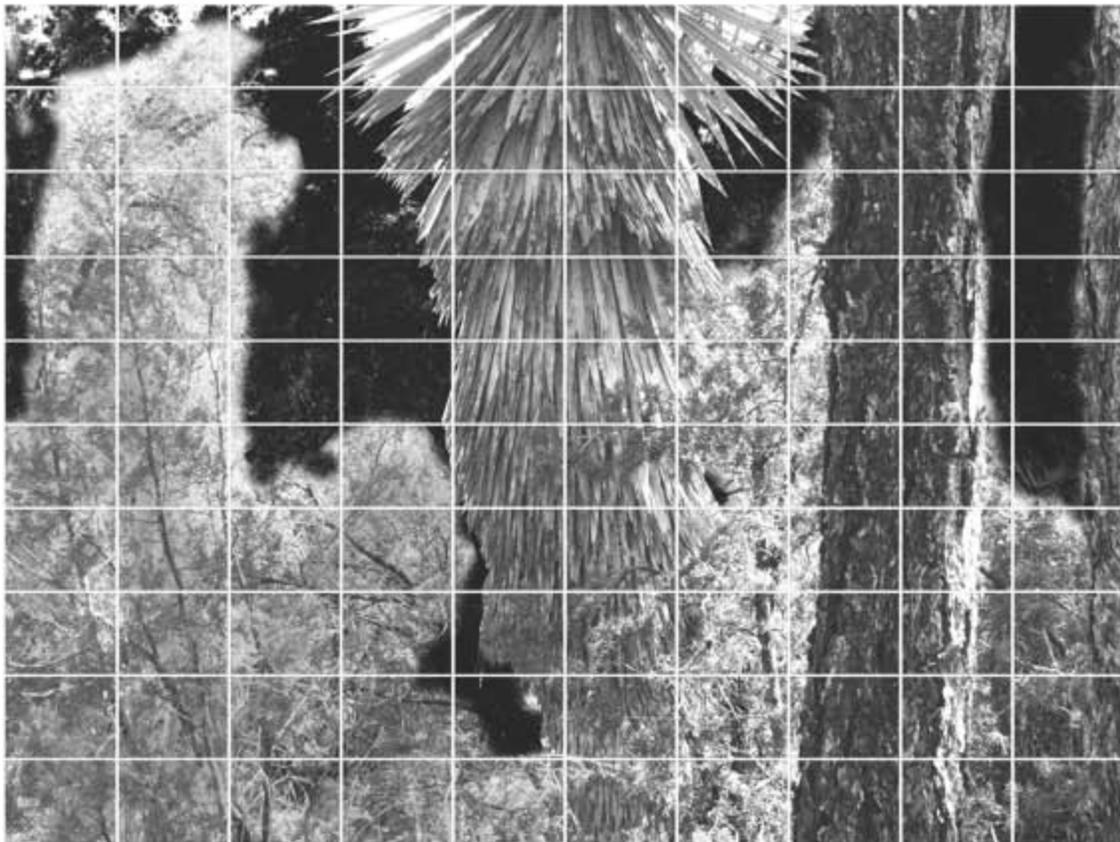
- 1) Fotografía original a la que le sobreponemos en el programa Photoshop una cuadrícula dividida en 100 (10 x 10)



- 2) Muestra la yuca central, a partir de la cual contaremos las plantas que se encuentren delante de ella.

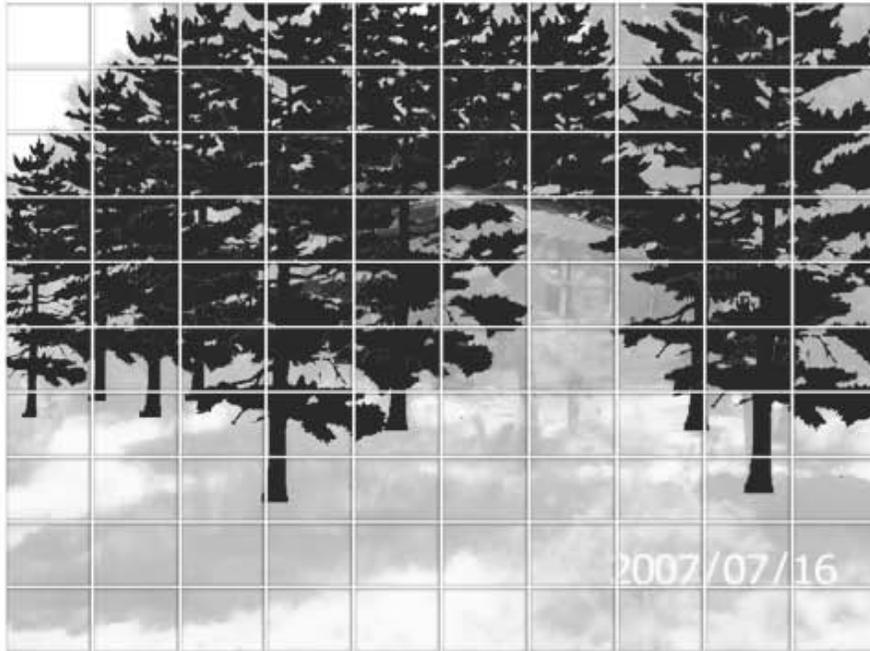


- 3) Contamos el número de cuadros cubiertos por plantas (árboles y arbustos) que se encontraran en primer plano, es decir, aquellos que se localizaban entre la yuca central y el punto donde se tomaba la fotografía.

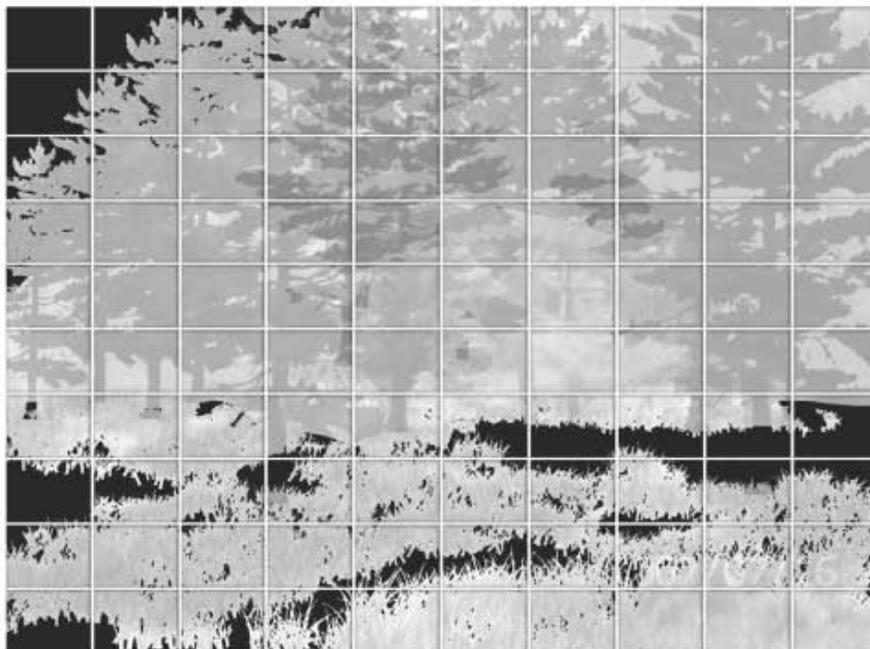


- 4) Muestra la vegetación que se localiza detrás de la yuca central. Dicha vegetación ya no se contabilizaba.

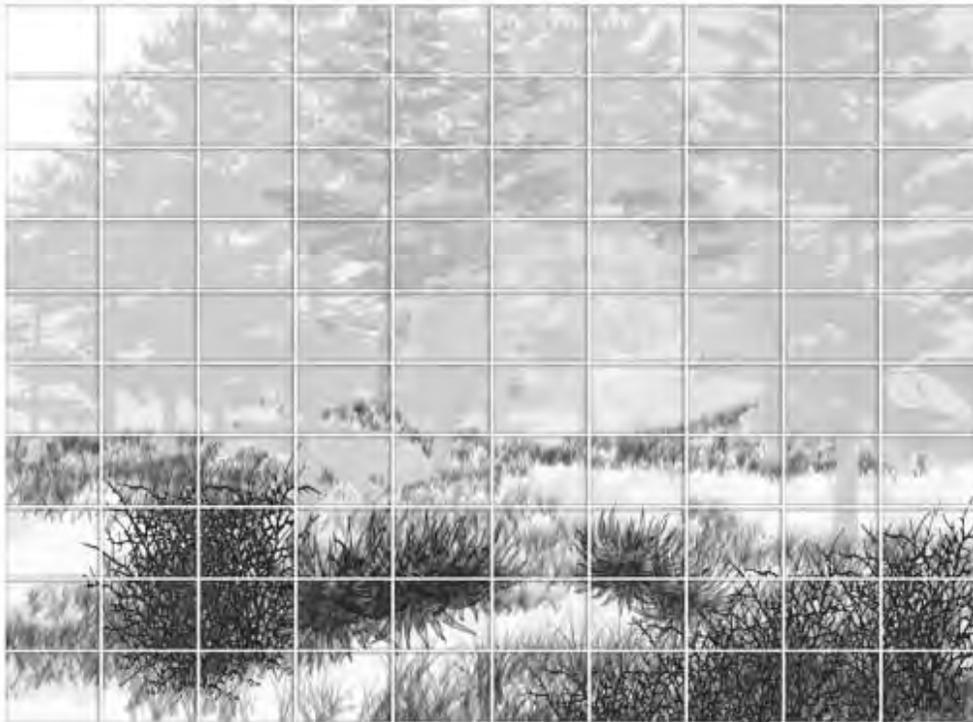
Cobertura vegetal: (Fotografía tomada en dirección opuesta a la yuca central, a una distancia de 2.5m y a 3m de altura).



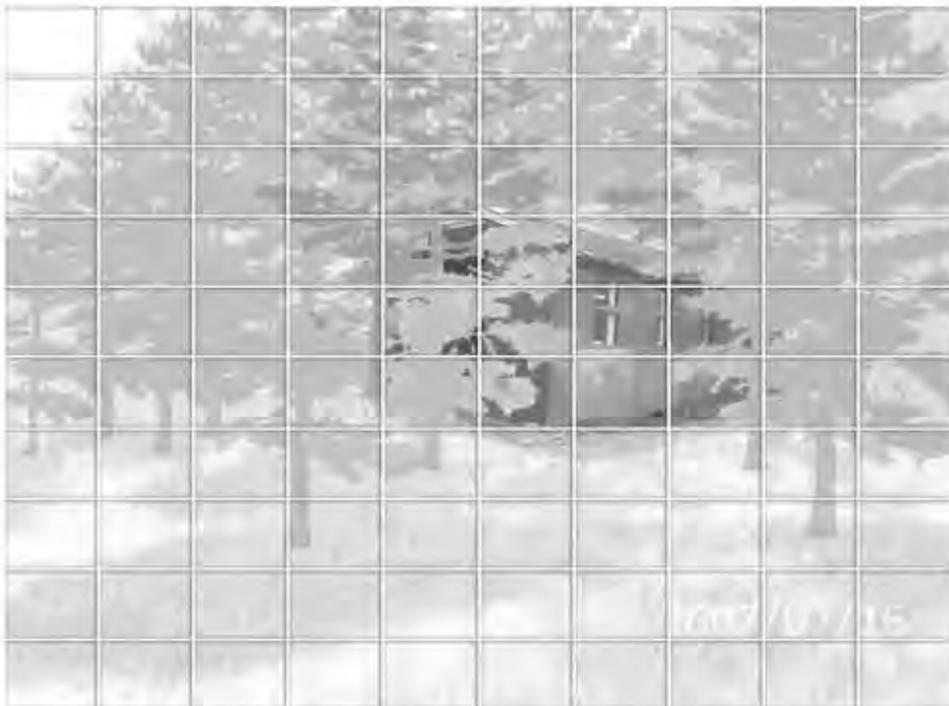
1) Porcentaje de árboles (58%)



2) Porcentaje de suelo y cielo descubiertos (15% suelo, 3% cielo)



3) Porcentaje de arbustos (19%)



4) Porcentaje de "otros" en este caso representado por la casa que se observa en la fotografía. (5%) (Total =100%)