



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS**



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES  
DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS DE 4 REFUGIOS CAVERNÍCOLAS DE  
LA RESERVA DE LA BIÓSFERA SIERRA DE HUAUTLA, MÉXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE LA BIODIVERSIDAD Y LA  
CONSERVACIÓN**

**PRESENTA**

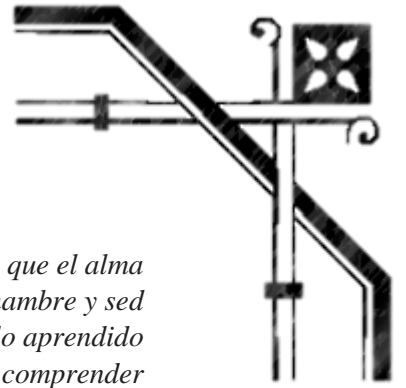
**BIÓL. EMERY FARFAN ESTRADA**

**DIRECTOR**

**DR. JOSÉ ANTONIO GUERRERO ENRÍQUEZ**

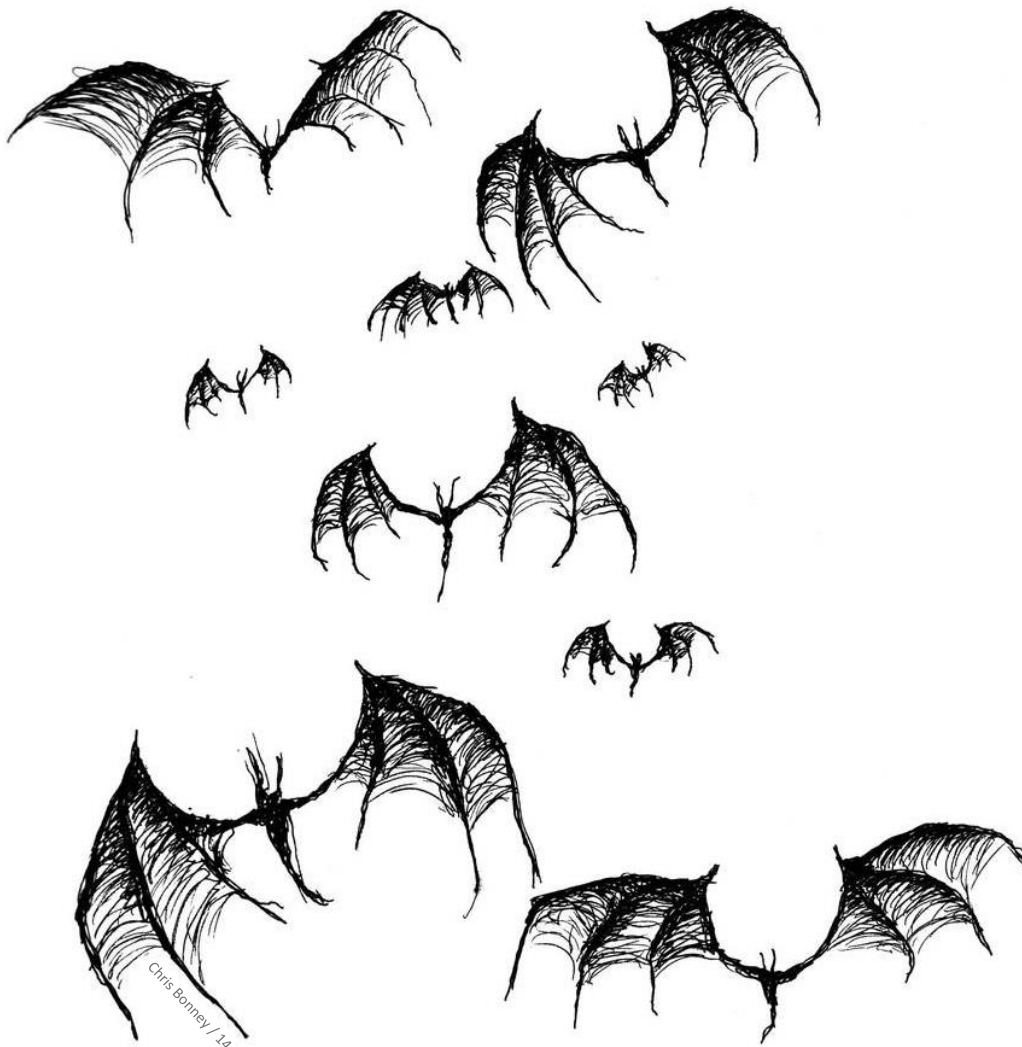
**CUERNAVACA, MOR.**

**FEBRERO DE 2019**



*El mejor día es en el que el alma  
tiene hambre y sed  
no olvides lo aprendido  
no dejes de comprender  
rodéate de buenos  
y tú lo parecerás  
rodéate de sabios  
y algo en ti se quedará...*

*M. Oz*



## **Agradecimientos:**

Al CONACyT por otorgarme la beca #785139

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y el CIByC por darme la oportunidad de seguir superándome profesionalmente.

A mis padres y mis hermanos, este logro también es de ustedes.

Agradezco al Dr. José Antonio Guerrero, por incluirme en su equipo de trabajo, su paciencia y dedicación a este proyecto, le expreso mi admiración por su entusiasmo por los murciélagos y teporingos.

Agradezco a la Dra. Celia López Gonzáles y a la Dra. Areli Rizo Aguilar por sus acertadas recomendaciones, críticas y estar siempre al pendiente del desarrollo de este trabajo.

Agradezco al Dr. Rafael Ávila Flores y al Dr. Xavier López Medellín por sus valiosos comentarios y aportaciones a la revisión de este proyecto.

Agradezco al M en C. Luis Gerardo Ávila TorresAgatón, por iniciar esta investigación y permitirme continuar con ella.

Agradezco el valioso apoyo brindado en campo a Ana Cristel Lara, Enrique Arroyo, Fabrizio Varela, Geovanni Lara, Isabel Ariza, Josué Hernández, Juan M. Uriostegui, Maleny Muñoz, Mariana Solorio, Luisa Rodríguez y Raúl Carmona.

Agradezco la paciencia y disposición de Enrique Arroyo, Carmen Martínez, Josué Hernández y Melina Rodríguez<sup>†</sup>, para contar muchos... muchos murciélagos.

A Anita por estar a mi lado siempre y continuar realizando nuestras metas juntos.

A Juan M. Uriostegui por su asesoría y atención en la mejora el presente trabajo.

A los señores don Lucas, don Amado y don Goyo, por su hospitalidad y atenciones en la estación de Quilamula.

## ÍNDICE

Resumen .....	7
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	9
1.1 Antecedentes .....	12
<b>2. OBJETIVO</b> .....	14
2.1 Objetivos particulares.....	14
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	15
3.1 Área de estudio.....	15
3.2 Sitios de estudio .....	15
3.3 Especies de estudio.....	17
3.4 Estimación del tamaño de las colonias.....	19
3.5 Equipo de grabación e iluminación .....	19
3.6 Obtención de grabaciones durante el periodo de emergencia de los murciélagos .....	19
3.7 Análisis de video y ultrasonidos.....	20
3.8 Evaluación del estado de las colonias de murciélagos insectívoros.....	21
3.9 Estimación y comparación de los tamaños de las colonias entre ambos periodos .....	22
<b>4. RESULTADOS</b> .....	23
4.1 Condiciones actuales de los refugios.....	24
4.2 Evaluación del tamaño de las colonias de <i>Pteronotus davyi</i> .....	27
4.3 Evaluación del tamaño de la colonia de <i>Pteronotus parnellii</i> .....	29
4.4 Evaluación del tamaño de la colonia de <i>Mormoops megalophylla</i> .....	34
4.5 Evaluación del tamaño de la colonia de <i>Myotis velifer</i> .....	37
4.6 Comparación de los conteos totales de los murciélagos insectívoros en 2017 respecto a 2008.....	38
4.7 Comparación de los tamaños de las colonias entre los periodos de 2008 y 2017 .....	38
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	42
<b>6. CONCLUSIÓN</b> .....	47
6.1 Recomendaciones.....	48
<b>7. LITERATURA CITADA</b> .....	50

## Índice de figuras

<b>Fig. 1</b> Ubicación de los refugios monitoreados en el polígono de la REBIOSH .....	16
<b>Fig. 2</b> Posición del sistema de grabación colocado en la entrada de cada refugio .....	20
<b>Fig. 3</b> En la temporada de lluvias, a partir de julio de 2017, la ladera fuera de la cueva fue transformada en un campo de cultivo .....	24
<b>Fig. 4</b> Inundación en 2017 del tiro de 6 m de profundidad, principal salida de los murciélagos de la mina El Clarín .....	25
<b>Fig. 5</b> Se observa la reja que los pobladores colocaron en la entrada de la mina Pájaro Verde .	26
<b>Fig. 6</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>P. davyi</i> (PD) en el refugio Agua Fría en los años 2008 y 2017 .....	27
<b>Fig. 7</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>P. davyi</i> (PD) en el refugio Pájaro Verde en los años 2008 y 2017 .....	28
<b>Fig. 8</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>P. davyi</i> (PD) en el refugio La Pinta en los años 2008 y 2017.....	29
<b>Fig. 9</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>P. parnellii</i> (PP) en el refugio Agua Fría en los años 2008 y 2017 .....	30
<b>Fig. 10</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>P. parnellii</i> (PP) en el refugio El Clarín en los años 2008 y 2017 .....	31
<b>Fig. 11</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>P. parnellii</i> (PP) en el refugio La Pinta en los años 2008 y 2017 .....	32
<b>Fig. 12</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>P. parnellii</i> (PP) en el refugio Pájaro Verde en los años 2008 y 2017.....	33
<b>Fig. 13</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>M. megalophylla</i> (MM) en el refugio La Pinta en los años 2008 y 2017 .....	34
<b>Fig. 14</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>M. megalophylla</i> (MM) en el refugio El Clarín en los años 2008 y 2017 .....	35
<b>Fig. 15</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>M. megalophylla</i> (MM) en el refugio Agua Fría en los años 2008 y 2017.....	36
<b>Fig. 16</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>M. megalophylla</i> (MM) en el refugio Pájaro Verde en los años 2008 y 2017 .....	36
<b>Fig. 17</b> Comparación del tamaño de la colonia de <i>M. velifer</i> (MV) en el refugio Pájaro Verde en los años 2008 y 2017.....	37
<b>Fig. 18</b> Índice de abundancia de las cuatro especies monitoreadas: <b>a)</b> <i>M. megalophylla</i> <b>b)</b> <i>M. velifer</i> <b>c)</b> <i>P. parnellii</i> <b>d)</b> <i>P. davyi</i> - <i>Tiempo 2008</i> : <b>1.-</b> nov, <b>2.-</b> dic, <b>3.-</b> ene, <b>4.-</b> feb-mar, <b>5.-</b> abr-may, <b>6.-</b> jun-jul, <b>7.-</b> ago-sep, <b>8.-</b> oct. - <i>Tiempo 2017</i> : <b>9.-</b> nov, <b>10.-</b> dic, <b>11.-</b> ene, <b>12.-</b> feb-mar, <b>13.-</b> abr-may, <b>14.-</b> jun-jul, <b>15.-</b> ago-sep, <b>16.-</b> oct. La línea roja representa la curva suavizada mediante el GAM. ....	40
<b>Fig. 19</b> Cambios significativos de aumento o disminución de las colonias, entre los años 2008 y 2017, se observa que <i>P. parnellii</i> (a), <i>P. davyi</i> (b) y <i>M. velifer</i> (c) en 2017 fueron significativamente mayores respecto a 2008, mientras que <i>M. megalophylla</i> se observa notablemente menor en 2017. ....	41

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Presencia de las especies de murciélagos insectívoros en los refugios, comparada entre periodos .....	23
<b>Tabla 2</b> Comparación del tamaño de las colonias de murciélagos insectívoros entre los periodos 2008 y 2017, para los cuatro refugios.....	38

## Resumen

El orden Chiroptera es uno de los grupos de vertebrados más diversos que proporcionan importantes servicios ecosistémicos. Sin embargo, casi una cuarta parte de todas las poblaciones de murciélagos se consideran amenazadas como consecuencia de la pérdida y degradación del hábitat, por lo que se requieren esfuerzos de conservación y dada su importancia en los ecosistemas tropicales es necesario evaluar el estado de las poblaciones y su diversidad en escalas de tiempo más largas. La Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla resguarda uno de los últimos vestigios de selva baja caducifolia de la región sur del estado de Morelos. En el 2008 se realizó un estudio durante un año mediante el uso de una técnica audiovisual en el que se cuantificaron los tamaños de las colonias de *Pteronotus davyi*, *Pteronotus parnellii*, *Mormoops megalophylla* y *Myotis velifer* que habitan en cuatro refugios cavernícolas inmersos en la reserva. Nuestro objetivo fue estimar la composición de especies y los tamaños de las colonias durante un ciclo anual de los mismos cuatro refugios cavernícolas para conocer el estado actual en comparación con las cifras del 2008. Entre noviembre de 2016 y octubre de 2017 se realizaron muestreos mensuales emulando la metodología usada en 2008, mediante un sistema que simultáneamente grabó video y ultrasonidos, se cuantificó el tamaño de las colonias mediante el conteo de individuos. Encontramos que las colonias de *P. parnellii*, *P. davyi* y *M. velifer* se incrementaron en un 39%, pero las de *M. megalophylla* sufrieron una importante disminución de un 23%. Los conteos realizados indicaron que *P. parnellii*, *P. davyi* y *M. velifer* aumentaron los tamaños de sus colonias 2017 en relación al 2008, mientras que para *M. megalophylla* se observó una disminución significativa del tamaño de sus colonias respecto al año 2008. La información muestra que a pesar de que tres especies han incrementado el tamaño de

sus colonias en los refugios estudiados en un periodo de casi 10 años, para una especie posiblemente existan factores externos que mantienen presión en la periferia de los refugios, por lo que es importante generar estrategias que armonicen el desarrollo de la región y la protección de la diversidad biológica resguardada en las áreas naturales protegidas.



## 1. INTRODUCCIÓN

La diversidad de vertebrados en el estado de Morelos incluye aproximadamente 664 especies (Guerrero *et al.*, 2015), la mayoría de las cuales habita áreas naturales protegidas. Una de ellas es la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla (REBIOSH), en la que se han registrado 349 especies de vertebrados, de las cuales 66 pertenecen al grupo de los mamíferos (Sánchez y Romero, 1992; Dorado *et al.*, 2005). El orden Chiroptera es el segundo más diverso entre los mamíferos en el mundo (Teeling *et al.*, 2005), con cerca de 140 especies que habitan en México (Ceballos y Oliva, 2005). Los murciélagos son, después de los roedores, el grupo de mamíferos con la mayor riqueza de especies en Morelos (Álvarez-Castañeda, 1996). En la REBIOSH los murciélagos son el grupo más diverso, con 41 especies (Dorado *et al.*, 2005; Rhodes, 2005; Orozco-Lugo *et al.*, 2014).

Los murciélagos brindan diversos servicios ecosistémicos (Kunz *et al.*, 2011), gracias a su capacidad de volar y a la diversidad de sus hábitos alimenticios (Chávez y Ceballos, 2001; MacSwiney *et al.*, 2007). Su diversidad trófica ha contribuido en el mantenimiento y regeneración de la cubierta vegetal (Wilson, 2002) y son importantes en el proceso de sucesión de áreas perturbadas (Galindo-González, 1998). Se ha estimado que 250 géneros de plantas, algunas de valor comercial, necesitan del comportamiento nectarívoro de los murciélagos para su reproducción (Sánchez-Casas y Álvarez, 2000; Fleming *et al.*, 2009). Por otra parte las colonias de murciélagos insectívoros pueden llegar a consumir su peso en insectos en una sola noche (Whitaker, 1995), algunos de ellos nocivos en la agricultura y otros que fungen como vectores de enfermedades humanas (Fenton, 1982).

El crecimiento de la población humana genera un aumento en la producción agrícola para satisfacer la demanda de alimento (Laurance *et al.*, 2014), lo que conlleva el uso de agentes químicos nocivos (Sih *et al.*, 2011), cambio de uso del suelo y urbanización (Voigt y Kingston, 2016). Todo ello causa disturbios en los ecosistemas que habitan los murciélagos y se refleja en la disminución de sus poblaciones (Medellín *et al.*, 2000). Aunado a ello, el rechazo por su aspecto, el cambio climático, enfermedades epidémicas (López-Baucells, *et al.*, 2016) y el ser vectores potenciales de enfermedades para el ser humano (Kunz *et al.*, 2011), ponen a muchas especies de murciélagos en peligro de extinción en un futuro próximo (Medellín *et al.*, 2000; López-Baucells, *et al.*, 2016).

Dentro de las estrategias de conservación más exitosas se encuentran las áreas naturales protegidas (ANPs), porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional destinadas a la conservación *in situ* de los ecosistemas y su diversidad biológica (Guerrero *et al.*, 2015). Sin embargo, las ANPs están constantemente sufriendo daños como cambio de uso de suelo o sobreexplotación, que tienen su raíz en factores sociales, económicos y políticos (Sarukhán *et al.*, 2009). En los últimos años el uso de los murciélagos como indicadores de la salud de los ecosistemas se ha convertido en una alternativa para la estimación de la calidad y éxito en las ANPs (Medellín *et al.*, 2000; Kalko y Handley, 2001).

Los indicadores biológicos son especies sensibles a cambios y perturbaciones de su entorno (Holt y Miller, 2010), a los que responden con alteraciones fisiológicas, cambios en el tamaño poblacional y en sus patrones de reproducción y comportamiento, lo que provoca cambios en la estructura de sus comunidades a través del tiempo (Medellín *et al.*, 2000; García-Morales *et al.*, 2013).

Aunque los murciélagos no se han incluido en programas de monitoreo a largo plazo dentro de áreas determinadas (Jones *et al.*, 2009), las tendencias en la abundancia de sus poblaciones dentro de las ANPs, sugieren que se pueden detectar fluctuaciones poblacionales como resultado de las perturbaciones antropogénicas mediante un monitoreo a largo plazo (Meyer *et al.*, 2010). Ávila-TorresAgatón (2008), realizó un estudio para conocer los tamaños de las colonias de murciélagos que habitan en refugios cavernícolas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH) a lo largo de un año. Detectó una riqueza de 13 especies y cuantificó el tamaño de las colonias de cuatro de ellas: *Pteronotus davyi* (1901 individuos), *Pteronotus parnellii* (15522 individuos), *Mormoops megalophylla* (43511 individuos) y *Myotis velifer* (14379 individuos). Esta información puede ser considerada como una línea base para evaluar el estado de conservación de las especies y poblaciones de este importante grupo de mamíferos en la REBIOSH. Por medio de técnicas audiovisuales, en este trabajo se analiza cómo han cambiado las colonias de murciélagos insectívoros estudiadas por Ávila-TorresAgatón (2008), en un lapso de tiempo de alrededor de 10 años desde su última estimación.

## 1.1 Antecedentes

El monitoreo biológico de las especies permite recopilar información a través del tiempo y el espacio, para evaluar, predecir o prevenir aquellos cambios no deseados, y si es el caso, adoptar un manejo en los cambios que puedan ocurrir (Kremen, 1992; Chediack, 2009). La dinámica de las poblaciones se encuentra influenciada por factores estocásticos, en algunos casos por procesos naturales de las especies o por perturbaciones aleatorias externas a las poblaciones (Bjornstad y Grenfell, 2001). Algunos taxa de invertebrados (McGeoch, 2007) y aves (Gregory *et al.*, 2005) han sido usados como indicadores biológicos debido a su alta riqueza de especies y a sus hábitos especialistas, en los que se ha evaluado el éxito de su conservación, derivadas de las características que les favorecen dentro de las ANPs (Alleva *et al.*, 2006; McGeoch, 2007).

Diversos estudios han centrado sus esfuerzos en entender cuál es la respuesta de las poblaciones de murciélagos ante factores externos, principalmente derivados de la intervención humana sobre el hábitat que ocupan, ya sea por vandalismo a sus refugios o por el temor infundado a las especies por su apariencia (Jones *et al.*, 2009). En Europa Speakman y Thomas (2003) han observado disminuciones en las poblaciones de murciélagos relacionadas con el aumento de la temperatura de los sitios donde hibernan. De acuerdo con estos autores, cambios en la temporalidad de las estaciones del año han modificado el metabolismo basal, lo que cambia el comportamiento de hibernación de los individuos disminuyendo su probabilidad de supervivencia en el invierno, cuando el alimento escasea.

Es posible citar ejemplos en los que los cambios en los patrones de temperatura y precipitación en que proliferan las presas y los frutos que consumen murciélagos como

*Tadarida brasiliensis* y *Eidolon helvum*, respectivamente, han modificado sus ciclos naturales (Richter y Cumming, 2008). Por lo que la disponibilidad de sus presas y frutos han disminuido, con ello se ha provocado que la estructura de las colonias se vea alterada, dando como resultado la reducción de la tasa de supervivencia de los individuos juveniles (Scheel *et al.*, 1996).

Medellín y colaboradores (2000) encontraron una relación importante entre la estructura vegetal y los atributos básicos de la estructura de las comunidades de murciélagos en ambientes sometidos a diferentes gradientes de perturbación humana en la Selva Lacandona, donde las zonas de hábitats inalterados presentaron alta riqueza de especies totales y de especies raras, a diferencia de aquellos donde la vegetación es fragmentada por actividades productivas humanas, donde la riqueza de especies fue significativamente menor.

García-Morales y colaboradores (2013) observaron la respuesta de los diferentes gremios alimenticios a la perturbación del hábitat, siendo los murciélagos, polinívoros y frugívoros tolerantes a la perturbación y sin preferencia entre bosques conservados perturbados. Por el contrario los murciélagos insectívoros aéreos y carnívoros prefirieron bosques preservados.

Gorresen y Willig (2004) evaluaron el grado en el que los atributos del paisaje forestal en condiciones intactas y alteradas se asocian con la abundancia y diversidad de murciélagos en una reserva natural de Paraguay, encontrando que aquellos paisajes fragmentados albergan mayor diversidad de murciélagos, con ello destacaron la importancia de los parches y remanentes, los cuales deben ser tomados en cuenta como parte de estrategias de conservación.

De lo anterior podemos señalar que los factores inducidos por el ser humano, como cambio de uso de suelo o la sobreexplotación de los recursos naturales, se suman a los procesos naturales por los que los murciélagos y otras especies deben enfrentarse todo el tiempo, dichos procesos pueden confundirse al evaluar los cambios que presentan en el tiempo los diferentes niveles ecológicos. Por lo que, frente al panorama difícil que puede ser la conservación de la diversidad biológica, el uso de un grupo biológico como herramienta que refleje el cambio de la calidad del ecosistema que habita, puede contribuir en la mitigación y generación de nuevas iniciativas que lleguen a los tomadores de decisiones. En el presente trabajo se presenta una contribución al conocimiento en la evaluación del cambio que tienen a través de un periodo de tiempo comprendido por casi 10 años, algunas colonias de murciélagos insectívoros dentro de un ANP.

## **2. OBJETIVO**

Estimar la composición de especies y los tamaños de las colonias de los murciélagos insectívoros que habitan cuatro refugios cavernícolas de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, mediante un sistema audiovisual de grabación.

### **2.1 Objetivos particulares**

Comparar las estimaciones del número de los murciélagos y la composición de las especies de las colonias durante el 2017, con los reportados por Ávila-TorresAgatón en el año 2008, usando la misma metodología.

Evaluar los cambios en los tamaños poblaciones totales de 2008 con las de 2017.

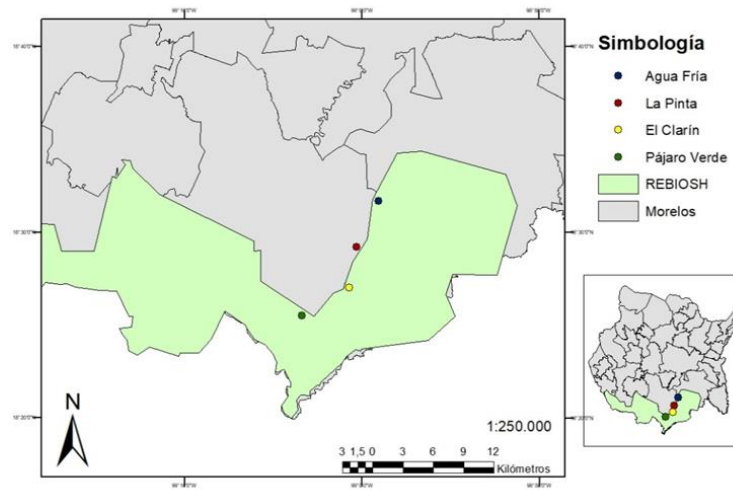
### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Área de estudio**

La REBIOSH es una ANP ubicada en los municipios de Tlaquiltenango, Puente de Ixtla, Tepalcingo, Ciudad Ayala y Jojutla dentro de la Cuenca del Río Balsas; cuenta con una superficie de 51031 ha, y es el último relictos de selva baja caducifolia (SBC) de Morelos (Rzedowski, 1978). Es el área mejor conservada de la región sur del estado, lo que la hace un reservorio importante en la conservación de los recursos naturales del trópico seco mexicano (Dorado *et al.*, 2005).

#### **3.2 Sitios de estudio**

De los meses de noviembre de 2016 a octubre de 2017, se muestrearon 3 minas abandonadas y una cueva ubicadas en la REBIOSH, las mismas que Ávila-TorresAgatón reportó en 2008: Mina La Pinta (N 18°27'46.7" W 99°00'53.0"), Mina El Clarín (N 18°27'03.8" W 99°00'55.4"), Mina Pájaro Verde (N 18°26'31.4" W 99°02'48.1") y Cueva Agua Fría (N 18°32'32.7" W 98°59'56.9"); Fig. 1).



**Fig. 1** Ubicación de los refugios monitoreados en el polígono de la REBIOSH



### 3.3 Especies de estudio

El estudio de Ávila-TorresAgatón (2008) se enfocó en los murciélagos insectívoros, ya que sus pulsos de ecolocalización son altamente especializados para orientarse, detectar, rastrear y capturar a sus presas; por ello sus pulsos de ultrasonido son de corta duración, abarcan una fracción de un segundo y generalmente están a una frecuencia entre 20 kHz y 200 kHz (Fenton, 2002).

Ávila-TorresAgatón (2008) documentó las siguientes especies:

*Pteronotus davyi*: pertenece a la familia Mormoopidae, es una especie muy pequeña (entre 63 y 87 mm de longitud total), con un peso entre 7 y 8 g (Adams, 1989; Robles *et al.*, 2015). Su característica principal es la ausencia de pelo en el dorso y pelaje color café oscuro, se les encuentra en refugios oscuros, húmedos y cuevas cálidas, espacios entre rocas, minas y túneles (Ceballos y Oliva, 2005). Características de los pulsos de ecolocalización: Intervalo entre pulsos (ms) 64.8; duración (ms) 6.4 ( $\pm 0.02$ ); frecuencia inicial (kHz) 71.5 ( $\pm 0.05$ ); frecuencia final (kHz) 59.4 ( $\pm 0.03$ ); frecuencia máxima de amplitud (kHz) 73.3 ( $\pm 0.03$ ); frecuencia cuasi constante (kHz) 62.1 ( $\pm 0.02$ ); armónicos 3 (Orozco-Lugo *et al.*, 2013).

*Pteronotus parnellii*: es el mormópido más grande de su género, entre 73 a 102 mm de longitud total y 19 y 24 g de peso (Herd, 1983; Robles *et al.*, 2015). Tiene orejas lanceoladas, presenta verrugas en el borde del labio inferior, presenta uropatagio amplio y desnudo, posee un tercio de la cola incluida en él. Forma colonias separadas de machos y hembras, prefiere refugiarse en cuevas y túneles grandes. Comúnmente comparte los refugios con otras especies de murciélagos (Ceballos y Oliva, 2005; Núñez, 2005). Características de los pulsos de ecolocalización: Intervalo (ms) 64.8; duración (ms) 27.8 ( $\pm 3.1$ ); frecuencia inicial (kHz) 63.1 ( $\pm 1.8$ ); frecuencia final (kHz)

55.7 ( $\pm 2.8$ ); frecuencia máxima de amplitud (kHz) 63.1 ( $\pm 1.1$ ) (Orozco-Lugo *et al.*, 2013).

*Mormoops megalophylla*: comúnmente conocido como murciélago cara de fantasma, pertenece a la familia Mormoopidae, mide entre 68 y 107 mm de longitud total y pesa entre 10 y 20 g (Rezsutek y Cameron, 1993; Robles *et al.*, 2015). El rostro presenta pliegues de piel, tiene orejas cortas y redondeadas conectadas por un pliegue a la frente, el pelaje puede variar entre anaranjado brillante, café rojizo y gris. El uropatagio cubre las piernas y su cola está incluida en él. Habita cuevas con humedad y temperatura relativamente altas. Comparte refugio con otras especies de murciélagos (Ceballos y Oliva, 2005). Características de los pulsos de ecolocación: Intervalo (ms) 46.4; duración (ms) 6.9 ( $\pm 0.06$ ); frecuencia inicial (kHz) 57.07 ( $\pm 0.04$ ); frecuencia final (kHz) 44.6 ( $\pm 0.06$ ); frecuencia máxima de amplitud (kHz) 52.3 ( $\pm 0.09$ ); frecuencia cuasi constante (kHz) no presenta; armónicos: 3 (Orozco-Lugo *et al.*, 2013).

*Myotis velifer*: pertenece a la familia Vespertilionidae, mide entre 80 y 109 mm de longitud total y pesa entre 6 y 11 g. Tiene el rostro ancho con nariz rechoncha (Fitch *et al.*, 1981; Núñez, 2005; Robles *et al.*, 2015). El pelaje es largo, sedoso, con tonalidades que van de café claro a café oscuro casi negro y bicolor en la base del pelo, variando entre pardo claro o sepia oscuro (Fitch *et al.*, 1981). Como en todos los vespertiliónidos, la membrana interfemoral envuelve la cola, posee patas robustas y largas. Habita cuevas, minas y estructuras abandonadas, donde forma grandes colonias de reproducción y maternidad (Ceballos y Oliva, 2005). Características de los pulsos de ecolocación: Intervalo (ms) 68; duración (ms) 4 ( $\pm 0.02$ ); frecuencia inicial (kHz) 82.1 ( $\pm 0.4$ ); frecuencia final (kHz) 39.5 ( $\pm 0.03$ ); frecuencia máxima de amplitud (kHz) 49.5 ( $\pm 0.2$ ); frecuencia cuasi constante (kHz) 42.7 ( $\pm 0.03$ ); armónicos: 0 (Orozco-Lugo *et al.*, 2013).

### 3.4 Estimación del tamaño de las colonias

Para cada refugio se realizó un conteo de murciélagos a la salida del refugio con un sistema de grabación de video y ultrasonidos (Rizo-Aguilar *et al.*, 2015). Se grabó por dos noches al mes, dos sitios simultáneamente, evitando los periodos de luna llena (Erkert, 1982). Se grabó durante 2 horas a partir de la puesta del sol.

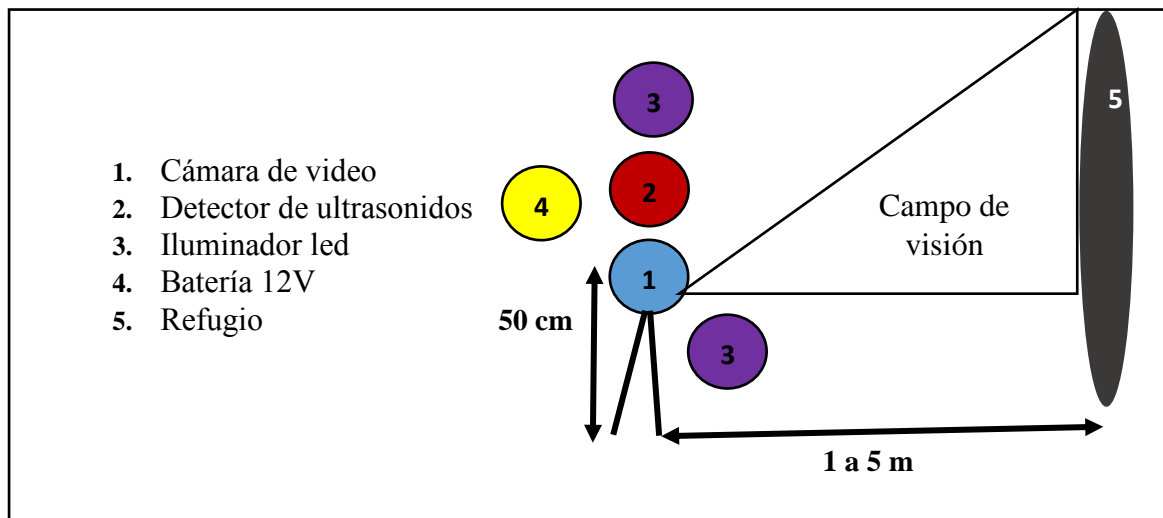
### 3.5 Equipo de grabación e iluminación

Se emplearon dos videocámaras Sony Handycam de modelo DCR-DVD308 y DCR-DVD505 con función Nighth Shot (visión nocturna) para grabar video. Para iluminar más el campo de visión y mejorar la calidad de las grabaciones, se emplearon cuatro lámparas de 140 LEDs infrarrojos, transparentes, de 5 mm de diámetro alimentadas con baterías de 12V. Se colocaron dos lámparas a un costado de cada videocámara. Los sonidos de ecolocación se grabaron simultáneamente con detectores de ultrasonidos Echo Meter 3+ (Wildlife Acoustics) y Song Meter SM4BAT FS (Wildlife Acoustics) colocados a un costado de cada videocámara.

### 3.6 Obtención de grabaciones durante el periodo de emergencia de los murciélagos

El sistema de grabación se colocó frente a la salida del refugio de la siguiente manera: la videocámara se montó en un tripié aproximadamente a 50 cm del suelo sujeta con una lámpara led, una segunda lámpara se colocó también apuntando a la

entrada del refugio desde otro ángulo de tal manera que se iluminó todo el campo de visión de la videocámara (Fig. 2); las lámparas fueron conectadas a una batería de 12V. De manera simultánea se grabaron los sonidos de ecolocación con el detector en el mismo ángulo al campo de visión, en sistema dividido y expandido. El sistema de grabación se revisó constantemente para asegurar su correcto funcionamiento.



**Fig. 2** Posición del sistema de grabación colocado en la entrada de cada refugio

### 3.7 Análisis de video y ultrasonidos

Las grabaciones de ultrasonido obtenidas se analizaron mediante el programa BatSound Pro 3.1, siguiendo el protocolo establecido por Rizo-Aguilar (2008) y siguiendo las descripciones de fonogramas en estudios previos para asegurar su correcta identificación (Orozco-Lugo, 2007; Ávila-TorresAgatón, 2008; Rizo-Aguilar, 2008; Orozco-Lugo *et al.*, 20013).

Cuando se identificaron las especies grabadas acústicamente, se contrastaron los tiempos de ambas grabaciones, de tal manera que coincidieran los tiempos entre ambas.

De esta manera se pudo contar el número de individuos que aparecían en pantalla e identificar a cuál especie pertenecía.

El video se reprodujo en una PC con el programa Sony Vegas Pro 13.0 y utilizando contadores mecánicos se contabilizó la cantidad de organismos que salían y entraban a diferentes intervalos de tiempo, dependiendo de la cantidad de individuos que aparecían en pantalla, se tomaron los siguientes criterios:

Cuando fue posible diferenciar cada individuo al haber poca salida y entrada al inicio y al final de las grabaciones, el video se analizó a velocidad normal; en momentos donde se observaron pocos individuos de una o más especies pero no se saturaba por completo la pantalla, el análisis del video se fraccionó en periodos de 5 a 10 minutos en cámara lenta; cuando emergió más de una especie simultáneamente, no se diferenciaban individuos y la pantalla se saturó, el video fue analizado cuadro por cuadro por cada minuto de grabación. Para asegurar que no existieran errores de conteo, se revisó varias veces la misma sección del video.

### 3.8 Evaluación del estado de las colonias de murciélagos insectívoros

El tamaño de la colonia para cada evento de grabación se estimó con la siguiente fórmula:

$$N = le - li$$

Donde N= tamaño de la colonia de la especie i; le= número de individuos que emergen del refugio y li = número de individuos que ingresan al refugio.

### 3.9 Estimación y comparación de los tamaños de las colonias entre ambos periodos

Para evaluar los cambios en las tendencias de los tamaños las colonias de cada especie se utilizó la metodología propuesta por Fewster y colaboradores (2000). Este método consiste en usar un Modelo Generalizado Aditivo (GAM) para modelar la tendencia de las colonias usando una función del tiempo suavizado no lineal para estimar un índice de abundancia como un indicador del tamaño de las colonias, dado por la siguiente formula:

$$I(t) = \frac{\text{recuento total estimado para el periodo } t}{\text{recuento total estimado para el periodo } 1} = \frac{\exp(\hat{s}(t))}{\exp(\hat{s}(1))}$$

Donde  $I(t)$ = índice de abundancia por periodo;  $t$ = periodo inicial del conteo;  $1$ = conteo actual;  $s$ = función suavizada del tiempo.

Una vez estimados los índices de abundancia en los diferentes periodos de muestreo, se estimaron la 2 a, 4 a y 6a derivadas del índice, se realizó un bootstrap con 399 réplicas para seleccionar el modelo más suavizado, para interpretar de manera gráfica las modificaciones del índice de abundancia durante los dos periodos. En los periodos de muestreo en los cuales las derivadas seleccionadas presentan una pendiente significativamente distinta de cero, ésta indicó que la población estadísticamente sufrió un cambio, ya sea que se haya incrementado o haya disminuido (Fewster *et al.*, 2000).

Para evaluar si ha habido cambios significativos entre años en el tamaño de las colonias entre los años 2008 y 2017 se utilizó un Modelo Lineal Generalizado (GLM) de la familia Poisson, considerando los conteos totales de cada mes para cada especie (Venables y Ripley, 2002).

Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software R con la interface RStudio versión 1.1.423 con los paquetes MASS, akima y robustbase.

#### 4. RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 12 videos y grabaciones de ultrasonidos (2 horas cada uno) de la mina La Pinta, 11 videos y grabaciones de ultrasonidos de la cueva Agua Fría y mina El Clarín debido a que no fue posible grabar diciembre en ambos casos, y 11 para Pájaro Verde (excepto agosto por problemas técnicos con los detectores).

El esfuerzo total de grabación fue de 88 horas de video y ultrasonidos. En la tabla 1 se muestran los registros de las especies de murciélagos insectívoros comparados con los reportados en el año 2008.

**Tabla 1** Presencia de las especies de murciélagos insectívoros en los refugios, comparada entre periodos

Especie	Agua fría		La pinta		El clarín		Pájaro verde	
	2017	2008	2017	2008	2017	2008	2017	2008
<i>Mormoops megalophylla</i>	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
<i>Pteronotus davyi</i>			✓	✓	✓		✓	
<i>Pteronotus parnellii</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Myotis velifer</i>	✓	✓						

#### 4.1 Condiciones actuales de los refugios

Los refugios mantienen gran parte de las características que se reportaron en 2008, sin embargo hubo algunos cambios significativos tanto al interior como en el exterior de los refugios. En el interior de la cueva Agua Fría, por observaciones personales se encontraron restos de antorchas, basura y llantas. El cambio más drástico fue fuera de la cueva, ya que a menos de 5 metros una ladera cubierta de vegetación nativa en 2008 se ha transformado en un campo de cultivo de maíz y calabaza (Fig. 3).



**Fig. 3** En la temporada de lluvias, a partir de julio de 2017, la ladera fuera de la cueva fue transformada en un campo de cultivo

En la mina El Clarín se notó una alta perturbación ocasionada por personas que la visitan, se encontró basura y en ocasiones se usa para practicar rappel. En septiembre de 2017, debido a las fuertes lluvias en la región, la sección profunda de la mina se inundó por completo, sin embargo nuestras observaciones no indican que los murciélagos se hayan desplazado a otros refugios, sino que ocuparon la sección alta de la mina (Fig. 4).





**Fig. 4** Inundación en 2017 del tiro de 6 m de profundidad, principal salida de los murciélagos de la mina El Clarín

Para el caso de la mina Pájaro Verde, no se observaron perturbaciones importantes en las afueras de la misma y se ha mantenido inundada (por debajo de un metro), sirviendo de almacenaje de agua en su interior durante todo el año. Sin embargo durante el mes de septiembre de 2017 los pobladores llevaron una reja con el tamaño y la forma de la entrada de la mina, cabe destacar que no fue colocada de manera fija y tampoco obstruyó el paso de los murciélagos durante el resto del muestro, pero sí permaneció recargada en la entrada, por lo que después de nuestras visitas las condiciones de la mina como refugio de murciélagos posiblemente se vea comprometida ya que la reja no tiene aberturas por donde puedan salir los murciélagos y la mina no tiene otra salida (Fig.5).



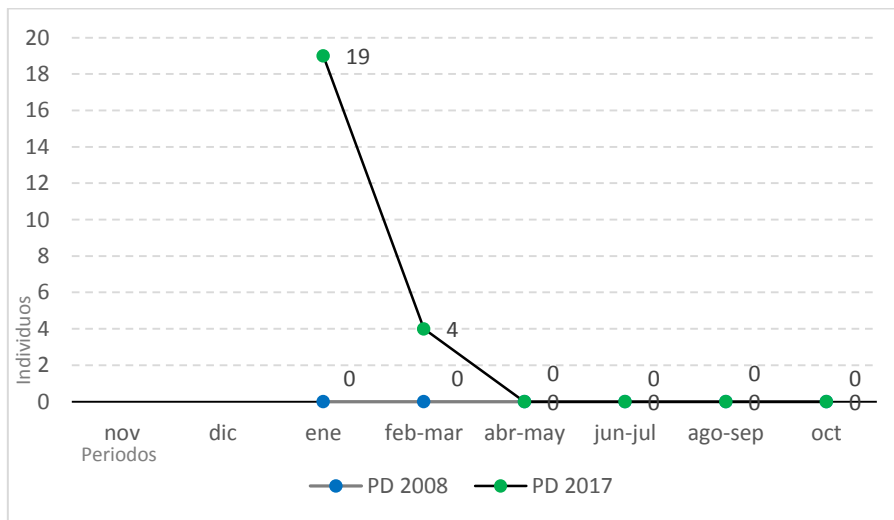
**Fig. 5** Se observa la reja que los pobladores colocaron en la entrada de la mina Pájaro Verde

Finalmente, la mina La Pinta no presentó cambios en sus alrededores y el ganado entra algunos metros en la mina, ya que se observaron excrementos por el suelo. Cabe mencionar que en 2008 se reportaba la presencia de individuos de la especie *Balantiopteryx plicata* en la entrada de mina, sin embargo durante el periodo del monitoreo de 2017 ya no se registró esta especie, pero en incursiones al interior de la mina, se capturaron 4 individuos de la especie *Natalus mexicanus*, la cual no se mencionó que ocupara el refugio en 2008.

Como se reportó en 2008, aún se extrae guano del interior de La Pinta para su aprovechamiento como fertilizante de cultivos, sin embargo la técnica usada para la extracción es invasiva, ya que se pudieron observar antorchas y fogatas improvisadas por el suelo, posiblemente para ahuyentar a los murciélagos mientras se recolecta el producto.

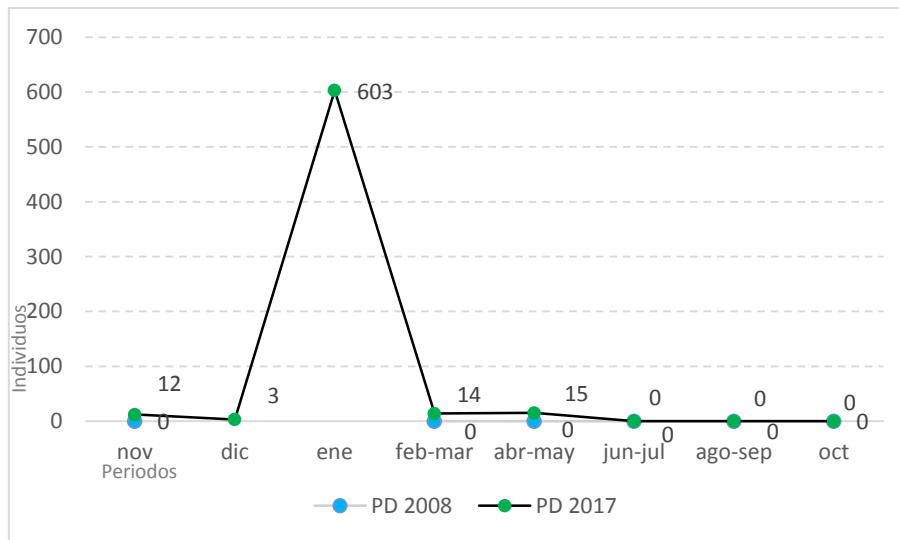
#### 4.2 Evaluación del tamaño de las colonias de *Pteronotus davyi*

Esta especie estuvo presente en tres refugios. En la cueva Agua Fría solo se registraron 19 individuos en el periodo de enero y 4 en el periodo comprendido entre febrero y marzo (Fig. 6). Ávila-TorresAgatón (2008) no reportó esta especie en la cueva.



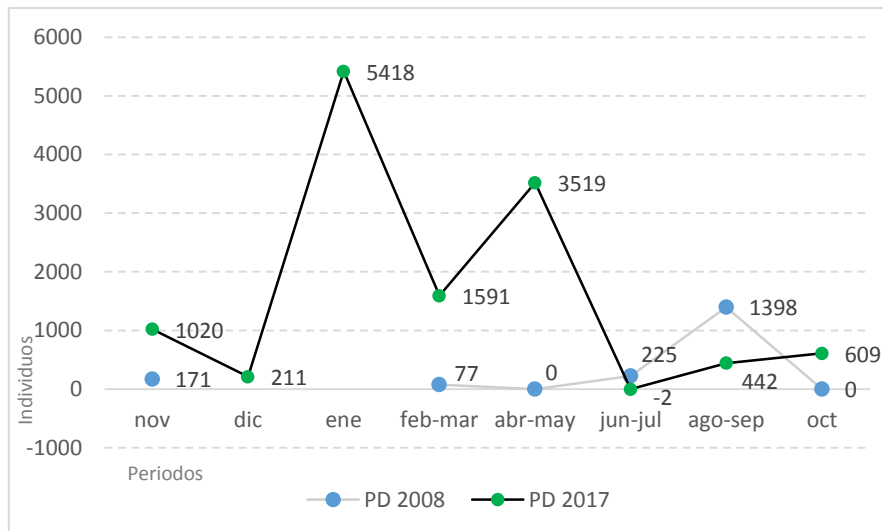
**Fig. 6** Comparación del tamaño de la colonia de *P. davyi* (PD) en el refugio Agua Fría en los años 2008 y 2017

En la mina Pájaro Verde se observó presencia de individuos de *P. davyi* de los meses de noviembre de 2017 a mayo de 2018. Cabe destacar que en el mes de enero la colonia se incrementó de cero a 603 individuos (Fig. 7); en 2008 no se reportó su presencia.



**Fig. 7** Comparación del tamaño de la colonia de *P. davyi* (PD) en el refugio Pájaro Verde en los años 2008 y 2017

En la mina La Pinta el conteo de individuos de *P. davyi* se incrementó respecto a lo que se reportó en 2008; durante el año de monitoreo la población se mantuvo fluctuando teniendo dos picos máximos en enero (5,418 individuos) y abril-mayo (3,519), y siendo el periodo de diciembre el que menor número de individuos presentó, con 211. En el periodo junio-julio se observó que, según la fórmula utilizada, en este periodo entraron más individuos (41 individuos) que los que salieron (39 individuos; Fig. 8).



**Fig. 8** Comparación del tamaño de la colonia de *P. davyi* (PD) en el refugio La Pinta en los años 2008 y 2017

El mayor conteo de individuos de *P. davyi* fue en 2017, con un total de 12,809 individuos en el año, lo que difiere del número total que se reportó para el mismo periodo en 2008, con 1,871 individuos en La Pinta.

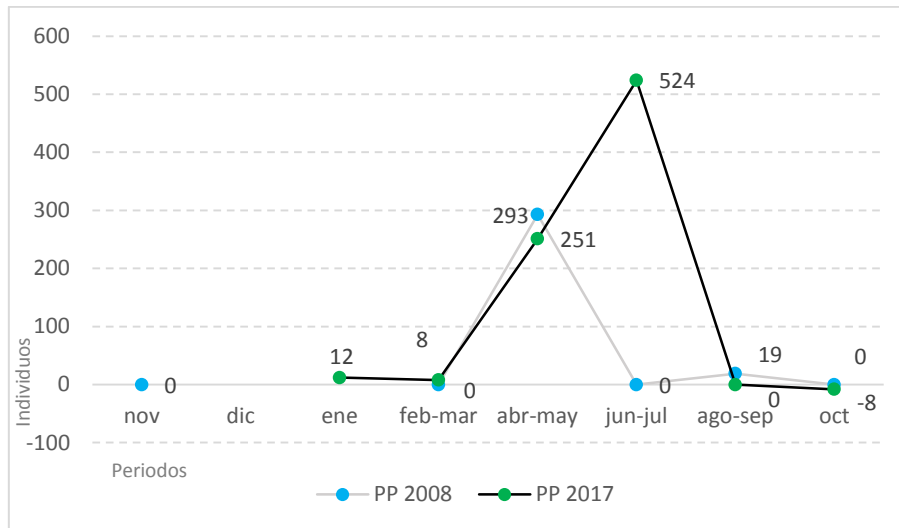
En los tres refugios *P. davyi* aumentó el tamaño de su colonia en el mes de enero.

#### 4.3 Evaluación del tamaño de la colonia de *Pteronotus parnellii*

Este mormópido mostró dos tipos de tendencias, en Agua Fría y El Clarín ocuparon los refugios de enero hasta octubre, en tanto que en La Pinta y Pájaro Verde permanecieron a lo largo del año con fluctuaciones de su tamaño de las colonias a lo largo del monitoreo.

*P. parnellii* se observó en la cueva Agua Fría a partir de enero, el tamaño de la colonia se incrementó hasta tener un pico máximo en el periodo de junio-julio con 524 individuos y un mínimo de 19 individuos en el periodo agosto-septiembre. Similar a *P.*

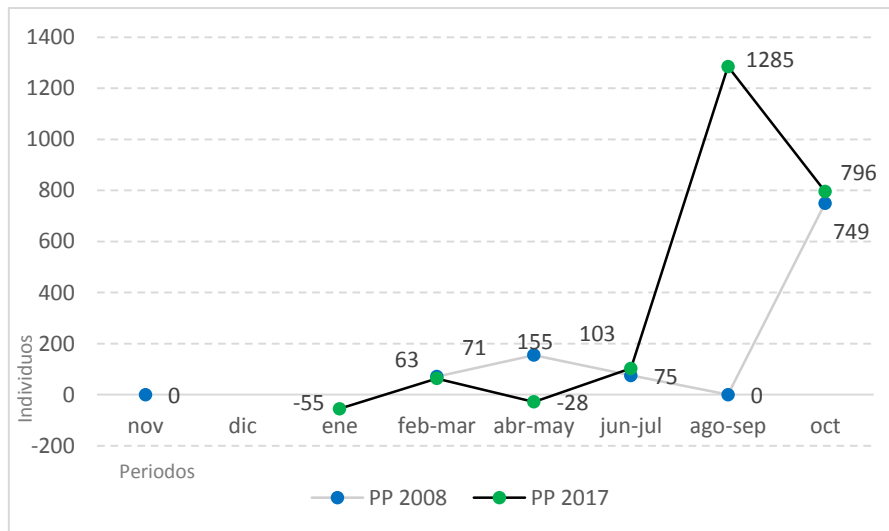
*davyi*, en el periodo se observó una tendencia negativa (Fig. 9) en el mes de octubre. La colonia se ha mantenido en la mina, el número de individuos contado fue similar en el periodo abril-mayo para ambos años de monitoreo, pero fue muy diferente para el periodo junio-julio.



**Fig. 9** Comparación del tamaño de la colonia de *P. parnellii* (PP) en el refugio Agua Fría en los años 2008 y 2017

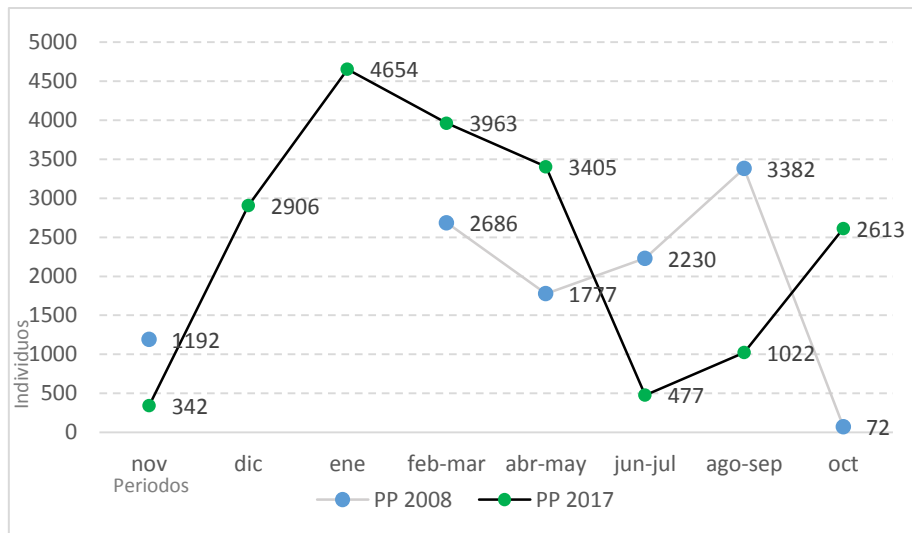
La colonia de *P. parnellii* en la mina El Clarín tuvo un pico máximo en el periodo agosto-septiembre con 1,285 individuos contabilizados. Los valores fueron similares entre lo que se reporta en 2008 (749 individuos) y 2017 (796) para el mes de octubre.

También se observó una tendencia de la colonia hacia valores negativos para el periodo de enero donde salieron 467 individuos y entraron 522 mientras que en abril-mayo salieron 183 individuos y entraron a la mina 211 individuos (Fig. 10), a diferencia del año 2008, cuando la colonia presentaba en el mismo periodo 155 individuos. Cabe destacar que durante el periodo agosto-septiembre de 2008, la colonia de *P. parnellii* mostró tener un pico elevado con 1,285, mientras que en 2017 no se contabilizaron individuos.



**Fig. 10** Comparación del tamaño de la colonia de *P. parnellii* (PP) en el refugio El Clarín en los años 2008 y 2017

El conteo de individuos de *P. parnellii* en 2017 en La Pinta muestra que su colonia fue incrementando de diciembre a enero, donde tuvo su mayor pico con 4,654 individuos (en 2007, el mayor pico fue en agosto-diciembre con 3382 individuos), para disminuir continuamente hasta junio-julio, donde desciende a 477 individuos (en 2007 disminuyó a 72 individuos en octubre). Posteriormente se observa que la colonia vuelve a aumentar en los periodos agosto-septiembre y octubre con 1,022 y 2,613 respectivamente (Fig. 11).

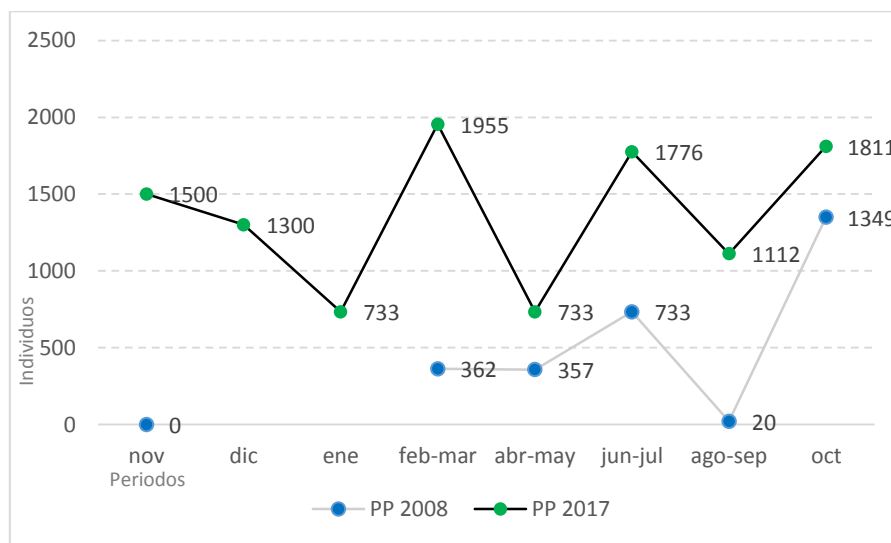


**Fig. 11** Comparación del tamaño de la colonia de *P. parnellii* (PP) en el refugio La Pinta en los años 2008 y 2017



El conteo de *P. parnellii* en la mina Pájaro Verde muestra que la especie tuvo fluctuaciones en el tamaño de su colonia durante nuestro periodo de monitoreo, similares a las reportadas por Ávila-TorresAgatón (2008): los picos mínimos y máximos fueron similares entre ambos estudios, sin embargo nuestros resultados indican que la colonia se ha incrementado.

El pico máximo de la colonia en 2017 se dio en el periodo febrero-marzo con 1,955 individuos, mientras que el mínimo se presentó de enero a marzo, con 733. Cabe destacar que este valor fue el que se reportó como máximo en el año 2008 durante el periodo junio-julio (Fig. 12).



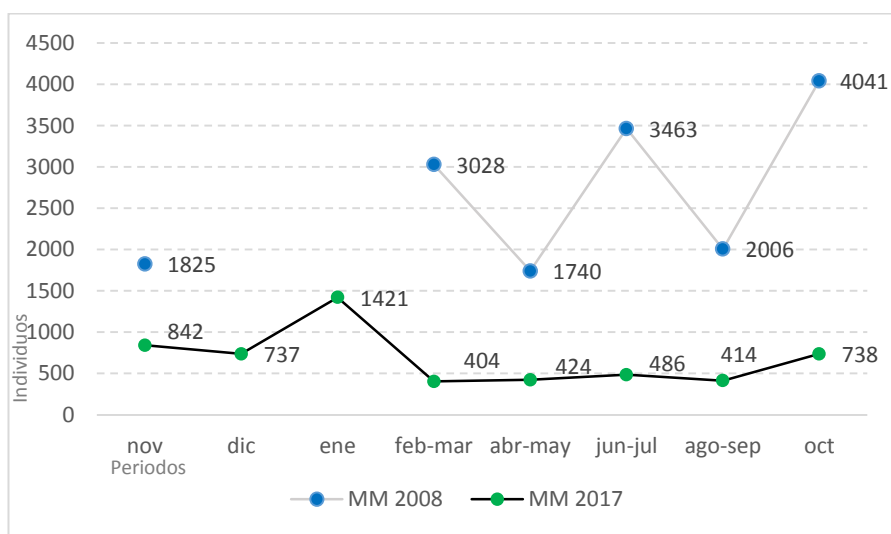
**Fig. 12** Comparación del tamaño de la colonia de *P. parnellii* (PP) en el refugio Pájaro Verde en los años 2008 y 2017

En nuestro periodo de estudio, el total de individuos en los cuatro refugios de *P. parnellii* fue la especie de mayor en su colonia de Pájaro Verde con 19,382 individuos a lo largo del año comparado con los 11,339 reportados en 2008.

#### 4.4 Evaluación del tamaño de la colonia de *Mormoops megalophylla*

*M. megalophylla*, se ha mantenido presente en la mina La Pinta y El clarín como se reporta en 2008, pero cabe mencionar que para el año de 2017 se registra su presencia en la cueva Agua Fría y mina Pájaro Verde, en tanto que en 2008 no estuvo presente en estos refugios.

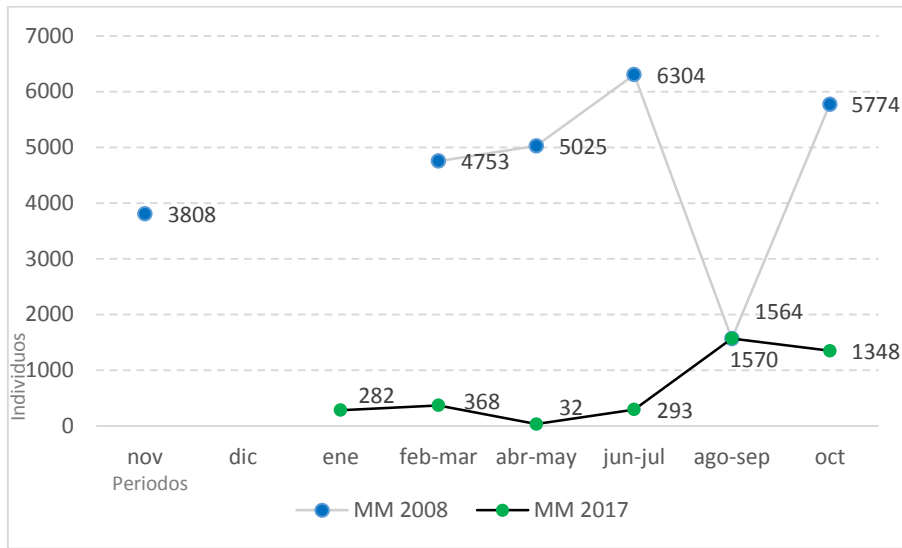
En La Pinta los conteos alcanzaron 1421 individuos en el pico máximo (enero), seguido de noviembre (842 individuos), diciembre de 2016 (737 individuos) y octubre de 2017 (738 individuos). En el resto del monitoreo (febrero a septiembre) los conteos no rebasaron los 486 individuos (Fig. 13). Estos resultados están muy por debajo de lo reportado por Ávila-TorresAgatón (2008) ya que en 2008 *M. megalophylla* fue la especie de mayor tamaño de colonia en el refugio La Pinta (16,103 individuos).



**Fig. 13** Comparación del tamaño de la colonia de *M. megalophylla* (MM) en el refugio La Pinta en los años 2008 y 2017

En la mina El Clarín, el conteo de individuos para el periodo 2017 tuvo un máximo en el periodo agosto-septiembre con 1,570 individuos, seguido de octubre con

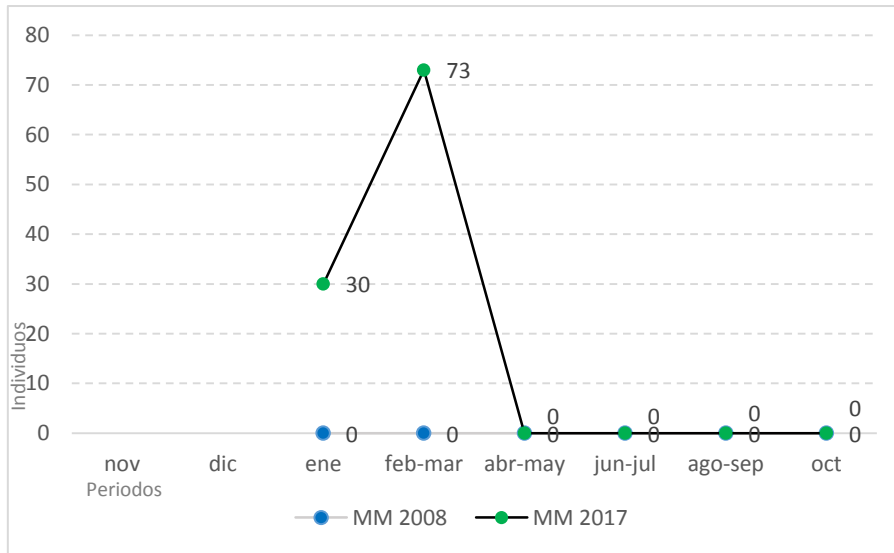
1,348. De enero a julio los conteos no rebasaron los 368 individuos el mínimo se registró en abril-mayo, con solo 32 individuos contabilizados (Fig. 14).



**Fig. 14** Comparación del tamaño de la colonia de *M. megalophylla* (MM) en el refugio El Clarín en los años 2008 y 2017

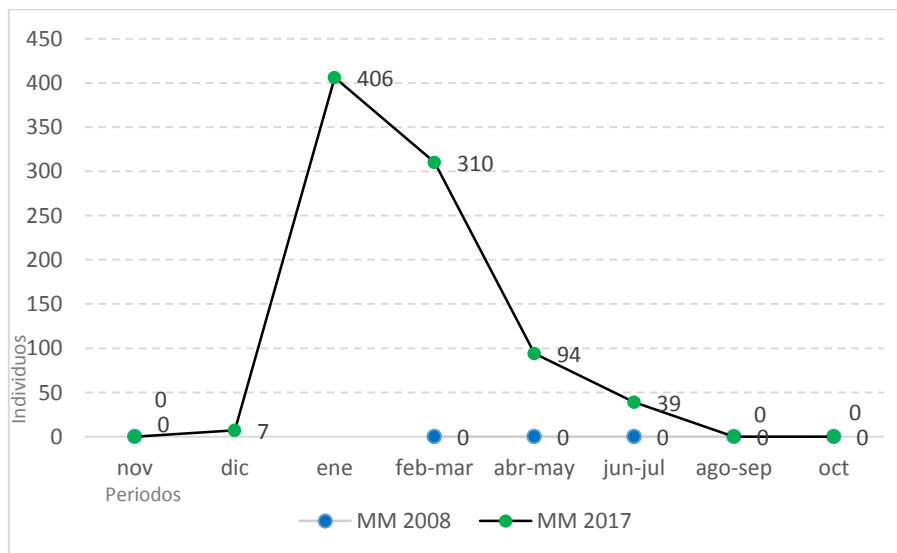
En la mina El Clarín, la colonia de *M. megalophylla* tuvo un tamaño de 27,228 individuos en 2008, sin embargo en el periodo de 2017 fue de 3,893 individuos, es decir, solo el 15% de la población se encontró en el refugio en 2017.

En 2008 no se reportó que *M. megalophylla* ocupara la cueva Agua Fría, sin embargo en 2017 la especie si se presentó durante enero (30 individuos) y en febrero-marzo (70 individuos, Fig. 15).



**Fig. 15** Comparación del tamaño de la colonia de *M. megalophylla* (MM) en el refugio Agua Fría en los años 2008 y 2017

Ávila-TorresAgatón (2008) no reportó a *M. megalophylla* en la mina Pájaro Verde. En cambio, durante nuestro monitoreo se contabilizaron individuos desde diciembre (7 individuos); enero, cuando tuvieron el pico más alto con 406 individuos, y hasta julio (39 individuos; Fig. 16).



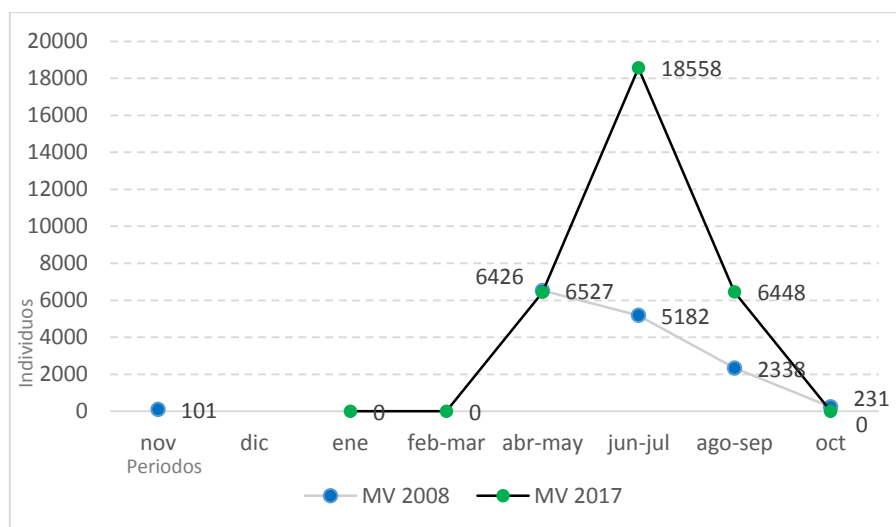
**Fig. 16** Comparación del tamaño de la colonia de *M. megalophylla* (MM) en el refugio Pájaro Verde en los años 2008 y 2017

#### 4.5 Evaluación del tamaño de la colonia de *Myotis velifer*

En incursiones al interior de la cueva Agua Fría, se observó que *M. velifer* ha mantenido la colonia de maternidad que reportó Ávila-TorresAgatón (2008); en la cámara principal de la cueva se encuentran las crías y al analizar los pulsos de ecolocalización no se observó que otra especie comparta el refugio en el periodo de tiempo que es ocupado por esta especie.

En 2008 se reportó que la llegada de *M. velifer* se inicia en abril, para posteriormente abandonar el refugio en noviembre; en nuestro monitoreo se observó la llegada de la especie en abril, pero abandonaron el refugio en octubre.

*M. velifer* durante nuestro monitoreo tuvo un máximo en el periodo de junio-julio con 18,558 individuos. Sólo el periodo abril-mayo de 2008 (6,426 individuos) tuvo similitud con lo reportado en agosto y septiembre de 2008 (6,527 individuos). Cabe señalar que la especie mantuvo un mínimo de 231 individuos en octubre (Fig. 17).



**Fig. 17** Comparación del tamaño de la colonia de *M. velifer* (MV) en el refugio Pájaro Verde en los años 2008 y 2017

4.6 Comparación de los conteos totales de los murciélagos insectívoros en 2017 respecto a 2008.

El conteo total de las colonias de *P. parnellii* se incrementó en un 122%, el de *P. davyi* en un 620% y el de *M. velifer* en un 122% en comparación con 2008. El conteo de las colonias de *M. megalophylla*, en cambio, ha disminuido en un 76% (Tabla 2).

**Tabla 2** Comparación del tamaño de las colonias de murciélagos insectívoros entre los periodos 2008 y 2017, para los cuatro refugios

Periodo	<i>Pteronotus parnellii</i>		<i>Pteronotus davyi</i>		<i>Myotis velifer</i>		<i>Mormoops megalophylla</i>	
	2008	2017	2008	2017	2008	2017	2008	2017
nov.	1192	1842	171	1032	101	0	5633	842
dic.	/	4206	/	214	/	0	/	744
ene.	/	5344	/	6040	/	0	/	2139
feb-mar.	3119	5989	77	1609	0	0	7781	1155
abr-may.	2582	4361	0	3534	6527	6426	6765	550
jun-jul.	3038	2373	225	-1	5182	18558	9767	818
ago-sep.	3421	5123	1398	442	2338	6448	3570	1984
oct.	2170	5212	0	609	0	0	9815	2086
Total	15522	34450	1871	13479	14148	31432	43331	10318

4.7 Comparación de los tamaños de las colonias entre los periodos de 2008 y 2017

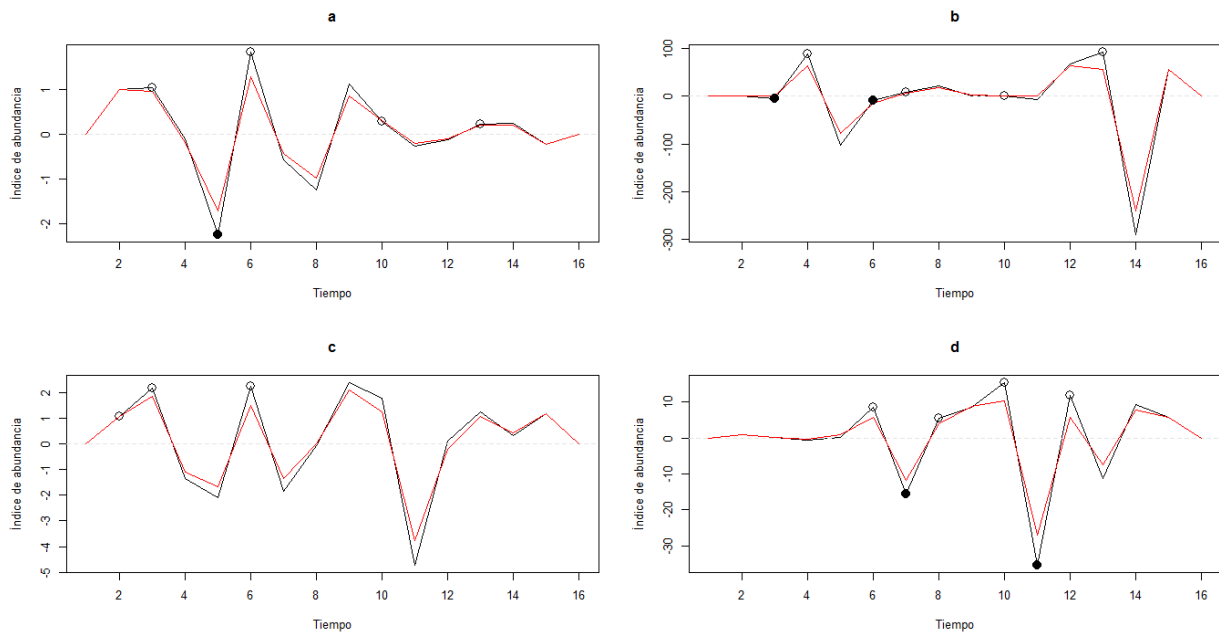
Los valores totales de las cuatro especies muestran los puntos significativos de cambio que presentó el índice de abundancia de las poblaciones a través del tiempo de los dos años de monitoreo, en la Fig. 18 se observan los puntos altos (en blanco) cuando existió aumento de los individuos en las colonias, mientras que los puntos (en negro) donde disminuye la colonia.

Para *M. megalophylla* se observaron cambios significativos en 2008 durante los periodos de enero, junio-julio y una disminución significativa en abril-mayo. En contraste para 2017, observamos dos cambios significativos en los periodos de diciembre y abril-mayo ( $P= 0.0014$ ; Fig. 18 a).

El análisis de *M. velifer* presentó en 2008, cambios significativos en los periodos febrero-marzo, agosto-septiembre y disminución significativa en los periodos enero, junio-julio. Para 2017 existieron cambios significativos en los periodos diciembre y abril-mayo, no se presentó similitud entre ambos monitoreos ( $P= 0.2212$ ; Fig. 18 b).

*P. parnellii* no mostró tener cambios en el análisis de su abundancia durante el periodo 2017 a diferencia de su monitoreo en 2008, donde se observó que existieron cambios significativos durante los periodos diciembre, febrero-marzo y junio-julio ( $P=0.0175$ ; Fig. 18 c)

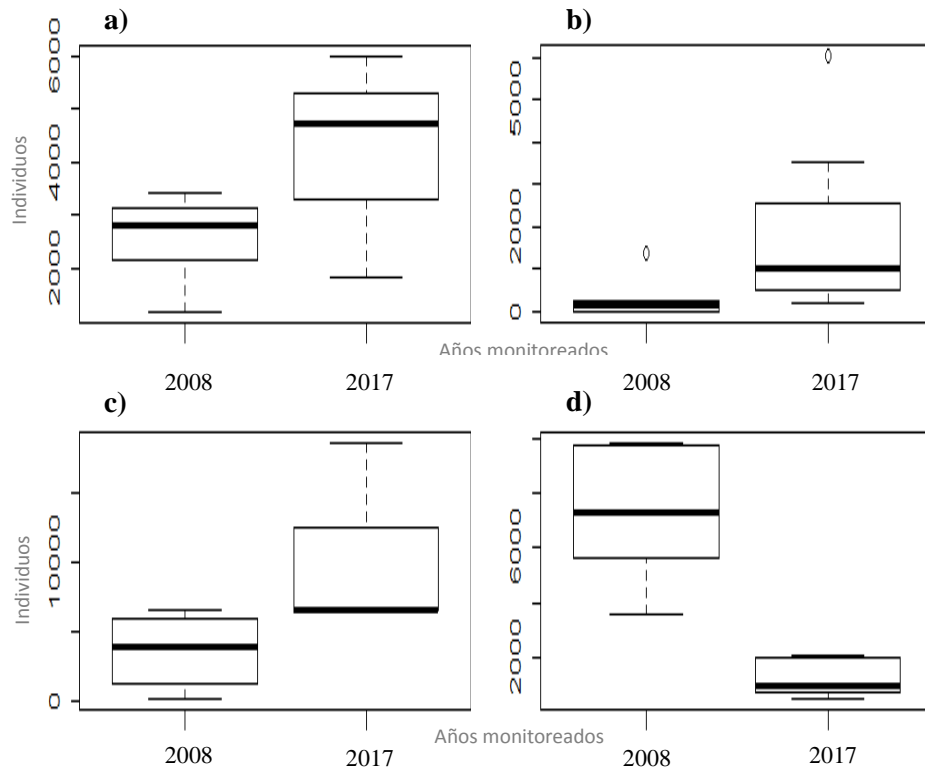
Con *P. davyi* se observó que durante 2008 hubo cambios significativos en los periodos junio-julio, octubre y una disminución significativa en agosto. Mientras que en 2017 se mantuvo el mismo orden, pero en distintos periodos con cambios significativos en diciembre, febrero-marzo y disminución considerable en enero ( $P= 0.0953$ ; Fig. 18 d).



**Fig. 18** Índice de abundancia de las cuatro especies monitoreadas: **a)** *M. megalophylla* **b)** *M. velifer* **c)** *P. parnellii* **d)** *P. davyi*-Tiempo 2008: **1.-** nov, **2.-** dic, **3.-** ene, **4.-** feb-mar, **5.-** abr-may, **6.-** jun-jul, **7.-** ago-sep, **8.-** oct. -Tiempo 2017: **9.-** nov, **10.-** dic, **11.-** ene, **12.-** feb-mar, **13.-** abr-may, **14.-** jun-jul, **15.-** ago-sep, **16.-** oct. La línea roja representa la curva suavizada mediante el GAM.

El GLM mostró valores de  $P < 0.05$  para las cuatro especies, con aumento significativo en los conteos en 2017 para *P. parnellii* (Fig. 19a), *P. davyi* (Fig. 19b) y *M. velifer* (Fig. 19c). Por el contrario, con *M. megalophylla* la población disminuyó significativamente con respecto al año 2008 (Fig. 19d).





**Fig. 19** Cambios significativos de aumento o disminución de las colonias, entre los años 2008 y 2017, se observa que *P. parnellii* (a), *P. davyi* (b) y *M. velifer* (c) en 2017 fueron significativamente mayores respecto a 2008, mientras que *M. megalophylla* se observa notablemente menor en 2017.

## 5. DISCUSIÓN

### Dinámica de las colonias de los refugios

Los resultados obtenidos en este trabajo registran alta abundancia de *P. davyi*, *P. parnellii* y *M. velifer* similares con lo reportado en otras ANPs (Medellín *et al.*, 2000; Castro-Luna *et al.*, 2007). La riqueza y diversidad de los murciélagos insectívoros en este estudio presentan diferencias interanuales similares a las observadas por Ávila-TorresAgatón (2008), siendo las fluctuaciones de las colonias de *P. davyi* las más notables entre ambos periodos de monitoreo.

Las dos especies del género *Pteronotus* estudiadas se comportan de manera similar a lo encontrado por Torres-Flores y colaboradores (2012), ya que en ambos casos se observó que tanto *P. davyi* como *P. parnellii* mantuvieron fluctuaciones en el tamaño de las colonias durante todo el año. *P. davyi* aumentó su número sólo en los meses de enero y febrero, sin embargo la especie ocupó el refugio La Pinta durante todo el año con un mínimo de 211 individuos en diciembre y máximo de 5418 en enero.

*P. parnellii* presentó características similares con respecto a la fluctuación del número de individuos contabilizados en La Pinta y Pájaro Verde, mientras que es notable la ausencia de individuos en Agua Fría y El Clarín de noviembre a enero, para posteriormente ocupar los refugios de febrero a octubre.

Para *M. megalophylla*, los resultados obtenidos en este trabajo muestran la disminución del tamaño de sus colonias en un 23.8% en este periodo de tiempo. Es necesario que se realicen investigaciones especializadas que demuestren una posible disminución derivada de factores de disponibilidad de alimento, o bien posibles cambios en las variables ambientales de los refugios como su temperatura, humedad o

sustrato (Kalko, 1997; Medellín *et al.*, 2000; Keint *et al.*, 2010), ya que se ha reportado que *M megalophylla* y otros mormópidos suelen habitar refugios con características particulares de temperatura superiores a los 25°C (Arita y Vargas, 1995; Vargas, 1998).

*M. velifer* presentó un incremento en el tamaño de sus colonias en comparación al del año 2008. La colonia del refugio Agua Fría no ha tenido cambios significativos en su interior, pero en la periferia a la cueva, la actividad humana se ha incrementado, lo que podría explicar el aumento de la población respecto al periodo anterior de estudio, ya que indirectamente es posible que exista mayor disponibilidad de alimento, en este caso insectos, atraídos por los cultivos de maíz y calabaza, o bien porque se deshirió parte de la ladera contigua a la cueva por lo que la disponibilidad de los insectos como alimento es más fácil durante el forrajeo de los murciélagos.

### **Comparación entre periodos 2008-2017**

Comparando nuestras observaciones con lo que reporta Ávila-TorresAgatón (2008), los refugios La Pinta, El Clarín y Pájaro Verde mantienen su multiespecificidad al albergar a tres especies de murciélagos insectívoros, mientras que, la cueva Agua Fría ha mantenido la característica de ser un refugio multiespecífico durante una parte de año, y uno monoespecífico con la llegada en abril de *M. velifer* que desplaza a las demás especies durante la formación de la colonia de maternidad. Este hecho no se ha descrito con certeza, pero en se ha documentado para otras especies como *Natalus mexicanus* que es desplazado por *M. megalophylla* en determinados meses del año en una cueva de colima (Torres-Flores y López-Wilchis 2010).

Ávila-TorresAgatón (2008) menciona que el refugio La Pinta albergaba en la entrada una pequeña colonia de *B. plicata*, durante 2017 ya no se identificó,

posiblemente a causa de la presencia del ganado que entra a la mina, también es posible que las actividades de las personas que aprovechan el guano. Por el contrario, durante el periodo de monitoreo de 2017, *N. mexicanus* fue identificado en la mina por lo que es un nuevo registro en La Pinta.

Pájaro Verde tiene características muy particulares, ya que está ubicado en las afueras del poblado de Huautla, y es utilizado como depósito de agua por los pobladores, por lo que sigue siendo una fuente potencial de enfermedades para los pobladores. Por otro lado nuestras observaciones indican que *P. davyi* y *M. megalophylla* ocupan actualmente el refugio, lo que incrementa la riqueza de especies insectívoras a tres, tomando en cuenta que Ávila-TorresAgatón (2008) previamente solo registró a *P. parnellii*.

Es importante señalar que Pájaro Verde fue el único refugio donde se observó actividad humana respecto a acciones para impedir el acceso a los murciélagos a la mina ya que una reja se colocó recargada en la entrada, es decir, se desconoce si se colocará para cerrar la entrada de la mina definitivamente, por lo que la permanencia de las especies de murciélagos es incierta al término de nuestro monitoreo, debido a que no existen otras salidas y el material de la reja tiene malla ciclónica que no permite el paso de los murciélagos por ella.

### **El cambio en los tamaños de la colonia estimados por los índices de abundancia de los murciélagos insectívoros**

Se ha reportado que los murciélagos en selvas secas, tienen variaciones temporales en su abundancia y composición en respuesta a cambios estacionales (Chávez y Ceballos, 2001), es decir en temporada seca las poblaciones de murciélagos

tienden a disminuir, mientras que en temporada lluviosa aumenta. Sin embargo, en nuestras observaciones *P. parnellii*, *P. davyi* y *M. megalophylla* no muestran esas características en la temporalidad en los refugios monitoreados en ambos periodos de estudio.

El índice de abundancia en 2017 para las especies *M. megalophylla* y *M. velifer* tuvo diferencias significativas. Sólo se observó una disminución con *P. davyi*, mientras que *P. parnellii* no presentó ningún cambio. Comparado con la información de Ávila-TorresAgatón (2008), se puede observar que la población de murciélagos en nuestro periodo de monitoreo se ha conservado y se mantiene estable.

Es importante mencionar que se ha reportado a especies, por ejemplo *P. parnellii* como especie que se ha acoplado a los ambientes perturbados como parches de vegetación y agroecosistemas (Estrada y Coates-Estrada, 2002; Aguirre *et al.*, 2003) por lo que lo anterior podría explicar también el aumento de las colonias de las especies en nuestro periodo de investigación.

### **Importancia de los refugios cavernícolas para la conservación de murciélagos.**

La importancia de los refugios cavernícolas radica en el ecotopo subterráneo que ofrecen en su interior, debido a que proporcionan microclimas particulares que no solo los murciélagos aprovechan. Por ejemplo, una variedad de especies no comunes, como crustáceos, insectos, gusanos e incluso algunos peces ciegos (Francescoli, 2003; Gunn, 2004), comparten dichos hábitats. Por ello, que se han propuesto dos sentidos de conservación a considerarse: la de los refugios cavernícolas para la satisfacción de las necesidades de las especies y la conservación de las especies en los refugios (Trajano, 1995).

Lamentablemente no se ha considerado la conservación de cuevas y otras cavidades como minas abandonadas dentro de los programas de conservación dentro de ANPs (Sugai, *et al.*, 2015; Medellín, *et al.*, 2017). Se conoce que en México existen más de 10000 cuevas (Lazcano, 2001), de las cuales en 442 existen investigaciones relacionadas con el estudio de murciélagos (Ruíz, 2006). Para el estado de Morelos los trabajos que centran sus objetivos en el estudio y conservación de cuevas son escasos (López-Segurajauregui *et al.*, 2006; Galicia-Salas, 2015; Ariza, 2016; SDS, 2018), por lo que el inicio de un programa de monitoreo y seguimiento a largo plazo en la REBIOSH, sería parte de los primeros esfuerzos por evaluar los cambios en las poblaciones de murciélagos, medidas de disturbio en la evaluación de grado de intervención humana (Chediack, 2009).

## 6. CONCLUSIÓN

Este trabajo es una aproximación actual al cambio que han tenido las colonias de *P. davyi*, *P. parnellii*, *M. megalophylla* y *M. velifer* en un área natural protegida como la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, a lo largo de casi 10 años. Nuestra información señala las siguientes conclusiones:

El conteo total de las colonias de *P. parnellii* se incrementó en un 122%, la de *P. davyi* en un 620% y *M. velifer* en un 122%, mientras que las colonias de *M. megalophylla* ha disminuido en un 76% en comparación con el año 2008.

La composición de las especies en los refugios La Pinta y El Clarín es la misma en ambos periodos de monitoreo:

La Pinta

2008: *P. davyi*, *P. parnellii*, *M. megalophylla*.

2017: *P. davyi*, *P. parnellii*, *M. megalophylla*

El Clarín

2008: *P. parnellii*, *M. megalophylla*.

2017: *P. parnellii*, *M. megalophylla*.

En la cueva Agua Fría se duplicó el número de especies:

2008: *P. parnellii*, *M. velifer*.

2017: *P. davyi*, *P. parnellii*, *M. megalophylla*, *M. velifer*.

La mina Pájaro Verde pasó de mantener una a tres especies:

2008: *P. parnellii*

2017: *P. davyi*, *P. parnellii*, *M. megalophylla*

Las especies que presentaron mayor índice de abundancia en los refugios cavernícolas monitoreados de la REBIOSH fueron *M. megalophylla*, *M. velifer* y *P. davyi*. Siendo *P. parnellii* la especie que no presentó ningún cambio significativo.

Se observó actividad humana en las afueras y en el interior de las minas y la cueva monitoreada, principalmente perturbaciones relacionadas con la agricultura y la recolección de guano, por lo que se si continúan realizándose sin conocimiento de posibles consecuencias para las colonias de murciélagos, es posible se vean amenazadas.

Los refugios cavernícolas de la REBIOSH han conservado las poblaciones de tres especies de murciélagos insectívoros, su tamaño poblacional aumento favorablemente, sin embargo la población de una especie disminuyó en este periodo de monitoreo, por lo que es preciso investigar a qué se debe el descenso del número de individuos en los refugios.

## 6.1 Recomendaciones

Es conveniente que se prolongue el monitoreo de los refugios y se enriquezca la metodología con un sistema que incluya mediciones de las condiciones microclimáticas de su interior, además de las climáticas de la región para buscar posibles relaciones que pudieran estar influyendo en las fluctuaciones poblacionales.

Es necesaria extender el monitoreo para *M. megalophylla* en otros refugios dentro de la REBIOSH, para posiblemente constatar su disminución como resultado de desplazamiento entre refugios cavernícolas.



Se deben realizar listados que identifiquen las demás especies de vertebrados e invertebrados presentes en las minas y cueva, ya que en incursiones realizadas a su interior fue posible observar roedores, serpientes, arañas e insectos, esto representaría una mayor importancia en la conservación de los refugios cavernícolas.

La cueva Agua Fría y la mina La Pinta tienen potencial de ser consideradas como un atractivo ecoturístico que muestre el éxodo de los murciélagos, similar al volcán de los murciélagos en Calakmul o en la caverna Bracken de Texas. Además de proponer a los refugios de la REBIOSH como un ejemplo de conservación de murciélagos cavernícolas del estado de Morelos a las autoridades correspondientes.

## 7. LITERATURA CITADA

Adams, J.K. 1989. *Pteronotus davyi*. *Mammalian Species*. 346:1–5

Aguirre, L. F., L. Lens, R. Van Damme y E. Mathysen. 2003. Consistency and variation in the bat assemblages inhabiting two forest island within a Neotropical savanna in Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*. 19:367–374.

Álvarez-Castañeda, S.T. 1996. Mamíferos del estado de Morelos. Centro de Investigaciones del Noreste. S.C. México. 45–164p.

Alleva, E., N. Francia, M. Pandolfi, A.M. De Marinis, F. Chiarotti y D. Santucci. 2006. Organochlorine and heavy-metal contaminants in wild mammals and birds of Urbino-Pesaro Province, Italy: an analytic overview for potential bioindicators. *Arch Environ Contam Toxicol*. 51:123–134.

Arita, H.T. y J.A. Vargas. 1995. Natural history, interspecific association, and incidence of the cave bats of Yucatan, Mexico. *Southwestern Naturalist* 40:29–37.

Ariza, R.M.I. 2016. Tamaño, estructura poblacional y composición temporal de la comunidad de murciélagos de la cueva Chichihuiteca en el estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México. 34p.

Ávila-TorresAgatón, L.G. 2008. Estimación mediante un sistema audiovisual de las poblaciones de 4 especies de murciélagos en 5 refugios cavernícolas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México. 78p.

Boada, C., S. Burneo, T. De Vries, D. Tirira. 2003. Notas Ecológicas y Reproductivas del Murciélago Rostros de Fantasma *Mormoops megalophylla* (Chiroptera:

Mormoopidae) en San Antonio de Pichincha, Ecuador. *Mastozoología Neotropical*. 10:21–26.

Bjornstad, O.N. y B.T. Grenfell. 2001. Noisy clockwork: time series analysis of population fluctuations in animals. *Science*. 293:638–643.

Castro-Luna, A.A., V.J. Sosa, y G. Castillo-Campos. 2007. Bat diversity and abundance associated with the degree of secondary succession in a tropical forest mosaic in southeastern Mexico. *Animal Conservation*. 10:219–228.

Ceballos, G. y Oliva, G. (Coord.). 2005. Los mamíferos silvestres de México. FCE, CONABIO. México. 987p.

Chávez, C., y G. Ceballos. 2001. Diversidad y abundancia de murciélagos en selvas secas de estacionalidad contrastante en el oeste de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*. 5:27–44.

Chediack, S.E. 2009. Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué? Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 87p.

Dorado, O., Maldonado, B., Arias, D.M., Sorani, V., Ramírez, R., Leyva, E. y Valenzuela, D. 2005. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. CONABIO. México. 202p.

Easterla, D., y J. Whitaker. 1972. Food habits of some bats from Big Bend National Park Texas. *Journal of Mammalogy*. 53(4):887–890.

Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 2002. Bats in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat-island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 2:237–245.

- Fleming, T.H., C. Geiselman, y W.J. Kress. 2009. The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective. *Annals of Botany*. 104:1017–1047.
- Francescoli, G., 2003. Comunicación por vibraciones en el subsuelo: Los roedores subterráneos. *Scientific American Latinoamérica* 15:64–71.
- Galicia-Salas, A.P. 2015. Dinámica del ensamble de murciélagos cavernícolas en la cueva “El salitre” Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México.
- Galindo-González, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del Bosque Tropical. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s). 73:57–74.
- García-Morales, R., E.I. Badano, y C.E. Moreno. 2013. Response of neotropical bat assemblages to human land use. *Conserv. Biol.* 27:1096–1106.
- Gregory, R.D., *et al.* 2005. Developing indicators for European birds. *Proc R Soc Ser B Biol Sci* 360:269–288.
- Guerrero, J.A., R. Cerros-Tlatilpa, E. Urzúa, y A. Rizo-Aguilar. 2015. Indicadores de biodiversidad en el estado de Morelos: situación actual. Pp. 55–90. En: Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad. Estudio de caso en Morelos. (Ortiz, S.E., Sánchez, G.M.L. Castrejón, y A.M. Romero). Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.
- Gunn, J. (Ed.), 2004. *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Fitzroy Dearborn, New York y London. 902p.
- Erkert, H.G. 1982. Ecological aspects of bat activity rhythms. 201 – 242p. En: *The ecology of bats* (Kunz, T. ed.). Plenum Press, Nueva York.

- Fenton, M.B. 1982. Echolocation, insect hearing and feeding ecology of insectivorous bats. Pp. 261–286. En: *Ecology of bats* (Kunz, T.). Plenum Press New York/London.
- Fenton, M.B. 2002. Bat natural history and echolocation. Pp. 6–9. En: *Bat Echolocation in Research tools, techniques and analysis* (Brigman, R.M., E.K.V. Kalko, G. Jones, Parsons, S. y H.J.G.A. Limpens eds.). Austin Texas, E.U.
- Fewster, R.M., S.T. Buckland, G.M. Siriwardena, S.R. Baillie, y J.D. Willson. 2000. Analysis of population trends for farmland birds using Generalized Additive Models. *Ecology* 81:1970–1984.
- Fitch, J.H., K.A. Shump y A.U. Shump. 1981. *Myotis velifer*. *Mammalian Species*. 149:1–5.
- Fleming, T.H., C. Geiselman, y W.J. Kress. 2009. The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective. *Annals of Botany*. 104:1017–1047.
- Gorresen, P.M, y M.R. Willig. 2004. Landscape responses of bats to habitat fragmentation in Atlantic Forest of Paraguay. *Journal of Mammalogy*. 85:688–697.
- Herd, R.M. 1983. *Pteronotus parnellii*. *Mammalian Species*. 209:1–5
- Holt, E.A. y S.W. Miller. 2010. Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. *Nat. Educ. Knowl*. 3:8.
- Jones, G., D.S. Jacobs, T.H. Kunz, M.R. Willig, y P.A. Racey. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endang Species Res*. 8:93–115.
- Kalko, E.K. 1997. Diversity in tropical bats. Pp. 13–43. En: *Tropical biodiversity and systematic: Proceedings of the International Symposium on Biodiversity and Systematics in Tropical Ecosystems* (Ulrich, H. ed.). Institute of Zoological Investigation, Germany.

- Kalko, E.K.V., y C.O. Handey. 2001. Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and implications for conservation. *Plant Ecology*. 153:319–333.
- Keith, W.M., D.M. Leslie Jr, M. Payton, W.R. Puckette, y S.L. Hensley. 2010. Impacts of Passage Manipulation on Cave Climate: Conservation Implications for Cave-Dwelling Bats. *Wild Life Society Bolletin*. 34:137–143.
- Kremen, C. 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*. 2:203–217.
- Kunz, T.H., E.B. de Torrez, D. Bauer, T. Lobova, y T.H. Fleming. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Ann NY Acad Sci*. 1223:1–38.
- Laurance, W.F., J. Sayer, y K.G. Cassman. 2014. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends Ecol. Evol*. 29:107–116.
- Lazcano, C. 2001. Un explorador de la belleza subterránea (Conference: “Los grandes abismos de México” at Universidad Panamericana). El informador diario independiente. Jalisco, México.
- López-Baucells, A., Rocha, R., Bobrowiec, P., Bernard, E., Palmeirim, J. y Meyer, C. 2016. Field Guide to Amazonian Bats. Manaus Editora INPA. 168p.
- López-Segurajauregui, G., K. Toledo-Gutierrez, y R.A. Medellín. 2006. Cueva del Diablo: a Bat cave in Tepoztlán. *Association for Mexican Cave Studies Bulletin*. 19:264–270.
- MacSwiney, M.C., P. Vilchis, F.M. Clarke, y P.A. Racey. 2007. The importance of cenotes in conserving bat assemblages in the Yucatan, Mexico. *Biological Conservation* 136:499–509.

- McGeoch, M.A. 2007. Insects and bioindication: theory and progress. Pp. 144–174. En: *Insect conservation biology* (Stewart, A.J.A., T.R. New, y O.T. Lewis eds.). CABI Publishing, London.
- Medellín, R.A., M. Equihua, y M.A. Amin. 2000. Bat Diversity and Abundance as Indicators of Disturbance in Neotropical Rainforests. *Conservation biology*. 14:1666–1675.
- Medellín, R.A., R. Wiederholt, y L. López-Hoffman. 2017. Conservation relevance of bat caves for biodiversity and ecosystem services. *Biological Conservation*. 211:45–50.
- Mello, M.A.R. 2009. Temporal variation in the organization of a Neotropical assemblage of leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae). *Acta Ecologica*. 35:280–286.
- Meyer, C.F.J., et. al. 2010. Long-term monitoring of tropical bats for anthropogenic impact assessment: Gauging the statistical power to detect population change. *Biological Conservation*. 143:2797–2807.
- Núñez, A. 2005. Los mamíferos silvestres de Michoacán, diversidad, biología e importancia. UMSNH. Michoacán México. 448p.
- Orozco-Lugo, C.L. 2007. Efecto de la perturbación del hábitat en las comunidades de murciélagos insectívoros de selva baja caducifolia. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México. 118p.
- Orozco-Lugo, C.L., A. Guillén-Servent, D. Valenzuela-Galván, y H.T. Arita. 2013. Descripción de los pulsos de ecolocalización de once especies de murciélagos insectívoros aéreos de una selva baja caducifolia en Morelos, México. *THERYA*. 4:13–103.

Orozco-Lugo, C.L., D. Valenzuela-Galván, A. Guillén-Servent, A. Lavallo-Sánchez, y A. J. Rhodes-Espinoza. 2014. Primer registro de cuatro especies de murciélagos para el estado de Morelos y nuevos registros para la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85:38–47.

Rezsutek M y Cameron G.N. 1993. *Mormoops megalophylla*. *Mammalian Species*. 448:1–5.

Rhodes, A.J. 2005. Estructura y diversidad espacio temporal de la comunidad de murciélagos con relación a gradientes ambientales en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. Tesis de Licenciatura. Universidad de Las Américas-Puebla. Puebla, México. 73p.

Richter, H.V y G.S Cumming. 2008. First application of satellite telemetry to track African straw-coloured fruit bat migration. *Journal of Zoology* (London). 275:172–176.

Rizo-Aguilar, A. 2008. Descripción y análisis de los pulsos de ecolocación de 14 especies de murciélagos insectívoros aéreos del estado de Morelos. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. Veracruz, México. 102p.

Rizo-Aguilar, A., L.G. Ávila-Torres, Agatón, L. Fuentes-Vargas, A.C. Lara-Núñez, G.I. Flores-Núñez, y S. Albino-Miranda. 2015. Técnicas para el estudio de los murciélagos. En: *Manual de técnicas de estudio de la fauna* (Gallina, S. ed.). Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 210p.

Robles, H.J.C., Apátiga, H.M.C., Soria, B.R. 2015. Mamíferos silvestres de Michoacán: guía de campo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Secretaria de difusión cultural y extensión universitaria. Michoacán, México. 375p.



Ruíz, A. 2006. Priorización de cuevas para la conservación de murciélagos cavernícolas de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, 432p.

Sánchez-Casas, N. y T. Álvarez. 2000. Palinofagia de los murciélagos del género *Glossophaga* (Mammalia: Chiroptera) en México. *Acta Zoológica Mexicana*. 81:23–62.

Sánchez, H.C. y M.L. Romero. 1992. Mastofauna silvestre del Ejido El Limón, municipio de Tepalcingo, Morelos. *Ciencia y Tecnología*. 2:87–95.

Sarukhán, J., *et al.* 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 100p.

Scheel D., T.L.S. Vincent, y G.N. Cameron. 1996. Global warming and the species richness of bats in Texas. *Conserv Biol*. 10:452–464.

Secretaria de Desarrollo Sustentable (15 de Abril de 2018). Presentan estrategia de conservación para cueva de murciélagos. Recuperado de <http://morelos.gob.mx/?q=prensa/nota/presentan-estrategia-de-conservacion-para-cueva-de-murcielagos>.

Sih, A., M.C.O. Ferrari, y D.J. Harris. 2011. Evolution and behavioural responses to human-induced rapid environmental change. *Evol. Appl.* 4:367–387.

Speakman, J.R. y Thomas, D.W. 2003. Physiological ecology and energetics of bats. Pp 430–490. En: *Bat ecology* (Kunz T.H y M.B. Fenton eds.). University of Chicago Press, Chicago, IL.

- Sugai, L.S.M., J.M. Ochoa-Quintero, R. Costa-Pereira, y F.O. Roque. 2015. Beyond aboveground. *Biol. Conserv.* 24:2109–2112.
- Teeling, E.C., M.S. Springer, O. Madsen, P. Bates, S.J. O'Brien, y W.J. Murphy. 2005. A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science.* 307:580–584.
- Torres-Flores, J.W. y R. López-Wilchis. 2010. Microclimatic conditions, roosting habits, and associated species to refuges of *Natalus stramineus* in Mexico. *Acta Zoológica Mexicana.* 26:191-213.
- Torres-Flores, J.W., R. López-Wilchis, y A. Soto-Castruita. 2012. Dinámica poblacional, selección de sitios de percha y patrones reproductivos de algunos murciélagos cavernícolas en el oeste de México. *Revista de Biología Tropical.* 60:1369–1389.
- Vargas, J.A. 1998. Factores microclimáticos y selection del refugio diurno por murciélagos cavernícolas en Gómez Farías, Tamaulipas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.
- Venables, W.N. y B.D. Ripley. 2002. Modern Applied Statistics with S. New York: Springer.
- Voigt, C.C. y T. Kingston. 2016. Bats in the Anthropocene. Conservation of Bats in a Changing World. Springer open. 13–34p.
- Trajano, E. 1995. Protecting caves for the bats or bats for the caves? *Chiroptera Neotropical.* 1:19–21.
- Wilson, D. 2002. Murciélagos respuestas al vuelo. Xalapa: Universidad Veracruzana. México. 196p.

Whitaker, J.O. 1995. Food of the big brown bat *Eptesicus fuscus* from maternity colonies in Indiana and Illinois. *American Midland Naturalist*. 134:346–360.



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Centro Interdisciplinario de Investigación para el  
Desarrollo Integral Regional Unidad Durango

"2019, Año del Casadillo del Sur, Emiliano Zapata"  
60 años de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos  
70 Aniversario del CECyT No. 3 "Enanías Ramírez Ruiz"  
60 años de XEIPN Canal Ocosingo orgulloosamente politécnico  
60 Aniversario del CECyT No. 4 "Lázaro Cárdenas"

Durango, Dgo., a 31 de enero de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico**  
**Maestría en Biología Integrativa de la**  
**Biodiversidad y la Conservación**  
**Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS DE 4 REFUGIOS CAVERNÍCOLAS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE HUAUTLA, MÉXICO" del alumno(a) **Emery Farfan Estrada**, con número de matrícula **7920160608**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

**Dra. Celia López González**  
**Profesor Titular C**  
**CIIDIR Unidad Durango**  
**Instituto Politécnico Nacional**

Calle Sigma Núm. 119 Fracc. 20 de Noviembre II, C.P. 34220, Durango Dgo.  
Teléfonos: (618) 814 2091 y (618) 814 4540 conmutador extensión 82615  
[www.ciidir Durango.ipn.mx](http://www.ciidir Durango.ipn.mx)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

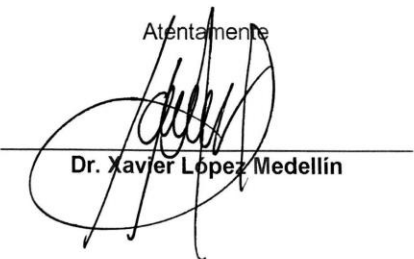
Cuernavaca, Morelos a 31 de enero de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS DE 4 REFUGIOS CAVERNÍCOLAS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE HUAUTLA, MÉXICO**" del alumno(a) **Emery Farfan Estrada**, con número de matrícula **7920160608**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente



Dr. Xavier López Medellín

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209  
Tel. (777) 329 70 00, Ext. 7019

**UA  
EM**

*Una universidad de excelencia*

RECTORÍA  
2017-2023



**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS DE 4 REFUGIOS CAVERNÍCOLAS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE HUAUTLA, MÉXICO"** del alumno(a) **Emery Farfan Estrada**, con número de matrícula **7920160608**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

**Dra. Areli Rizo Aguilar**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD  
DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Reacreditado* por el CACEB, A.C.

Fecha: 6 de febrero de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico  
Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación  
Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS DE 4 REFUGIOS CAVERNÍCOLAS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE HUAUTLA, MÉXICO" del alumno(a) **Emery Farfan Estrada**, con número de matrícula **7920160608**, aspirante al grado de Maestro(a) en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

**Dr. José Antonio Guerrero Enríquez**



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Fecha: 15 de febrero de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico**

**Maestría en Biología Integrativa de la  
Biodiversidad y la Conservación**

**Presente**

Como miembro del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS DE 4 REFUGIOS CAVERNÍCOLAS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE HUAUTLA, MÉXICO"** del alumno **Emery Farfan Estrada**, con número de matrícula **7920160608**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

---

**Dr. Rafael Ávila Flores**

**Profesor-Investigador "A" de T. C.**

Km 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRONQUE A BOSQUES DE SALOYA, C.P. 86039,  
VILLAHERMOSA, CENTRO, TABASCO