

Universidad Veracruzana

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Región Poza Rica - Tuxpan

Maestría en Ciencias del Ambiente

Importancia de la zona arqueológica El Tajín para la conservación de murciélagos

Trabajo de Intervención

Que para obtener el título de: MAESTRO EN CIENCIAS DEL AMBIENTE PRESENTA:

Biol. Iván Agustín Martínez Castillo

Director:

Dr. Juan Manuel Pech Canché

Codirector:

Dr. José Luis Alanís Méndez

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, a Octubre de 2020

El presente trabajo de intervención titulado "Importancia de la zona arqueológica El Tajín para la conservación de murciélagos", realizado por el C. Iván Agustín Martínez Castillo, bajo la dirección del Dr. Juan Manuel Pech Canché y codirección del Dr. José Luis Alanís Méndez, ha sido revisado y aprobado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

DR. JUAN MANUEL PECH CANCHÉ

Director

DR. JOSÉ LUIS ALANÍS MÉNDEZ

Codirector



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

Revisión del Trabajo de Intervención del alumno: Iván Agustín Martínez Castillo

JURADO EXAMINADOR

NOMBRE	FECHA	DICTAMEN	FIRMA
Dr. Ascensión Capistrán Barradas	19-NOV-2020	Aprobado	Caputani
Dr. Francisco Limón Salvador	11-nov-2020	APROBADO	
Dr. Odilón Sánchez Sánchez	11-nov-2020	APROBAGO	

En la presente revisión se acordó que el Trabajo de Intervención titulado "<u>Importancià de la zona</u> arqueológica El Tajín para la conservación de murciélagos" que presenta el sustentante para obtener el Grado de Maestro, está terminado por lo que puede proceder a su inmediata impresión.

ÍNDICE

I. INTR	ODUCCIÓN	1
II. ANT	ECEDENTES	3
2.1.	La clase Mammalia y el orden Chiroptera	3
2.2.	Importancia de los quirópteros	4
2.3.	Estudios de mamíferos y quirópteros en zonas arqueológicas	5
III. OB	JETIVOS	11
3.1.	Objetivo general	. 11
3.2.	Objetivos particulares	. 11
IV. ÁRI	EA DE ESTUDIO	12
4.1.	Clima	. 13
4.2.	Vegetación	. 13
4.3.	Fauna	. 14
V. MAT	FERIAL Y MÉTODOS	15
5.1.	Muestreo espacio-temporal	. 15
5.2.	Grabación bioacústica	. 15
5.3.	Captura de murciélagos	. 16
5.4.	Análisis estadísticos	. 18
VI. RE	SULTADOS	23
6.1.	Análisis del método convencional	. 23
6.1	.2. Curva de rarefacción	. 26
6.1	.3. Diversidad alfa	. 28
6.1	.4. Rango-abundancia	. 29
6.1	.5. Diversidad beta (complementariedad)	. 30
6.2.	Análisis del método indirecto	. 30
6.3.	Muestreo general	. 32
VII. DIS	SCUSIÓN	34
7.1. norte	Diversidad de murciélagos en la Zona Arqueológica el Tajín y la zon de Veracruz	
7.2. Natu	La diversidad de murciélagos en Zonas Arqueológicas y Áreas rales Protegidas de México	. 39
7.3.	Importancia ecológica de los murciélagos para la conservación	. 41
7.4.	Estrategias de conservación para los murciélagos	. 45

7.5.	Estrategias de conservación de murciélagos y su hábitat	47
VIII. CC	NCLUSIONES	51
IX. APL	ICACIÓN PRÁCTICA	53
X. BIBL	IOGRAFÍA	55

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Listado de las especies de murciélagos registrados en métodos
directos en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín
Cuadro 2. Estimadores de riqueza y representatividad de cada uno de las
temporadas y el inventario general con redes de niebla en la zona de
monumentos arqueológicos El Tajín
Cuadro 3. Representación de los valores de q0, q1 y q2, correspondientes a la
temporada de secas y lluvias en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín.
Cuadro 4. Listado de especies de murciélagos registrados con los métodos
indirectos en la zona de monumentos "El Tajín"
Índice de figuras
Figura 1. Ubicación espacial de los puntos de muestreo y grabación acústica en
la zona de monumentos arqueológicos El Tajín, Papantla de Olarte, Veracruz.
Figura 2. Representación gráfica de las tablas de contingencia de gremios
tróficos por ambas temporadas de muestreo. FrgG=frugívoro grande, FrgP=
frugívoro pequeño, Ins=insectívoro aéreo y Nec=Nectarívoro
Figura 3. Proporción de gremios tróficos en dos temporadas (secas y lluvias) en
la zona de monumentos arqueológicos El Tajín24
Figura 4. Representación gráfica de las tablas de contingencia de especies por
sexo entre temporadas de muestreo. Las especies fueron codificadas con la

Figura 5. Curva de rarefacción en dos temporadas (secas y lluvias) en la zona
de monumentos arqueológicos El Tajín. Líneas punteadas para secas y línea
continua para lluvias. ICS: intervalo de confianza superior, ICI: intervalo de
confianza inferior
Figura 6. Rango-abundancia de las dos temporadas (secas y lluvias) del
muestreo en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín. Las especies fueron
codificadas con la primera letra del género y las dos primeras letras del epíteto
específico
Figura 7. Complementariedad, riqueza, especies únicas y compartidas entre
temporada en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín. C=
complementariedad
Figura 8. Complementariedad, riqueza, especies únicas y compartidas entre
temporada en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín. C=
complementariedad
Figura 9. Complementariedad de diferentes taxones (especies, géneros y
familias) compartidas entre métodos de registro en la zona de monumentos
arqueológicos El Tajín. C= complementariedad

RESUMEN

La Zona de Monumentos Arqueológicos El Tajín, Papantla de Olarte, Veracruz, una de las más importantes a nivel estatal, sin embargo, se desconoce su potencial para la conservación de la biodiversidad. Por lo anterior el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la zona de monumentos arqueológicos El Tajín para la conservación de murciélagos y su hábitat. Se realizó un monitoreo en dos temporadas climáticas para evaluar la diversidad y composición de gremios tróficos de quirópteros en sitios con abundante vegetación (acahuales maduros) con métodos de registro directos e indirectos (red de niebla y detector ultrasónico). Con el método directo se registró un total de 294 individuos de murciélagos correspondientes a 18 especies catalogados en cuatro gremios tróficos, la especie más abundante para ambas temporadas fue Artibeus jamaicensis, mientras que 11 especies se capturaron con menos de cinco individuos. Para el método indirecto sólo se registró la riqueza de un total de 14 especies entre ambas temporadas, incluyendo una especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Ambos métodos son altamente complementarios y como resultado general la riqueza es de 28 especies de murciélagos. La riqueza específica que se presenta en la zona debe ser considerada para la conservación de los murciélagos y su hábitat, debido a que se registraron especies frugívoros importantes en la regeneración de las selvas, especies de murciélagos insectívoros con gran importancia en la depredación de insectos plaga y transmisores de enfermedades. De ahí que implementar estrategias de conservación para la biodiversidad es fundamental, además de que las zonas arqueológicas puedan formar parte de las estrategias para la conservación en el país.

Palabras clave: Diversidad, evaluación, monumentos arqueológicos, Papantla, quirópteros.

I. INTRODUCCIÓN

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son zonas del territorio nacional cuyo ambiente no ha sido significativamente alterado por la actividad del hombre, y se han declarado para la preservación y conservación de la diversidad biológica y con ellas los ecosistemas más representativos (PNANP, 2014). Dado que México es un país megadiverso, los esfuerzos que se han realizado para conservar la biodiversidad aún son insuficientes (Koleff *et al.*, 2009).

En este sentido, las zonas arqueológicas (ZAs) existentes en el país, podrían representar un importante complemento de conservación de la biodiversidad, considerando que 191 de ellas son sujetas de investigación, conservación, protección y difusión (INAH, 2018). Los asentamientos arqueológicos son de importancia para el desarrollo de actividades humanas, y los aspectos que más han aportado son la histórica, cultural y económica (Shady-Solís, 2002), sin embargo, sus posibilidades como parte de las estrategias de conservación de la biodiversidad no han sido valoradas.

Lo anterior resulta importante ya que al interior de las ZAs se llevan a cabo actividades turísticas que, en un momento determinado, podrían afectar la integridad ecológica y estructural de los sitios (Segrado-Pavón *et al.*, 2013), de ser así, la diversidad biológica también estaría amenazada (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995). De ahí que su consideración como sitios de conservación cobra especial importancia (Avila-Torresagatón *et al.*, 2012; Estrella *et al.*, 2014). Debido a que Veracruz presenta altos índices en el cambio de uso de suelo (Rodríguez-Luna *et al.*, 2011), el enfoque hacia la conservación debe ser

prioritario, como también regirse por un marco legal que se aplique y se lleve de la mano con comunidades locales (Koleff *et al.*, 2009).

Una de las ZAs más importantes de Veracruz es El Tajín, esta jerarquía ha hecho que se realicen estudios históricos, arquitectónicos, sociales, económicos y culturales, entre otros (Jiménez-Lara, 2003; Bravo, 2003; Ladrón de Guevara, 2007; Zúñiga-Bravo, 2014a, 2014b; Valle-Chavarría *et al.*, 2016; Velázquez-Velasco, 2016). No obstante, se conoce poco sobre estudios de flora y fauna en zonas arqueológicas, esto ha hecho que se generen vacíos de información sobre la diversidad biológica, específicamente en estudios mastofaunísticos.

Los mamíferos representan una de las clases más diversas dentro de los cordados (Sánchez-Cordero *et al.*, 2014), los cuales son importantes en los ecosistemas (Briceño-Méndez *et al.*, 2017). El orden de los quirópteros cumple papeles de suma importancia dentro de los hábitats, los cuales brindan servicios ambientales, ya que fungen como dispersores de semillas, polinizadores de plantas y controladores de insectos plaga (Galindo-González, 1998; Kunz *et al.*, 2011; Zárate-Martínez *et al.*, 2012). Los quirópteros son uno de los grupos más ricos en cuanto a número de especies en México, a pesar de esto, se enlistan más de una cuarta parte de especies en alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Por lo anterior, este estudio se realizó en la zona arqueológicos El Tajín en Papantla, Veracruz, para evaluar si su poligonal es un sitio de resguardo de murciélagos, y de esta forma analizar su papel funcional para que como ZAs se sumen como parte de las estrategias de conservación existentes en México.

II. ANTECEDENTES

2.1. <u>La clase Mammalia y el orden Chiroptera</u>

Los mamíferos son un taxón abundante y diverso, actualmente existen 6,495 especies registradas a nivel mundial (6,399 existentes, 96 recientemente extintas), de las cuales 1,386 son exclusivamente del orden Chiroptera, y representan el segundo orden más rico después del Rodentia, con 2,555 especies (Burgin *et al.*, 2018).

A nivel mundial, México es uno de los países con mayor diversidad biológica, cuenta con alrededor de 10 % y 12 % de las especies del planeta (Sarukhán *et al.*, 2009), y con relación a los mamíferos en el territorio mexicano, cuenta con 564 especies, lo que representa para el mundo el 10 % de los mamíferos, siendo los órdenes mejor representados Rodentia y Chiroptera, con 254 y 144 especies, respectivamente (Sánchez-Cordero *et al.*, 2014). Es de resaltar que en México se encuentran 38 especies de murciélagos enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en distintas categorías de riesgo.

A nivel geopolítico, Veracruz cuenta con una gran diversidad de especies, por esta razón, es considerado como uno de los tres estados más biodiversos, junto con Chiapas y Oaxaca (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008), tanto así que es uno de los territorios estatales que más fauna mastozoológica alberga, con un total de 195 especies (11 órdenes, 30 familias, 119 géneros), de las cuales, 89 pertenecen exclusivamente al orden Chiroptera (González-Christen y Delfín-Alfonso, 2016).

2.2. <u>Importancia de los quirópteros</u>

Los quirópteros cumplen con papeles importantes en los ecosistemas, uno de ellos es la restauración de los bosques, ya que la capacidad de dispersar semillas permite la sucesión de áreas modificadas, ya sea por el hombre o por un fenómeno natural, muchas de las semillas requieren pasar forzosamente por el tracto digestivo de los murciélagos, así incrementan y aceleran su potencial de germinación (Galindo-González, 1998). Además de ser dispersores de semillas, los murciélagos son excelentes polinizadores exclusivos de cactus columnares (Valiente-Banuet *et al.*, 1997), incluso se estima que los murciélagos son polinizadores de al menos 500 especies de 96 géneros de plantas, y actúan como dispersores de polen (Torres-Flores, 2005). El control de insectos plaga también es un servicio ecosistémico que realizan los quirópteros, ya que consumen una gran variedad artrópodos, esto ayuda a la mitigación de insectos plaga que atacan a los cultivos (Guevara-Chumacero y Sainoz-Aguirre, 2012).

Los quirópteros se consideran especies clave en muchos de los ecosistemas que habitan (Zárate-Martínez *et al.*, 2012). Varias de las especies de murciélagos que se agrupan en grandes colonias viven en grutas o cuevas, y crean nuevos nichos que son habitadas por especies de invertebrados (Palmeirim y Rodríguez, 1991), son clave en la cadena trófica, al forman parte de la trasferencia de energía, y que a su vez forman parte fundamental de la dieta de varios vertebrados (MacSwiney, 2010).

Al mismo tiempo, los murciélagos fungen como bioindicadores (Medellín *et al.*, 2000; Jones *et al.*, 2009). A través de estudios con indicadores biológicos se puede conocer el estado conservación o perturbación de un ecosistema, el grupo

de los quirópteros desempeñan roles importantes en los ecosistemas además de funcionar como bioindicadores (Medellín *et al.*, 2000; Jones *et al.*, 2009). Para obtener una representación adecuada de la riqueza se deben incluir en conjunto métodos de captura (redes de niebla) y métodos bioacústicos (detectores ultrasónicos), debido a que la complementariedad de ambos métodos incrementa considerablemente el registro de este orden (MacSwiney *et al.*, 2008; Pech Canché *et al.*, 2010), de tal manera, el resultado de aplicar estos métodos sirve para proponer estrategias para la conservación de quirópteros y su hábitat, a su vez conservar y preservar la biodiversidad de México.

2.3. Estudios de mamíferos y quirópteros en zonas arqueológicas

Los animales formaron parte importante de las culturas de Mesoamérica y el México prehispánico, uno de los grupos mejor representados son los mamíferos, y de entre estos los quirópteros, que en la iconografía, religión, simbología y mitología fueron respetados, venerados, catalogados como deidades importantes y también esculpidos en piedras de templos y edificios sagrados (Berlin, 1958; Wong-Robles, 2009; Renata-Guiascón y Navarijo-Ornelas, 2012). Con relación a estudios científicos, el registro de quirópteros en zonas arqueológicas data de tiempo atrás; por ejemplo, Miller (1902) reportó nuevas especies para América en las ruinas de Chichen Itzá, Yucatán, donde se demostró que zonas arqueológicas pueden funcionar como sitios de percha.

Los estudios de arqueofauna son métodos importantes con los cuales a través de los hallazgos óseos se puede realizar la identificación taxonómica y osteológica. En el estudio realizado en Xcambó Yucatán, Götz y Sierra-Sosa

(2011) encontraron una diversidad de fauna (invertebrados artrópodos y vertebrados) que yace en la zona arqueológica, así también, reportan la existencia de registros óseos de mamíferos, tanto terrestres como marinos, lo que demuestra la importancia biológica que existió y que aún prevalece en los entornos de las zonas arqueológicas.

En la actualidad, los estudios poblacionales de murciélagos en sitios arqueológicos son escasos en comparación con otros grupos o temas de investigación. Por ejemplo, Ortega et al. (2010), analizaron la estructura social y la composición de una colonia de *Nyctinomops laticaudatus* en la zona arqueológica Uxmal en el suroeste de Yucatán, y reportan grupos mixtos de esta especie, los cuales permanecen todo el año, así también, los individuos cambiaron de sitios de percha, debido al comportamiento "promiscuo" de esta especie. Ahora bien, aún faltan muchos estudios por abordar para conocer mejor este tipo de fenómenos.

Por otro lado, los estudios a nivel comunidad sobre murciélagos son insuficientes para su comprensión, no obstante, los estudios que hasta ahora se han realizado demuestran la importancia de sitios culturales como los monumentos arqueológicos y las áreas adyacentes (zonas con vegetación). En la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, se estudió la riqueza de especies y composición de gremios tróficos del ensamblaje del orden Carnivora. Los resultados muestran importantes hallazgos, un total de 11 especies registradas que representan el 26 % de las especies del orden a nivel nacional, y el 64 % para el estado de Campeche, sin embargo, el 55 % de las especies registradas se encuentran en una categoría de riesgo según la legislación mexicana, esto

explica la importancia de preservar y conservar estos sitios que albergan una diversidad de mamíferos (Briceño-Méndez *et al.*, 2017).

Un estudio realizado en el estado de Chiapas por Avila-Torresagatón et al. (2012), demostró que el Parque Nacional Palenque es un sitio que alberga diversidad de quiropterofauna, los resultados obtenidos muestran que la diversidad de murciélagos en el Palenque representa el 42 % de la quiropterofauna nacional, y se reportan nuevos registros para la zona, lo que demuestra que es necesario focalizarse en sitios como este y su periferia, ya que pueden considerarse como área para la conservación de mamíferos y su hábitat. Estrella et al. (2014), evaluaron la diversidad de murciélagos en dos zonas arqueológicas, Dzibilchaltún y Kabah, en el estado de Yucatán, no reportan diferencias estadísticas significativas entre ambas zonas arqueológicas, sin embargo, la composición de la diversidad y los gremios tróficos fueron diferentes, ambas zonas representan el 41 % de la riqueza estatal, y el 28 % de la riqueza

diferencias estadísticas significativas entre ambas zonas arqueológicas, sin embargo, la composición de la diversidad y los gremios tróficos fueron diferentes, ambas zonas representan el 41 % de la riqueza estatal, y el 28 % de la riqueza a nivel península, lo que demuestra que la biodiversidad y la diversidad sociocultural pueden integrarse para su conservación en un mismo espacio natural.

Desde hace aproximadamente más de tres décadas se ha incrementado de manera importante la utilización de métodos bioacústicos para la identificación y estudio de quirópteros, debido a que es una nueva forma de registro de especies y su implementación en el campo fortalece los listados taxonómicos. Por lo cual, la utilización de ambos métodos (bioacústico y de captura) incrementa considerablemente el registro de especies, hasta en un 30 % a 40 % al

complementar detectores ultrasónicos, que permite el registro particularmente de murciélagos insectívoros, ya que la afinidad acústica de este grupo de quirópteros permite la detección de las trampas convencionales y así evitarlas, por esta razón es necesario incluir ambos métodos para obtener una mejor representatividad (MacSwiney *et al.*, 2008; Pech-Canché *et al.*, 2010).

2.4. Zonas Arqueológicas y Áreas Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) constituyen porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, cuyo ambiente original no ha sido sustancialmente alterado o bien, son áreas que requieren ser preservadas y restauradas y que proveen una serie de beneficios y servicios ambientales a la sociedad (PNANP, 2014).

Por otra parte, las Zonas Arqueológicas son sitios donde existen concentraciones arqueológicas, donde se encuentran restos de actividades humanas y están constituidos por la presencia de artefactos, elementos estructurales, suelo de ocupación y otra serie de anomalías (INAH, 2009).

En México, las Areas Naturales Protegidas se han usado como instrumento de conservación, la mayoría existen registradas en papel hasta hace unas décadas cuando se empezaron a manejar adecuadamente (Bezaury-Creel y Gutiérrez-Carbonell, 2009). A pesar de los esfuerzos realizados en las últimas dos décadas para proteger, preservar y conservar la diversidad biológica estos han resultado insuficientes debido gran riqueza biológica que alberga el territorio mexicano (Koleff *et al.*, 2009). Es necesario, a pesar de los logros alcanzados, redoblar esfuerzos en varios ámbitos que abarquen de forma puntual y estricta elementos

que realmente tengan en cuenta la conservación de la biodiversidad, ya que aún cuando las ANP's se encuentran protegidas legalmente sufren transformaciones que dañan la estabilidad ecológica, cuyos efectos son negativos y perjudiciales para los ecosistemas y las interacciones ecológicas (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995).

El decreto de un ANP o una ZA no asegura la integridad ecológica o cultural de las mismas, debido a que actividades ilegales, principalmente por tala clandestina, saqueo, caza furtiva, indefinición de límites y propiedades, los cuales conllevan a la sobre explotación de los recursos naturales y a las malas prácticas, por lo cual, son necesarias estrategias específicas bajo los principios de desarrollo sustentable (Segrado-Pavon *et al.*, 2013).

La conservación de los recursos naturales no se basa sólo en el conocimiento biológico, bien lo describe Toledo (2005) con la frase: "la falsa creencia de que el éxito en la conservación depende del conocimiento biológico", esta línea se fortalece con lo descrito por Koleff et al. (2009) donde testifican que uno de los principales aspectos para lograr buenas prácticas en conservación y preservación de los recursos naturales y de la herencia cultural es la intervención de las comunidades locales. Sin embargo, no es el único sector que debe ser involucrado para conciliar adecuadas prácticas de conservación de la diversidad biológica.

Por lo anterior, es necesario incluir estrategias de conservación para la vida silvestre. Una alternativa que puede funcionar son los sitios con vegetación aledaños a los monumentos arqueológicos, ya que se ha demostrado que

funcionan como zonas que retienen biodiversidad (Avila-Torresagatón et al., 2012; Estrella et al., 2014).

La zona arqueológica "El Tajín", la cultura y sus tradiciones representan para Papantla de Olarte y para la zona norte de Veracruz una de las ZA más importantes, tan significativo y representativo es El Tajín que se encuentra registrada desde 1992 como Bien Cultural, Patrimonio Mundial de la UNESCO, también desde el 2001 se decretó como Zona de Monumentos Arqueológicos "El Tajín" (Zúñiga-Bravo, 2014), se debe agregar que en el año 2009 la cultura Papanteca y su danza de los voladores de Papantla, fue decretada como Patrimonio Cultural Intangible de la Humanidad, ceremonia ritual de los voladores de Papantla.

Fortaleciendo lo anterior, El Tajín cuenta con una gran riqueza cultural, espiritual y tradicional, que hasta hoy ha prevalecido y conservado, por lo tanto, es una zona de importancia económica, de desarrollo urbano y de producción agropecuaria. Sin embargo, no existen suficiente información sobre la integridad ecológica que se encuentra relacionada a la ZA El Tajín dentro de sus delimitaciones, por tal motivo el presente estudio evalúa el estado actual de la conservación de murciélagos, como un grupo indicador del ambiente, cuyo propósito es contribuir a la generación de propuestas y estrategias de conservación del hábitat de la ZA El Tajín.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

 Evaluar el potencial de la zona arqueológica El Tajín para la conservación de murciélagos.

3.2. Objetivos particulares

- Analizar la composición de la comunidad de murciélagos con base en la proporción de sexos y gremios tróficos.
- Determinar la diversidad alfa de murciélagos.
- Analizar diversidad beta por temporadas y métodos de muestreo.
- Proponer estrategias de conservación para los murciélagos y su hábitat.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de monumentos arqueológicos El Tajín se encentra ubicada en el municipio de Papantla, Veracruz, EL Tajín cuenta con 1221 hectáreas (SEGOB, 2001). El entorno de El Tajín corresponde a una zona propuesta por el gobierno de Veracruz para convertirse en un área natural protegida de carácter estatal (Rodríguez-Luna *et al.*, 2011). El área de estudio es la zona arqueológica y la poligonal decretada como zona de monumentos arqueológicas El Tajín (Figura 1), se encuentra particularmente en el municipio de Papantla, Veracruz, está en los paralelos 20° 09' y 20° 41' de latitud norte; los meridianos 97° 06' y 97° 32' de longitud oeste; altitud de 10 y 300 m, ocupa el 2.02 % de la superficie del estado, cuenta con 377 localidades y una población total de 167,362 habitantes (SEFIPLAN, 2019).

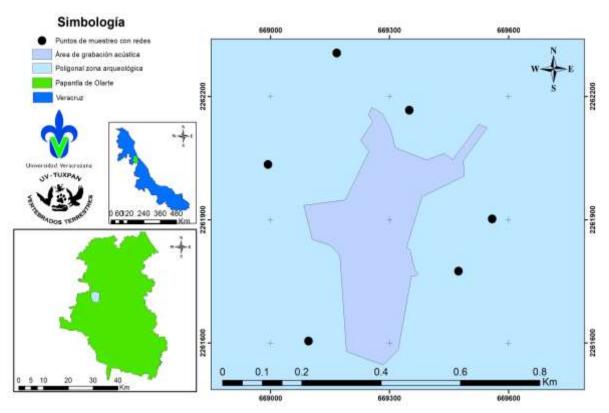


Figura 1. Ubicación espacial de los puntos de muestreo y grabación acústica en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín, Papantla de Olarte, Veracruz.

4.1. Clima

Los eventos climáticos de secas y lluvias para el estado de Veracruz están pronosticados, para la estación de sequías se presenta del mes de febrero concluyendo hasta el mes de mayo, con una extensión probable en los meses de junio y julio, en todo caso que se presente, mientras que lo pronosticado para la temporada de lluvias da comienzo en el mes de junio y concluye en el mes de octubre (SPC, 2017). Pero es variable dependiendo de la región.

De acuerdo con la ubicación geográfica del Tajín, éste tiene un clima tropical lluvioso, con lluvias poco frecuentes pero intensas (SMA, 2001). La temperatura más calurosa en Papantla se presenta en los meses de abril a agosto con un promedio diario de 31° C, mientras que las temperaturas más bajas se presentan en los meses de diciembre a febrero con un promedio de 26° C (Weather Spark, 2016).

4.2. Vegetación

Por mucho tiempo la vegetación que se presentó en el perímetro de la zona arqueológica (áreas verdes de la poligonal de la ZA) fue selva mediana subperennifolia, en la actualidad se pueden encontrar diferentes tipos de vegetación, principalmente modificadas por las actividades antrópicas (Rodríguez-Luna et al., 2011). No obstante, aún quedan remanentes de selva mediana subperennifolia pero en la mayoría de los casos se encuentra en sucesión (vegetación secundaria), es esta vegetación que se encuentra con la mayor cobertura dentro de la poligonal de la ZA, sin embargo, también se encuentran vegetación con actividades agropecuarias (milpas, potreros y

pastizales), los cuales, la ganadería y agricultura representan las actividades más realizadas en la zona.

4.3. **Fauna**

En la zona de monumentos arqueológicos El Tajín se reportan 250 especies de vertebrados terrestres (19 anfibios, 40 reptiles, 147 aves y 44 mamíferos), en el 2001 se reportaron seis anfibios, 20 reptiles, 21 aves y cinco mamíferos que estuvieron registradas y en la NOM-059-ECOL-1994 (SMA, 2001). Bajo este contexto, algunas especies han cambiado nomenclatura y de categoría de protección según corresponde la NOM-059-SEMARNAT-2010.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. <u>Muestreo espacio-temporal</u>

Los muestreos se realizaron con un método bioacústico (detector ultrasónico) y un método de captura (redes de niebla), ambos métodos se usaron de marzo a mayo y de agosto a septiembre del año 2019, que incluyen las temporadas de secas y lluvias, respectivamente (SPC, 2017).

El trabajo de campo se realizó en la poligonal de la zona de monumentos arqueológicos El Tajín, Papantla de Olarte, Veracruz. Se realizó a escalas de espacio y tiempo: 1) al margen y entre los monumentos arqueológicos para realizar la grabación bioacústica (zona abierta al público, que cubrió aproximadamente dos km²); y 2) el sitio del poligonal restante de la zona arqueológica (zona cerrada al público) para el método convencional (redes de niebla, que abarcó 0.3 km de distancia entre los puntos más cercanos y un km aproximadamente entre los puntos más lejanos) (Figura 1). Los sitios de muestreo se eligieron conforme a las características y requerimientos de los métodos de monitoreo, ambos métodos se llevaron a cabo en las temporadas descritas con anterioridad. Por cada temporada se realizaron tres muestreos que implicó tres noches seguidas de monitoreo, para un total de nueve noches por temporada.

5.2. Grabación bioacústica

La grabación bioacústica se realizó con un detector ultrasónico (detector de murciélagos) Echo Meter Touch PRO 2 ejecutado por un Ipad. Se grabaron las

primeras cinco horas después del crepúsculo, en un intervalo de 10 minutos cada hora, esto se realizó por tres noches consecutivas.

Para la grabación acústica, se buscó una zona abierta para realizar las grabaciones (zona de monumentos arqueológicos abierta al público), se evitó zonas con mucha vegetación para recibir las ondas sonoras más claras, el detector ultrasónico se colocó a una altura de 1.5 m con una inclinación de 45° para la grabación (Weller y Zabel, 2002; Britzke *et al.*, 2010), por cada noche de muestreo se realizaron cinco recorridos con el detector en el sitio descrito.

5.3. Captura de murciélagos

Para la captura de los murciélagos se muestreó durante tres noches seguidas, para ellos se evitó muestrear en luna llena, ya que la presencia de luz es un factor que reduce la actividad de murciélagos (Pech-Canché *et al.*, 2018). Se utilizaron tres redes de niebla, de 12 m de largo por tres m de alto, estas estuvieron abiertas las primeras cinco horas de la noche, ya que los murciélagos tienen la mayor actividad sobre el inicio del anochecer (Ramírez-González, 2016; Ruíz-López, 2017). Las redes de niebla se colocaron a ras de suelo (Kunz *et al.*, 2009), y estratégicamente sobre cuerpos de agua, caminos o senderos con vegetación predominante y cerca de sitios de percha, ya que estos lugares son potencialmente frecuentados por los quirópteros (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2011). Para la liberación de los murciélagos capturados en las redes de niebla se realizó con base en lo propuesto por Kunz *et al.*, (2009), que especifican las formas correctas y básicas para la liberación de quirópteros capturados en métodos convencionales. Posterior a la captura de los murciélagos, éstos se colocaron en

bolsas de manta para su transporte e identificación taxonómica, los datos que se obtuvieron fueron anotados en una hoja de registro con los siguientes datos: área de estudio, fase lunar, número de red, fecha y hora de captura. La identificación taxonómica se realizó con guías especializadas hasta llegar a nivel especie (Medellín *et al.*, 2007; Reid, 2009), posteriormente se actualizó la clasificación taxonómica con lo propuesto por Ramírez-Pulido *et al.* (2014).

Los datos propios de los ejemplares que se colectaron fueron: nombre de la especie, longitud del antebrazo, peso, sexo, condición reproductiva y edad. Para la longitud del antebrazo se utilizó vernier milimétrico (0.1 mm). El peso se midió con un dinamómetro calibrado y con un peso máximo de 100 g. Para la condición reproductiva se clasificó como machos reproductivos (testículos escrotados) y machos no reproductivos (testículos abdominales), y para las hembras en reproductivas (preñada, lactante y poslactante) y no reproductiva (inactiva) (Medellín, 1993; Mena y Castro, 2002; Pinto y Keitt 2008). La edad se determinó a través del grado de fusión de las falanges (juvenil y adulto), que se realizó, colocando el ala a contra luz, iluminando las falanges para observar el grado de fusión (Brunet-Rossinni y Wilkinson, 2009). Los individuos capturados fueron marcados con un marcador indeleble para el control de captura-recaptura ya que todos los individuos fueron liberados en el mismo sitio de su captura al finalizar la toma de datos.

Los gremios tróficos se clasificaron de acuerdo con el tipo de dieta reportada para cada especie (insectívoros aéreos, frugívoros, nectarívoros, y hematófagos) (Simmons y Voss, 1988). Para los frugívoros se clasificaron por tamaños

(frugívoros grandes y frugívoros pequeños) con base en la medida del antebrazo, establecido por Saldaña-Vázquez *et al.* (2010).

5.4. Análisis estadísticos

5.4.1. Análisis del método bioacústicos

Los audios grabados por el detector ultrasónico y almacenados por el Ipad se descargaron y respaldaron en un laptop (HP Pavilion x360). Para la identificación de los pulsos de ecolocalización se utilizó el programa BatSound Pro 3.31 para su visualización y medición. Los pulsos de ecolocalización se identificaron a nivel especie con las siguientes referencias: Miller (2003); MacSwiney *et al.* (2008); Orozco-Lugo (2013); Rodríguez-Aguilar *et al.* (2016); Zamora-Gutiérrez *et al.* (2016). Para los pulsos de ecolocalización se hizo un reconocimiento de los parámetros (frecuencia inicial, duración de la llamada, frecuencia final, entre otros) más característicos para la identificación a nivel especie.

5.4.2. Análisis del método convencional

Esfuerzo de muestreo y éxito de captura:

Se analizó el esfuerzo de muestreo con las redes de niebla, que se basa en el cálculo de la suma de los metros de las redes por hora (m de red x h) (Moreno y Halffter, 2000), calculando por temporada y de forma general. La tasa de captura se obtuvo con el total de individuos dividido por total de horas red (Bracamonte, 2018), este cálculo se realizó por temporada y de forma general.

Tablas de contingencia

Se realizaron tablas de contingencia con una chi-cuadrada, donde se aplicó para los gremios tróficos por temporada y para las especies por sexo, cabe destacar que se excluyeron los casos con poca abundancia (n<10) para ambos casos donde se utilizó la chi-cuadrada (Zar, 1999).

Curvas de rarefacción:

Se realizó una curva de rarefacción, para ello se comparó la riqueza de especies de la comunidad con la abundancia, el análisis permite hacer comparaciones entre comunidades (para este trabajo entre las temporadas de secas y lluvias) (Moreno, 2001), donde se observa que muestra tienen más o menos especies acumuladas, así como la relación con la abundancia acumulada (Kreps, 1989). Para obtener los datos de las curvas de rarefacción se utilizó el paquete estadístico EstimateS 9.1.0. (Colwell, 2013) y se graficaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

Estimadores de riqueza:

Los estimadores de riqueza que se recomiendan para datos de abundancia como lo establece Hortal *et al.* (2006), son ICE y Jackknife1 como estimadores de riqueza tipo no paramétricos, el cual se ajustan por el tipo de comunidad (temporada de secas y lluvias), al ser comparables entre sí. Para la obtención de los estimadores de riqueza se utilizó el software EstimateS 9.1.0. (Colwell, 2013).

Diversidad verdadera (orden: 0, 1 y 2):

La diversidad verdadera se basa en el valor de q y de la riqueza de las especies, donde q = 0 es la diversidad de orden cero (0 D), el cual no considera las abundancias, por lo que representa la riqueza de especies. Con q = 1 es el índice

de diversidad del exponencial (¹D) del índice de entropía de Shannon, donde todas las especies no se incluyen con un peso proporcional a su abundancia en la comunidad. Para q = 2 el índice de diversidad (²D) es el inverso del índice de Simpson, que calcula la diversidad de la comunidad, es decir no agrupa las muestras, sino son cálculos independientes de cada comunidad (Moreno, 2001; Jost, 2006; Jost y González-Ortega, 2012).

El índice de Shannon se calcula con la siguiente formula:

$$H'= -Σ$$
 pi In pi

Donde pi representa la proporción individual que se encuentra en la i-ésima especie (Moreno, 2001; Magurran, 2004).

Para Simpson utilizamos la formula siguiente:

$$\Lambda = \sum pi^2$$

Donde pi es la abundancia proporcional de la especie i, es decir el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra (Moreno, 2001).

Para obtener el cálculo de Shannon y Simpson se utilizó el programa estadístico Diversity Species and Richness 3.02, y para obtener el exponencial ¹D= exp (H') de Shannon y el inverso del índice de Simpson (Jost y González-Ortega, 2012) se utilizó la hoja de cálculo Microsoft Excel.

Curvas de rango-abundancia:

Las curvas de rango abundancia permiten la comparación de aspectos biológicamente importantes de la diversidad de especies entre muestras, incluye

el número de especies, estas se reflejan en el número de puntos que contiene cada gráfica, la abundancia relativa se refleja por la posición dentro de la línea, las especies raras se manifiestan por la posición en la parte baja, e indica las especies con un solo individuo, la estructura de la comunidad se compara entre sitios y evalúa la forma de la curva (Stoner, 2005).

Las curvas de rango-abundancia se realizaron para hacer la comparación entre comunidades de las diferentes temporadas, donde las especies se ordenan de mayor a menos abundancia, el cual permite ver la posición de cada una de las especies dentro de cada comunidad, lo cual es la característica más útil de esta curva (Feinsinger, 2003). Para este caso los análisis y la gráfica se realizaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

Diversidad beta (complementariedad):

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio abiótico a través de dos puntos, comunidad y/o paisajes (Halffter y Moreno, 2005). La complementariedad es el grado de disimilitud en la proporción de todas las especies entre pares de biotas (Colwell y Coddington, 1994).

La complementariedad se analizó de dos maneras: 1) comparando la riqueza de especies entre las temporadas de secas y lluvias (beta temporal); y 2) comparando la riqueza de especies entre método de muestreo (acústico y de captura). El análisis de la diversidad beta se basa en el índice de complementariedad de Colwell y Coddington (1994), que analiza el grado de similitud en la composición de especies entre dos sitios.

1. La riqueza total para ambos sitios combinados:

$$S_{AB}=a+b-c$$

Donde a es el número de especies del sitio A, b es el número de especies del sitio B y c es el número de especies en común entre los sitios A y B.

2. El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios:

$$U_{AB} = a + b - 2c$$

A partir de estos valores calculamos la complementariedad de los sitios A y B como:

$$C_{AB} = \frac{U_{AB}}{S_{AB}}$$

Donde la interpretación de la complementariedad varía de cero, cuando ambos sitios son iguales en la composición de especies, hasta uno, cuando las especies son completamente distintas en ambos sitios (Colwell y Coddington, 1994; Moreno, 2001).

VI. RESULTADOS

6.1. Análisis del método convencional

El esfuerzo de muestreo entre las temporadas de secas y lluvias con redes de niebla registró un total de 3,240 m red/hora (1,620 metros red/hora por temporada), la tasa de captura fue de 0.09 metros red/hora (0.09 por temporada). El total de individuos fue de 294 (146 para secas y 148 para lluvias) correspondiente a tres familias, 10 géneros y 18 especies de murciélagos en la poligonal de la zona de monumentos arqueológicos El Tajín (Cuadro 1).

Cuadro 1. Listado de las especies de murciélagos registrados en métodos

directos en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín.

Familia/Especie	Gremio trófico Temporada		Totales	
		Secas	Lluvias	
Mormoopidae				
Mormoops megalophylla	Insectívoro aéreo	1	-	1
Pteronotus parnellii	Insectívoro aéreo	1	1	2
Phyllostomidae				
Artibeus jamaicensis	Frugívoro grande	27	46	73
Artibeus lituratus	Frugívoro grande	23	27	50
Dermanura phaeotis	Frugívoro pequeño	2	3	5
Dermanura tolteca	Frugívoro pequeño	-	1	1
Dermanura watsoni	Frugívoro pequeño	-	1	1
Carollia perspicillata	Frugívoro pequeño	2	-	2
Carollia sowelli	Frugívoro pequeño	20	42	62
Desmodus rotundus	Hematófago	-	2	2
Glossophaga soricina	Nectarívoro	10	11	21
Platyrrhinus helleri	Frugívoro pequeño	1	2	3
Sturnira parvidens	Frugívoro pequeño	26	9	35
Sturnira hondurensis	Frugívoro pequeño	23		23
Vespertionidae				
Myotis californicus	Insectívoro aéreo	1	-	1
Myotis keaysi	Insectívoro aéreo	1	2	3
Myotis nigricans	Insectívoro aéreo	6	1	7
Rhogeessa tumida	Insectívoro aéreo	2	-	2
Totales		146	148	294

La separación de frugívoros se realizó conforme a la medida del antebrazo establecido por Saldaña-Vázquez *et al.* (2010).

Del ensamble de murciélagos, la mayor abundancia registrada dentro de los gremios tróficos fue para los frugívoros pequeños con un total de 132 individuos, que corresponden a ocho especies y representan en la comunidad el 45 % (51 % en secas 39 % en lluvias), para los frugívoros grandes se registraron 123 individuos, 42 % de la comunidad (34 % en secas y 49 % en lluvias). Para el gremio de los insectívoros aéreos, se obtuvieron 16 individuos, 5 % del ensamble (8 % en secas y 3 % en lluvias), para el grupo de nectarívoros se registraron 21 individuos, 7 % del total (7% en ambas temporadas), y 2 individuos para los hematófagos, 1 % de la comunidad (Figura 2).

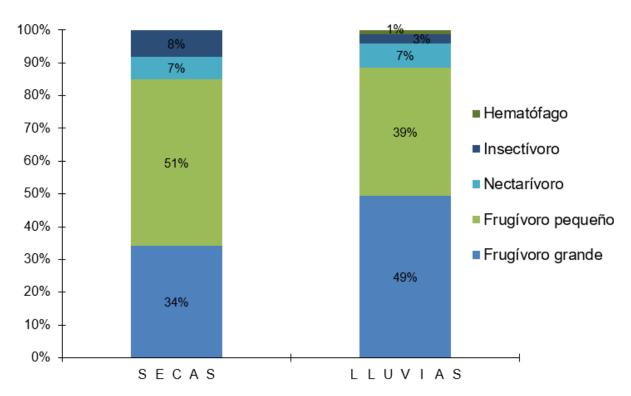


Figura 2. Proporción de gremios tróficos en dos temporadas (secas y lluvias) en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín.

6.1.1. <u>Tablas de contingencia</u>

El análisis de la tabla de contingencia para gremios tróficos por temporadas detectó diferencias estadísticas significativas (X²= 10.28, gl= 3, P= 0.01). Para los frugívoros grandes se presentó mayor abundancia en lluvias que en secas, sucedió lo contrario para los frugívoros pequeños; para los insectívoros, la abundancia en secas fue mayor que lluvias, mientras que los nectarívoros hubo semejanza en la cantidad de individuos, solo varió por una especie más en lluvias (Figura 3). Para este análisis se excluyó el gremio hematófago (*Desmodus rotundus*) debido a su baja abundancia registrada, además de sólo registrarla en una temporada.

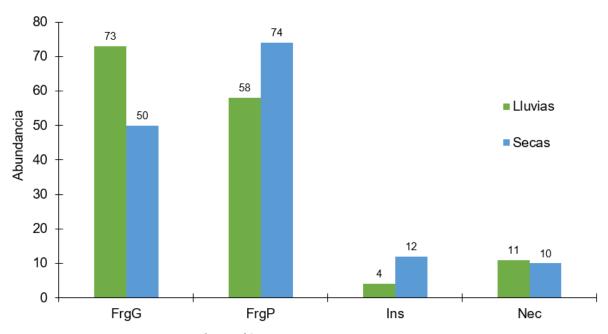


Figura 3. Representación gráfica de las tablas de contingencia de gremios tróficos por ambas temporadas de muestreo. FrgG=frugívoro grande, FrgP=frugívoro pequeño, Ins=insectívoro aéreo y Nec=Nectarívoro.

Para el análisis de especie por sexo se incluyeron solo seis especies, para este caso el análisis se realizó por temporada. En secas se presentan diferencias

estadísticas significativas (X²=52.64, gl=5, P=3.89⁻¹⁰), se observa contraste en las abundancias por sexo en la mayoría de las especies en secas, excepto *Artibeus jamaicensis*. Sin embargo, en lluvias no existen diferencias significativas (X²=5.5, gl=4, P=0.23) donde se muestra que tres especies son semejantes en abundancia (*A. lituratus*, *Carollia sowelli*, *Glossophaga soricina*), mientras que el resto de las especies se presentan contrastes en la abundancia (Figura 4).

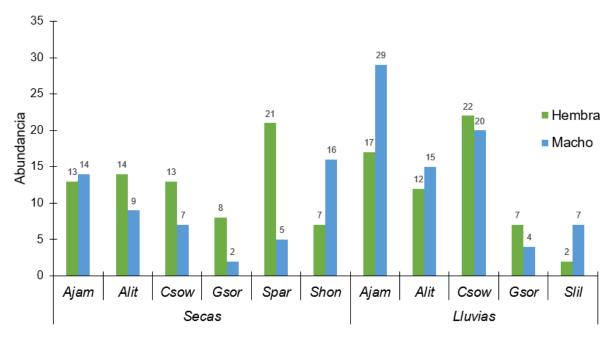


Figura 2. Representación gráfica de las tablas de contingencia de especies por sexo entre temporadas de muestreo. Las especies fueron codificadas con la primera letra del género y las dos primeras letras del epíteto específico.

6.1.2. Curva de rarefacción

Con base en los resultados de las curvas de rarefacción, los intervalos de confianza al 95 % se traslapan para ambas temporadas, lo que indica que no hay diferencias significativas en las abundancias por temporalidad. La temporada mejor representada en cuanto a riqueza de especies fue la temporada de secas con 15 especies acumuladas y una abundancia de 146 individuos, para

la temporada de Iluvias se registró un total de 13 especies con 148 individuos. Sin embargo, la diferencia entre temporadas de la riqueza fue de dos especies, al igual que la abundancia, dos individuos. La riqueza acumulada en ambas temporadas registra un total de 18 especies con una abundancia acumulada de 294 individuos (Figura 5).

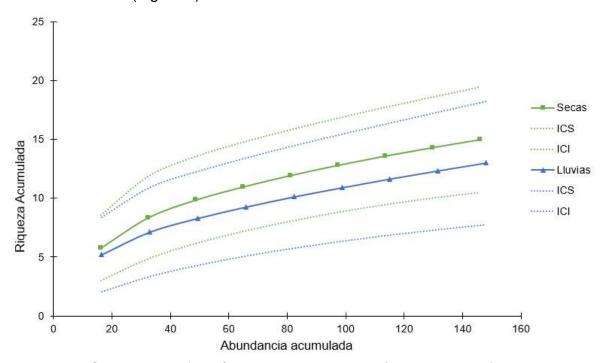


Figura 3. Curva de rarefacción en dos temporadas (secas y lluvias) en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín. Líneas punteadas para secas y línea continua para lluvias. ICS: intervalo de confianza superior, ICI: intervalo de confianza inferior.

Para el análisis de representatividad de cada una de las temporadas fue diferente, para la temporada de secas se registra 79 % de representatividad, en cambio la temporada de lluvias registra un porcentaje más bajo con 75 % de representatividad, sin embargo, el análisis general del inventario difiere al compararlo con las temporadas por si solas, del cual se registra un porcentaje de representatividad del 88 %. Los índices de riqueza predicen en todo momento que puede haber especies en cada comunidad, ICE fue el índice que mayor

riqueza predijo (21 en secas y 20 en lluvias), mientras que Jacknife de primer orden predice menos riqueza (20 en secas y 18 en lluvias), en ambas temporadas, al hacer el análisis en conjunto, ambos índices predicen la misma cantidad de especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimadores de riqueza y representatividad de cada uno de las temporadas y el inventario general con redes de niebla en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín.

	Secas	Lluvias	Muestreo general
Riqueza	15	13	18
ICE	21.18	20.45	21.72
Jack 1	20.33	18.33	21.72
Promedio	18.83	17.26	20.33
Representatividad	79.63	75.31	88.51

6.1.3. Diversidad alfa

La temporada de secas representó el mayor registro en cuanto al análisis de q0 y para lluvias se registra el menor número (15 y 13 especies, respectivamente). Para q1, secas fue mejor representada que lluvias, lo que representa mayor equitatividad que lluvias, al presentar mayor número de especies efectivas, por su parte el valor de q2 en lluvias fue mayor que en secas (0.13 y 0.21) lo que representa para lluvias ser más dominante que secas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Representación de los valores de q0, q1 y q2, correspondientes a la temporada de secas y lluvias en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín.

Diversidad alfa	Secas	Lluvias
Abundancia	146	148
q0	15	13
q1	8.46	5.94
q2	0.13	0.21

6.1.4. Rango-abundancia

Para el análisis de rango-abundancia, las especies en secas muestran una curva más larga que en lluvias, hecho que demuestra que existe mayor riqueza de especies en esa temporada. Ambas curvas se comportan de la misma forma, donde se aprecia una equidad similar, caso que también se presenta con las especies de poca abundancia, reflejadas al final de cada curva. La especie mejor representada en ambas temporadas es *A. jamaicensis*, mientras que algunas especies insectívoras (*Mormoops megalophylla, Myotis californicus, M. keaysi, Pteronotus parnellii* para secas y *M. nigricans* y *P. parnellii* para lluvias) y frugívoros pequeños (*Platyrrhinus helleri*, para secas y *Dermanura tolteca* y *D. watsoni*) se presentan como especies con poca abundancia (Figura 6).

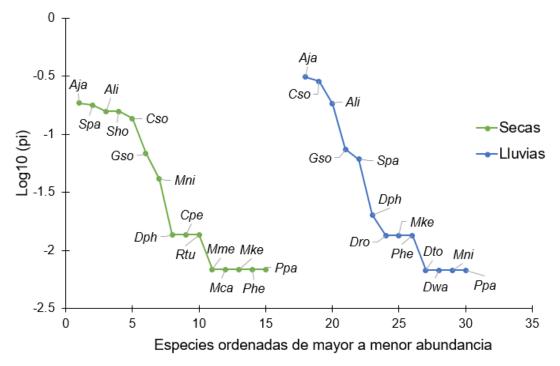


Figura 4. Rango-abundancia de las dos temporadas (secas y lluvias) del muestreo en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín. Las especies fueron codificadas con la primera letra del género y las dos primeras letras del epíteto específico.

6.1.5. <u>Diversidad beta (complementariedad)</u>

Para la diversidad beta en complementariedad (beta temporal), en la temporada de secas se registró un total 15 especies, de las cuales cinco son exclusivas (*Carollia perspicillata, Mormoops megalophylla, Myotis californicus, Rhogeessa tumida y Sturnira hondurensis*), para lluvias la riqueza total fue de 13 especies, de éstas, tres fueron únicas (*Dermanura tolteca, D. watsoni y Desmodus rotundus*). De la suma de especies de ambas temporadas (18 especies), se comparten solo 10 especies, por lo que la complementariedad entre las temporadas fue de 44%, lo que se atribuye a una complementariedad media (Figura 7).

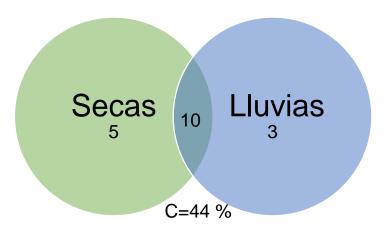


Figura 5. Complementariedad, riqueza, especies únicas y compartidas entre temporada en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín. C= complementariedad.

6.2. Análisis del método indirecto

El análisis resultante de la grabación acústica en la temporada de secas y lluvias fue de 14 especies, 10 géneros y tres familias. En secas se presentan 11 especies y para lluvias se registran 14 especies (Cuadro 4). El total de horas que se dispuso para la grabación acústica fue de 15 horas (900 minutos), siete horas

con 30 minutos por temporada (450 minutos). Sin embargo, las grabaciones netas para cada temporada fueron bajas comparada con los tiempos de grabación.

Cuadro 4. Listado de especies de murciélagos registrados con los métodos indirectos en la zona de monumentos "El Tajín".

Familia/especie	Gremio trófico	Temporada	
		Secas	Lluvias
Moormopidae			
Mormoops megalophylla	Insectívoro aéreo	✓	✓
Pteronotus davyi	Insectívoro aéreo		✓
Molossidae			
Cynomops mexicanus	Insectívoro aéreo	✓	✓
Molossus rufus	Insectívoro aéreo	✓	\checkmark
Tadarida brasiliensis	Insectívoro aéreo	✓	✓
Eumops underwoodi	Insectívoro aéreo		\checkmark
Vespertilionidae			
Eptesicus furinalis	Insectívoro aéreo	✓	✓
Eptesicus brasiliensis	Insectívoro aéreo	✓	✓
Lasiurus ega	Insectívoro aéreo		\checkmark
Lasiurus intermedius	Insectívoro aéreo	✓	✓
Myotis velifer	Insectívoro aéreo	✓	✓
Myotis nigricans	Insectívoro aéreo	✓	✓
Myotis keaysi	Insectívoro aéreo	✓	✓
Rhogeessa tumida	Insectívoro aéreo	✓	✓
Totales		11	14

A nivel de recambio de especies entre temporada se puede visualizar en el diagrama que la temporada de secas no aporta especies únicas, al contrario de lluvias que registra tres especies exclusivas (*Pteronotus davyi*, *Eumops underwoodi* y *Lasiurus ega*). Del total de especies, 11 son compartidas entre las temporadas. La complementariedad corresponde a un valor de 25 % lo que se le atribuye a un recambio bajo debido a que las especies que se presentan en secas son las que se comparten entre temporadas (Figura 8).

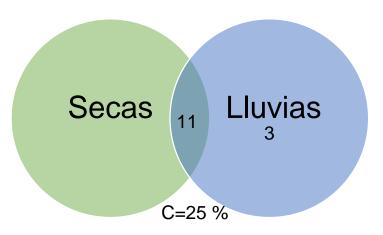


Figura 6. Complementariedad, riqueza, especies únicas y compartidas entre temporada en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín. C= complementariedad.

6.3. <u>Muestreo general</u>

El resultado total de la suma de especies de las dos temporadas monitoreadas y los dos métodos de registro utilizados es de 28 especies, 16 géneros y cuatro familias.

La complementariedad metodológica arroja un porcentaje de 85 %, donde sólo se comparten cuatro especies entre métodos de registro (*Mormoops megalophylla*, *Myotis nigricans*, *M. keaysi y Rhogeessa tumida*), datos que demuestran una alta complementariedad. Mientras que cada una de las temporadas aporta un número importante de especies, las redes de niebla aportan 14 especies y el método acústico 10 especies. Cuando el análisis se realiza a nivel de género la complementariedad es de 76 % entre ambos métodos de registro, y se comparten cuatro géneros (*Mormoops, Pteronotus, Myotis y Rhogeessa*), pero son exclusivos siete especies para redes de niebla y seis para el método acústico. Mientras que el análisis a nivel familia reduce la complementariedad hasta ser intermedia, el cual comparten dos familias

(Moormopidae y Vespertilionide), mientras que cada método tiene una familia exclusiva (Figura 9).

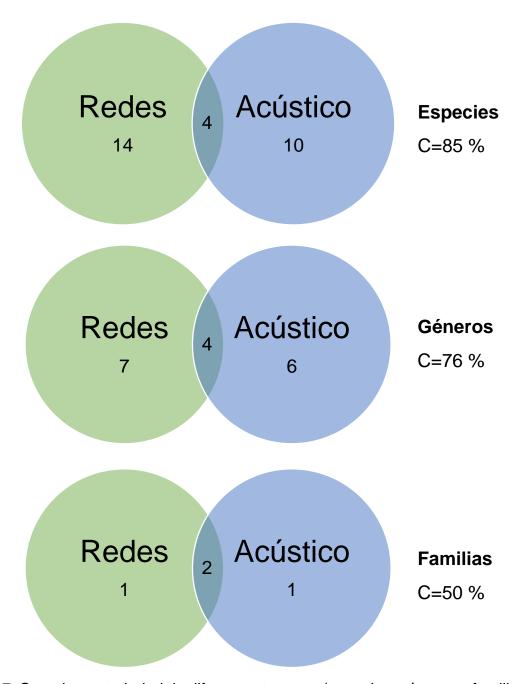


Figura 7. Complementariedad de diferentes taxones (especies, géneros y familias) compartidas entre métodos de registro en la zona de monumentos arqueológicos El Tajín. C= complementariedad.

VII. DISCUSIÓN

7.1. <u>Diversidad de murciélagos en la Zona Arqueológica el Tajín y la zona norte de Veracruz</u>

La riqueza total de murciélagos fue de 28 especies, con ambos métodos de muestreo (redes de niebla y detector ultrasónico) en las dos temporadas monitoreadas (secas y lluvias) en la Zona Arqueológica El Tajín. En el mismo sitio, la Subsecretaria de Medio Ambiente (2001) reportó 11 especies de murciélagos, de las cuales solo siete se comparten con el presente estudio, sin embargo, aún cuando la diferencia en composición de especies es considerable se comparten los mismos gremios tróficos. En el presente estudio los insectívoros representan la mayor riqueza de especies, seguido de los frugívoros (grandes y pequeños), los nectarívoros y hematófagos con una sola especie. Es posible que se registre mayor riqueza específica por la presencia de especies de murciélagos Tipo III "adaptables" (Galindo-González, 2004; 2007), especies migratorias (Medellín *et al.*, 2009) y especies que vuelan en espacios estrechos, espacios de borde y espacios abiertos (Kalko *et al.*, 2008) que se pudieron registrar con el detector acústico, algo que no se implementó en el monitoreo de la SMA (2001).

Por otro lado, un estudio en la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec al norte de Veracruz (Rivera-Vázquez, 2014), registró un total de 21 especies de murciélagos correspondientes a cuatro gremios tróficos, de los cuales comparte 15 especies de murciélagos con el presente estudio; estas diferencias se pueden deber a la distancia entre los sitios, aproximadamente 100 kilómetros en línea recta, además del mayor número de hábitats muestreados en la sierra de

Otontepec (bosque de encino, bosque mesófilo de montaña y selva mediana subperennifolia) que puede tener especies adaptadas al tipo de vegetación, también se considera las elevaciones que van desde 300 a 1300 msnm (SDSMA, 2007), como el caso de *Myotis yumanensis* que se encuentra por arriba de los 1000 msnm (Medellín *et al.*, 2007), y considerando el estado de conservación en el que se encuentra el ANP a nivel estatal, lo que pudo atribuir a registrar otras especies adaptadas a las condiciones mencionadas.

Cabe resaltar que los estudios realizados en la ZA El Tajín (SMA, 2001) y la ANP Reserva Ecológica Sierra de Otontepec (Rivera-Vázquez, 2014) se realizaron con redes de niebla, lo que puede atribuir que la riqueza se encuentre por debajo de lo reportado, comparado con el presente estudio, aún así, aportan especies de la familia Phyllostomidae (ej. Artibeus lituratus, Carollia perspicillata y Sturnira parvidens) importantes en la regeneración de los ecosistemas, que contribuyen a dispersar semillas de especies de plantas y hierbas pioneras (Galindo-González, 1998; Olea-Wagner et al., 2007). Las especies de murciélagos dispersoras de semillas también se reportan en el presente estudio, en su mayoría con abundancia mayor al resto de las especies de otros gremios, como nectarívoros, insectívoros aéreos y hematófagos. Los remantes de selva mediana subperennifolia puede ser un factor importante en la presencia de estos gremios en Tajín, debido a la transformación del hábitat, la mayoría de las especies de quirópteros son considerados especies adaptables a la perturbación del hábitat. Por lo cual, su establecimiento en la ZA El Tajín es de considerarse para la regeneración de sitios alterados.

Otro monitoreo a nivel regional es el que se realizó en el Área Privada de Conservación (APC) Talhpan en Papantla de Olarte por Morales-Echeverría (2015), donde analizó la riqueza quiropterofaunística en tres diferentes condiciones de la vegetación (selva mediana subperennifolia, ribereño y cultivo) y el resultado fue de 16 especies correspondiente a cuatro gremios tróficos; en dicha APC, Lucas-Cobos (2015) realizó un estudio de la dispersión de semillas por quirópteros, registró especies vegetales principalmente de establecimiento pionero, ej. *Cecropia obtusifolia*, *Piper amalago*, *P. auritum*, por mencionar algunos. Aún cuando el APC en su poligonal se encuentra con vegetación de selva mediana subperennifolia, sus alrededores están compuestos por acahuales y monocultivos, que favorece la presencia de especies de murciélagos dispersoras de semillas de plantas pioneras.

Los resultados generados por Morales-Echeverría (2015) y Lucas-Cobos (2015) revelan la importancia del funcionamiento ecológico y riqueza de especies de los murciélagos en la zona de conservación, al comparar resultados anteriormente mencionados con los obtenidos en la ZA El Tajín, la riqueza de especies de filostómidos es similar, lo que podemos atribuir que existe un papel ecológico importante en la zona de estudio al funcionar como dispersores potenciales, dado que la poligonal de la ZA es más grande que el APC Talhpan, además de que esta última se encuentra aislada ya que colinda con sitios con cambio de uso de suelo, sin embargo, Tajín también cuenta con este tipo de características, pero al contar con una poligonal más grande cuenta con pequeños "corredores" que permiten la conexión entre vegetación, en específico acahuales.

De acuerdo con los datos obtenidos, aún se podría incrementar el listado taxonómico del sitio ya que los estudios cercanos cuentan con especies que no fueron registradas en este estudio. Por ejemplo, SMA (2001), registró dos especies de insectívoros aéreos (*Natalus stramineus y Molossus ater*) faltantes en el listado de El Tajín, sin embargo, las especies de la familia Molosside pueden volar y alimentarse hasta los 600 metros de altura (Fenton y Griffin, 1997), por lo que la posibilidad de registrarla se vuelve difícil ya que el detector ultrasónico no tiene esa capacidad de alcance, y las redes de niebla se establecieron en sitios con vegetación a nivel de suelo.

Mientras que Morales-Echeverría (2015) registró a *Centurio senex*, especie frugívora que es vulnerable a la fragmentación del paisaje (Galindo-González, 2004, 2007), es probable que en Tajín no tenga refugios por la fragmentación de hábitat, contrario a lo que sucede en el APC Talhpan, donde a pesar de que su poligonal es más pequeña, la vegetación presente se encuentra en buen estado de conservación. Presenta además una cueva cuyo nombre hace referencia a los quirópteros (la cueva de los murciélagos) y se encuentra a un costado del río Tecolutla el cual cuenta con abundante vegetación en las orillas que bien puede ser ocupado por la especie antes mencionada. Por otro lado, Rivera-Vázquez (2014) reporta seis especies murciélagos que no fueron registradas en el presente estudio, pero la especie *Choeroniscus godmani* es clasificada como especie rara, dado a ese hecho, no se encuentra con distribución potencial para la zona norte de Veracruz (Medellín *et al.*, 2007).

De los datos obtenidos con el método directo y el comportamiento de la curva de rarefacción, que visualmente tiende a incrementar conforme a la abundancia

acumulada sin alcanzar la asíntota, y los estimadores de riqueza que predicen la presencia de nuevas especies al estimar un porcentaje de representatividad 88.51 %, que se atribuye que las especies registradas en los estudios de SMA (2001), Rivera-Vázquez (2014) y Morales Echeverría (2015), pudieran registrarse y enriquecer el listado taxonómico de la ZA El Tajín, tomando en cuenta que entre estudios la complementariedad regional es importante (Anexo A), ya que presentan especies únicas para cada estudio, y se requiera de prácticamente todas los estudios para alcanzar la riqueza a nivel regional de 37 especies (Anexo B). sin embargo, la riqueza de especies es mayor cuando la escala sube a nivel zona norte de Veracruz, teniendo en cuenta que son las especies potenciales para la zona

Es importante resaltar que los estudios citados a nivel local o regional (SMA, 2001; Rivera-Vázquez, 2014; Morales-Echeverría, 2015), solo muestrearon con redes de niebla, en cambio, en el presente estudio se usa el método acústico, que aumentó el listado taxonómico registrado solo con redes de niebla y genera que este estudio se reporte mayor riqueza de especies a nivel regional, lo que se corrobora con los estudios realizados por MacSwiney *et al.* (2008), Pech-Canché *et al.* (2010) y Kraker y Pérez (2012), donde demuestran la importancia de los detectores ultrasónicos al incrementar la riqueza de especies de la quiropterofauna. Cabe mencionar que Kraker y Pérez (2012), reportan en su estudio de complementariedad del 100 % a nivel de familia, género y especie entre métodos convencional y acústico, mientras que en este estudio se reportan 50, 76 y 85 % de complementariedad entre el mismo nivel taxonómico del muestreo general.

Dado este hecho, se debe considerar para los monitoreos de diversidad de quirópteros utilizar de manera estándar los dos métodos de registro (método convencional y método acústico), los cuales permiten obtener listados taxonómicos más completos, donde la complementación entre métodos es importante para un registro completo de los gremios que se presentan en el orden Chiroptera.

7.2. <u>La diversidad de murciélagos en Zonas Arqueológicas y Áreas</u> <u>Naturales Protegidas de México</u>

En la zona de los Tuxtlas, Veracruz, se realizó un estudio de murciélagos en un paisaje fragmentado (Ramírez-Lucho *et al.*, 2017), donde se registraron 22 especies de murciélagos, cuatro de las especies, *Carollia sowelli, Sturnira parvidens, Artibeus jamaicensis* y *Glossophaga soricina* representaron el 79 % de la abundancia total, mientras que en el presente estudio las mismas especies representa el 65 %, pero si consideramos a las especies *A. lituratus* y *S. hondurensis* el porcentaje incrementa a 89 % de la comunidad, que representa las especies con mayor abundancia en los registros de redes de niebla (Anexo C), de las cuales, son un grupo importante en la dispersión de polen y simillas, ya que se ha comprobado que en época de secas y lluvias son capaces de dispersar dichos recursos (Heithaus *et al.*, 1975).

También Ramírez-Lucho *et al.* (2017), reportan 16 especies hábitos frugívoros que representan el 90 % de los individuos, mientras que los nectarívoros seis por ciento, y el resto entre los insectívoros y hematófagos, basado en los datos de abundancia del presente estudio, existe una similitud en proporción de hábitos

alimenticios, los frugívoros representaron el 87 % (10 especies), siete por ciento para nectarívoros, cinco por ciento para los insectívoros y con el uno por ciento para gremio hematófago (una sola especie, *Desmodus rotundus*). De los cuales el grupo fitófago tiene importancia en la zona como dispersores de semillas (Gómez-Reina, en preparación), siendo este grupo el más abundante registrado para la ZA El Tajín.

Un estudio donde se han monitoreado dos zonas arqueológicas del estado de Yucatán, Estrella *et al.* (2014), reporta para el Parque Estatal de Kabah 15 especies de murciélagos, de las cuales se comparten 11 especies con el presente estudio, considerando que se presenta el mismo tipo de vegetación que la ZA El Tajín (selva mediana). Mientras que en el Parque Nacional Dzibilchaltún se reportan 16 especies y se comparten 12 especies con el presente estudio, teniendo vegetación de selva baja. La riqueza total entre ambas ZA's es en Yucatán es de 18 especies, 10 menos que lo reportado para la ZA El Tajín, el cual se comparten 12 especies, pero en Yucatán se reporta un gremio trófico adicional (carnívoro).

En el Parque Nacional Dzibilchaltún se reportan 16 especies que se registraron con métodos convencionales (Estrella *et al.*, 2014), pero cuando se agrega al monitoreo detectores ultrasónicos la riqueza aumenta, y se reportan especies que no se registraron los métodos convencionales, especies de familias insectívoras (Pech-Canché *et al.*, 2010), lo que demuestra la importancia de complementar los métodos para el registro de murciélagos, al igual que se hizo en el presente estudio. Aún cuando las ZA´s de Yucatán y Veracruz se encuentran geográficamente separados con una distancia considerable hubo

una similitud en hábitos alimenticios, debido principalmente a la distribución geográfica de las especies, además de ofrecer recursos similares.

Por otro lado, Avila-Torresagatón *et al.* (2012) registran 52 especies de murciélagos en el Parque Nacional Palenque, Chiapas, al que también pertenece como zona arqueológica el Palenque, donde la riqueza reportada es mayor al comparar con la riqueza de Tajín, este hecho puede deberse al esfuerzo de muestro y/o los sitios de monitoreo, los cuales fueron diferentes, abarcando más esfuerzo y sitios de muestreo. Cabe mencionar que Palenque se encuentra en el estado de Chiapas, que se considera una de las entidades estatales con mayor riqueza biológica a nivel nacional (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995; Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008), lo que también pudo atribuir al registrar un listado taxonómico mucho más completo.

Es de resaltar el estudio realizado en el ANP Parque Nacional Palenque por Avila-Torresagatón (2012), mismo lugar que también se encuentra decretada como ZA. Se demostró la importancia de las áreas verdes en el ANP, donde bien se pueden agrupar ambiente cultural y natural y coexistir en un solo espacio; basado en estos hechos, la ZA El Tajín puede funcionar también como un área con fines de conservación biológica, cabe resaltar que en el 2001 la Subsecretaría de Medio Ambiente creo el programa de manejo "Área Natural Protegida, Entorno El Tajín", que es una propuesta del gobierno de Veracruz para convertirse en un área natural protegida a nivel estatal (Rodríguez-Luna *et al.*, 2011).

7.3. <u>Importancia ecológica de los murciélagos para la conservación</u>

En la familia Phyllostomidae se encuentran la mayoría de los gremios tróficos a los que pertenecen los murciélagos, de los cuales los frugívoros son los principales actores en la regeneración de los bosques al dispersar semillas pioneras y de establecimiento tardío. Por lo anterior, el presente estudio cuenta con especies importantes en la regeneración de las selvas, con capacidad de dispersar semillas de diferentes plantas.

Galindo-González (1998) realizó un estudio sobre dispersión de semillas por murciélagos frugívoros en espacios abiertos como potreros abandonados, cuyo resultado demuestra la importancia de la dispersión de semillas, al tener ambientes modificados y con árboles aislados permite la dispersión de semillas en zonas con pastizal, basado en este estudio, en la ZA El Tajín se registraron especies de murciélagos frugívoros grandes y pequeños importantes en la dispersión de semillas (Heithaus et al., 1975; Saldaña-Vázquez et al., 2010), aunado a esto, el perímetro alrededor de la poligonal tiene un paisaje heterogéneo, entre vegetación secundaria, monocultivos y pastizales, que bien en el mejor de los casos, los sitios modificados artificialmente pueden regenerarse por la acción que ejercen los murciélagos frugívoros, favoreciendo a las plantas quiropterocorias (Solanum, Piper, Ficus, Cecropia, entre otras), pero el salir a áreas abiertas incrementa potencialmente la depredación, así como encontrar sitios sin recursos suficientes para sobrevivir (Marin-Carbajal y Vela-Vargas, 2013).

Un estudio realizado en la selva lacandona, Chiapas (Olea-Wagner *et al.*, 2007), demostró que tres especies de murciélagos frugívoros (*Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata* y *Sturnira parvidens*) se encuentran relacionados con la

dispersión de semillas de algunas especies de árboles, hierbas y arbustos de las familias Cecropiaceae, Moraceae, Solonaceae, Melastomataceae, Piperaceae y Myrtaceae, de las cuales Lucas-Cobos (2015) en su estudio en el APC de Talhpan registra cuatro familias que coinciden con el autor anterior, mientras que lo reportado por SMA en el 2001 en la ZA El Tajín se registran todas las familias anteriormente mencionadas, sin embargo, con algunas excepciones en la composición de especies para algunas familias de cada estudio es diferente.

Un estudio sobre dispersión de semillas por murciélagos realizado en la ZA El Tajín por Gómez-Reina (en preparación), demuestra la importancia del género *Sturnira* (*S. parvidens* y *S. hondurensis*), que dispersan semillas de cuatro especies vegetales (*Piper amalago*, *P. auritum*, *Cecropia abtusifolia* y *Ficus americana*) y la mayor abundancia de semillas registradas para ese estudio. Por lo que podemos atribuir que el papel ecológico que desarrollan las especies del genero *Sturnira* es importante, el cual es uno de los géneros con mayor abundancia registrada para este estudio, y de estas una especie se registra en las dos temporadas climáticas.

Olea-Wagner et al. (2007) en la selva lacandona, Chiapas, reportan tres especies de murciélagos, mientras que Lucas-Cobos (2015) en al APC Talhpan registra un total de ocho especies y Gómez-Reina (en preparación) en Tajín reporta nueve especies dispersoras de semillas, en cambio, en el presente estudio se registraron 10 especies frugívoras, tanto frugívoros pequeños y grandes (Saldaña-Vázquez et al., 2010) y que por lo establecido por Galindo-González (1998), pueden dispersar semillas de frutos que pueden ingerir por completo y semillas de frutas que no pueden ingerir, pero sí trasportar la fruta y semillas

lejos de la planta madre. Cabe resaltar que se registraron especies en dos categorías en la clasificación de acuerdo con la capacidad de adaptación a las perturbaciones del hábitat, tipo I (dependientes del hábitat), tipo II (vulnerables) y tipo III (adaptables) (Galindo-González, 2004; 2007). De acuerdo con esta clasificación, se encuentran cuatro especies en la categoría de tipo II, y se reportan 12 especies en la categoría de tipo III, lo que significa que se presentan más especies adaptadas a la perturbación del hábitat, en respuesta al cambio de usos de suelo que se presenta en la zona.

De acuerdo con la clasificación de Galindo-González (2004; 2007), el vampiro común se encuentra en la categoría III clasificada como adaptable a la perturbación del hábitat, lo que significa su establecimiento en zona, es evidente que la pérdida de cobertura vegetal, el establecimiento de pastos para ganado y el crecimiento poblacional favorecen y mantenido su presencia del vampiro común (Nicholas *et al.*, 2014). De acuerdo con la abundancia del vampiro, es probable que sus poblaciones se encuentren reguladas, pero claro está que, desde hace unas décadas su distribución geográfica aumentó, principalmente por la introducción del ganado bovino y la modificación del paisaje (Johnson *et al.*, 2014), que a su vez resulta con el desplazamiento de las presas naturales.

Por otro lado, el gremio de los insectívoros actúa de forma importante en el control de insectos plaga en la agricultura, cuyo impacto tiene beneficios económicos, ambientales y de salud pública, al consumir grandes cantidades de insectos (Zarate-Martínez *et al.*, 2012), un ejemplo de esto, se demostró que para cultivos de algodón en los Estados Unidos de América por Cleveland *et al.* (2006), donde explican la importancia del murciélago brasileño de cola libre

(*Tadarida brasiliensis*), en el control de insectos plaga, lo de importancia de la conservación de las 16 especies de murciélagos insectívoros registrados en este estudio, para los agricultores de la zona, es evidente que los cultivos son para consumo local y no utilizan espacios tan grandes.

7.4. Estrategias de conservación para los murciélagos

La conservación de murciélagos de México es de esencial importancia debido a varios aspectos, no sólo por mantener la diversidad de murciélagos que coexisten en el país, sino por la importancia de los servicios ecosistémicos que ofrecen, de gran importancia económica para los sectores agrícolas.

La ZA El Tajín representa a nivel local un sitio importante en cuanto a la riqueza de especies de murciélagos, la importancia de los gremios tróficos y su contribución en los servicios ecosistémicos como la dispersión de semillas, control de insectos plaga y transmisores de enfermedades. Un estudio sobre la conservación de murciélagos en Campeche (Vargas-Contreras *et al.*, 2012), demuestra la importancia de refugios utilizados por murciélagos de dos gremios tróficos (nectarívoros e insectívoros), dónde se estima la abundancia de nueve especies de murciélagos, como conclusión determinan la importancia del "El volcán de los murciélagos" como refugio. Basado en la riqueza de especies reportada para el presente estudio es de considerar su conservación por la aportación de servicios que brindan los murciélagos insectívoros.

Un estudio en Coahuila y Nuevo León sobre dos especies de murciélagos nectarívoros (*Leptonycteris nivalis* y *Choeronycteris mexicana*) y cavernícolas (Gómez-Ruiz *et al.*, 2015), demostró la importancia de refugios para especies

que se encuentran en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a la disminución de las poblaciones de las especies nectarívoras por pérdida de hábitat y destrucción de refugio. En este sentido, en el presente estudio reporta una especie en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, especie insectívora *Cynomops mexicanus*, que se reporta para el norte de Veracruz (Ruíz-López, 2016; Figueroa-Suárez, 2017; Sosa-Constantino, 2018; Severiano-Hernández, 2018), del que no había sido reportada con anterioridad hasta el 2016, lo que puede significar su conservación y con ella su hábitat.

La importancia de las ANP's para conservación de murciélagos toma un rol importante, de acuerdo con un estudio realizado en Tabasco (García-Morales *et al.*, 2014), donde analizan la composición de especies de murciélagos en ocho ANPs del estado, se demuestra que se registra el 90 % de la riqueza a nivel estatal de un total de 60 especies para Tabasco. Considerando este estudio, la ZA El Tajín cuenta con el 31 % de las especies registradas a nivel estatal, más de la cuarta parte, considerando que Veracruz cuenta con 89 especies de murciélagos (González-Christen y Delfín-Alfonso, 2016). Es importante recalcar que a nivel regional la riqueza de especies es superior y representaría un porcentaje mayor en la composición de especies.

Por lo anterior, es de considerar que la ZA El Tajín se puede sumar a las estrategias de conservación de murciélagos, dado a la riqueza y los gremios tróficos que presenta, lo que puede significar un impacto positivo al paisaje. Es importante señalar que esto ya ha sido comprobado, ya que Avila-Torresagatón et al. (2012) y Estrella et al. (2014) realizaron monitoreos de murciélagos en zonas arqueológicas, donde demuestran la importancia de la vegetación que

rodea las ZA´s debido a su funcionamiento como zonas de conservación de la biodiversidad.

Es necesario también que se desarrollen campañas de difusión, entre los trabajadores como los visitantes a la ZA, acerca de la importancia ecológica, económica que ofrecen los murciélagos, así como puntualizar y dar a conocer las especies que habitan en la poligonal de la zona arqueológica y los alrededores.

7.5. Estrategias de conservación de murciélagos y su hábitat

Con base en los resultados, es necesaria la conservación de los murciélagos y su hábitat en la ZA El Tajín, debido a la riqueza quiropterofaunística que se encuentra, además es importante recalcar que la poligonal tiene un paisaje fragmentado y con pérdida de hábitat y que aun así mantienen una riqueza importante a nivel local.

La Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM) establece requisitos para crear un Área Importante para la Conservación de Murciélagos (AICOM) o Sitios Importantes para la Conservación de los Murciélagos (SICOM), cuyos criterios se basan en: especies en la lista roja, endémicas, migratorias, raras, aquellas con datos insuficiente, por su funcionamiento en el ecosistema, especies con pequeños rasgos de distribución o especies en los límites de distribución. En este sentido, la ZA El Tajín tiene la posibilidad de ser incluido en estas estrategias de conservación ya que en el presente estudio se reportan seis especies migratorias de tres familias (Mormopidae, Molossidae y Vespertilionidae) (Medellín *et al.*,

2009). También, se reporta una especie (*Cynomops mexicana*) en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de sujeta a protección especial, además, registramos con el método directo 11 especies con baja abundancia igual o menor a cinco individuos, dos especies de la familia Mormopidae, tres de Vespertilionidae y seis Phyllostomidae, cabe resaltar que las especies insectívoras tienen abundancia baja por el hecho de tener un sistema de ecolocalización mejor desarrollado que les permite evitar los métodos tradicionales de captura.

En la evaluación de ANP y ZA en Quintana Roo (Segrado-Pavón et al., 2013), se establecen problemas más importantes para la conservación biológica y cultural como: sobre explotación de especies, malas prácticas turísticas, infraestructura turística cercana a ecosistemas y amenazas de desarrollo urbano, tala clandestina, cacería y pesca furtiva, definición de propiedades y límites, escaso personal de vigilancia, carencia del presupuesto operativo y de sanciones legales. Es importante que estas consideraciones se tomen en cuenta dentro de la ZA El Tajín, esto porque durante el trabajo de campo se observó una invasión de la poligonal envolvente de la ZA donde se registró la tala de árboles e ingreso de maquinaria pesada, lo que implicó la destrucción de la vegetación y daños a algunas ruinas arqueológicas (La opinión de Poza Rica, 2019; El Heraldo de Tuxpan, 2019). Además, es necesario agregar que en la ZA existen zonas de cultivo, pastizal, cazadores furtivos, venta de fauna local y vendedores ambulantes o semi-fijas (obs. per.), lo cual da pauta a que la conservación y protección de la zona debe de ser aplicada con los componentes legales.

Segrado-Pavón *et al.* (2013) menciona que las ANP y ZA no aseguran la integridad ecológica o cultural, debido al uso turístico que conlleva, pero asegura que se requieren estrategias concretas bajo los principios de desarrollo sustentable, lo que daría seguridad al capital natural y la herencia cultural. La formación educativa es una de las estrategias que se debe aplicar en estas áreas, se puede fomentar la conservación y preservación de los recursos naturales y culturales, dado el hecho que la riqueza quiropterofaunistica es importante en la zona y los alrededores.

La propuesta de ANP en una ZA podría ser una prioridad para la conservación, además de incluir a las comunidades locales para llevar un sistema de sustentabilidad, de tal forma que se puede integrar ambos sistemas, Koleff *et al.* (2009) y Segrado-Pavón *et al.* (2013), mencionan que la participación social debe ser crucial para la conservación de los recursos naturales. Lo que se podría aplicar en un fututo para la ZA El Tajín, no sólo para la protección de mamíferos voladores sino de la diversidad biológica que alberga.

Es necesario señalar la creación de corredores migratorios, la cual es favorable para especies de mamíferos voladores y aves (Koleff *et al.*, 2009), así como la creación de corredores biológicos que permitan la conexión entre sitios importantes biológicamente, en el presente caso, el APC Talhpan se encuentra a 10 km en línea recta de la ZA El Tajín, lo que podría ser una alternativa para que haya conectividad entre estas utilizando especies nativas como cercos vivos (Avendaño-Reyes y Acosta-Rosado, 2000), tomando en cuenta que se reportan especies de murciélagos migratorios y además de incluir una gama importante de especies fitófagas.

El establecimiento de cercas vivas pueden ser un elemento importante en la preservación de la biodiversidad y en los procesos ecológicos, donde la implementación de estas debe ser importante, de las cuales, colocar principalmente especies nativas (Avendaño-Reyes y Acosta-Rosado, 2000), que pueden ofrecer recursos para la fauna. Los murciélagos se encuentran entre los grupos de especies de mamíferos más ignorados y calumniados por la sociedad a pesar de la importancia económica y ecológica que ejercen, por ello, su conservación debe ser obligatoria (Kasso y Balakrishnan, 2013).

VIII. CONCLUSIONES

La información generada y riqueza específica de murciélagos que se registraron en la zona arqueológica el Tajín representa a nivel local un incremento en el listado taxonómico, cuya importancia de la zona incrementa debido a que presenta especies importantes para el ecosistema, como dispersores de semillas y polen, controladores de insectos plaga y transmisores de enfermedades.

No se encontraron diferencias estadísticas en la diversidad entre ambas temporadas climáticas (secas y lluvias), lo que se atribuye al bajo contraste estacional y que las especies están presentes en ambas temporadas compitiendo por los recursos que se presenten en la zona, pero es posible que se puedan registrar más especies en la ZA El Tajín debido al comportamiento de la curva de rarefacción y los estimadores de riqueza que reportan posibles nuevas especies.

De acuerdo con la gráfica de rango abundancia de los datos generados por el método directo, muestra que en ambas temporadas la curva se comporta de manera similar una de la otra, donde se aprecia equidad entre estas y la especie de hábito frugívoro *Artibeus jamaicensis* es la especie más abundante en las dos temporadas, es probable que se encuentre establecida en el sitio debido a que el sitio ofrece recursos necesarios para las especies fitófagas.

La fragmentación y pérdida del hábitat en la zona, así como la utilización de los sitios para fines agrícolas (pastizal para ganado y siembra de cítricos y/o maíz), pueden explicar la presencia del vampiro común (*Desmodus rotundus*) de hábito hematófago y principal responsable de la transmisión de la rabia en vida

silvestre, por lo que en caso de no menguar las transformaciones la presencia de esta especie pudiera incrementarse; esta especie pueda que sus poblaciones superen los registrados actualmente, es importante mencionar que posiblemente el vampiro común se establezca en la zona con poblaciones pequeñas debido a que en la zona la ganadería no sea la principal actividad agropecuaria.

La importancia de utilizar métodos directos e indirectos enriquece el listado taxonómico, cabe mencionar que, en la complementariedad taxonómica, cada método aporta registros de especies que un método no registró, por lo que es necesario utilizar ambos métodos cuando se realicen monitoreos de diversidad de quirópteros, estableciendo estos dos métodos como un método estándar cuando se realicen estudio de diversidad de murciélagos.

Dado a la intensificación agrícola, la fragmentación y pérdida del hábitat de la poligonal de la ZA El Tajín es necesario implementar estrategias de conservación de murciélagos y su hábitat, principalmente por la riqueza quiroperofaunistica y los roles ecológicos que desarrollan a raíz de las interacciones con otros seres vivos que brinden estabilidad ecológica en la zona

IX. APLICACIÓN PRÁCTICA

Los resultados obtenidos del monitoreo de murciélagos en la zona arqueológica el Tajín demuestran la riqueza de murciélagos y la importancia de la conservación de su hábitat, además representa un listado actualizado para la zona, ya que en 2001 se realizó la propuesta de conservación del Entorno El Tajín como forma de conservación biológica.

Para fomentar la educación ambiental se puede desarrollar material informativo, como mantas, carteles o lonas informativas para los turistas y locales, principalmente en la entrada de la ZA y el inicio del recorrido, debido a que el sitio es visitado anualmente por miles de personas, de nacionalidad mexicana y extranjera (comunicación personal del Dr. Olaf Jaime Riverón, subdirector de la ZA El Tajín), donde se manifieste la riqueza de murciélagos y el rol ecológico que desempeñan con otras especies.

El establecimiento de sitios de percha artificiales para los murciélagos podría funcionar de forma notable, ya que al haber infraestructura en la poligonal de la zona arqueológica (oficinas, museo, almacén, etc.), los cuales son utilizados por los murciélagos. El estudio de Figueroa-Suárez (2020) demuestra que, en efecto, algunos sitios son usados por murciélagos, principalmente insectívoros. Además, se registraron colonias maternales del único murciélago nectarívoro (mayor a 15 individuos) ubicado en dos construcciones de una de las comunidades dentro de la poligonal, estas construcciones se encuentran inhabitadas por falta de servicios básicos (luz eléctrica, agua potable y drenaje),

por lo que los sitios de percha o de maternidad tendrían un impacto positivo para los murciélagos, lo que significaría estar alejados de las comunidades locales.

Estableciendo de cercos vivos para conectar los parches de vegetación que se encuentran en la poligonal, el cual funcionan como sitios de paso y/o sitios de percha que puedan ser explotados por los murciélagos, lo que permitiría la conectividad entre parches, donde se puede utilizar especies nativas que sean utilizadas de alguna forma por los murciélagos.

Capacitación al personal para actuar de forma correcta cuando se presenten murciélagos en las instalaciones o establecimientos de pequeñas colonias, con el fin de no eliminar y de reubicar sin mayor daño.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Avendaño-Reyes, S. y Acosta-Rosado, I. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. Madera y Bosques. 6(1): 55-71.
- Arroyo-Cabrales, J., González-Christen, A., Canales-Espinoza, D., León-Burgos,
 F., Franco-Morales, M. L., I. Navarro-Noriega y J. A. Vargas-Contreras.
 2011. Los murciélagos de Calakmul, guía ilustrada. La ciencia en Veracruz. 191 pp.
- Avila-Torresagatón, L. G., Hidalgo-Mihart M. y Guerrero J. A. 2012. La importancia de Palenque, Chiapas, para la conservación de los murciélagos de México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 83: 184-193.
- Berlin, H. 1958. El glifo emblema de las inscripciones mayas. Journal de la Société des Américanistes. 47: 11-19.
- Bezaury-Creel, J. y Gutiérrez Carbonell, D. 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. pp. 385-431. *En:* Capital Natural de México. (ed.). CONABIO. México.
- Bracamonte, J. C. 2018. Protocolo de muestreo para la estimación de la diversidad de murciélagos con redes de niebla en estudios ecológicos. Ecología Austral. 28: 446-454.
- Bravo, H., Soto, R., Sosa, R., Sánchez, P., Alarcón, A. L. y Ruíz, J. 2003.

 Degradación del ambiente pétreo de la zona arqueológica de El Tajín,

 Veracruz, México, por efecto de la lluvia ácida. Revista de la sociedad

 Química de México. 47(4): 328-330.

- Briceño-Méndez, M., Naranjo, E., Pérez-Irineo, G., Contreras-Perera, Y., Sandival-Serés, E. e Hidalgo-Mihart, M. G. 2017. Richness and trophic guilds of carnivorous mammals in ejido Nuevo Becal, Calakmul, Campeche, Mexico. Therya. 8(2): 145-150.
- Britzke, E. R., Slack, B. A., Armstrong, M. P. y Loeb, S. C. 2010. Effects of orientation and weatherproofing on the detection of bat echolocation calls.

 Journal of Fish and Wildlife Management. 1(2): 136-141.
- Brunet-Rossonni, A. K. y Wilkinson, G. S. 2009. Methods for age estimation and the study of senescence in bats. pp. 315-325. *En:* Ecological and behavioral methods for the study of bats. Kunz, T. H. y Parson, S. (ed.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Burgin, C. J., Colella, J. P., Kahn P. L. y Upahm, N. S. 2018. How many species of mammals are there?. Journal of Mammalogy. 99(1): 1-14.
- Cleveland, C. J., Betke, M., Federico, P., Frank, J. D., Hallam, T. G., Horn, J., López-Jr, J. D., McCracken, G. F., Medellín, R. A., Moreno-Valdez, A., Sansone, C. G., Wetbrook, J. K. y Kunz T. J. 2006. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. Frontiers in Ecology and the Environment. 4(5): 238-243.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Stadistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent. URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell, R. K. y Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. The Royal Society. 345: 101-118.

- Estrella, E., Pech-Canché, J. M., Hernández-Betancourt, S. F., López-Castillo D.
 L. y Moreno, C. E. 2014. Diversidad de murciélagos (Chiroptera: Mammalia) en dos zonas arqueológicas de Yucatán, México. Acta
 Zoológica Mexicana. 30(1): 188-200.
- El heraldo de Tuxpan. 2019. Frenan destrucción arqueológica. Recuperado de https://elheraldodetuxpan.com.mx/estado/poza-rica/85215-frenan-destruccion-arqueologica.html
- Feinsinger, P. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Fan. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 236 pp.
- Fenton, M. B. y Griffin, D. R. 1997. High altitude pursuit of insects by echolocating bats. Journal of mammalogy. 78(1): 247-250.
- Figueroa-Suárez, N. M. 2017. Murciélagos insectívoros en dos condiciones ambientales en el municipio de Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz.

 Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz.
- Figueroa-Suárez, N. M. 2020. Diseño de un programa de control de murciélagos en las instalaciones de la zona arqueológica El Tajín, Papantla, Veracruz.

 Tesis de especialización. Universidad Veracruzana. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz.
- Galindo-González, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. Acta Zoológica Mexicana. 73: 57-74.

- Galindo-González, J. 2004. Clasificación de los murciélagos de la región de los Tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat.

 Acta Zoológica Mexicana. 20(2): 239-243.
- Galindo-González, J. 2007. Efectos de la fragmentación del paisaje sobre poblaciones de mamíferos; el caso de los murciélagos de los Tuxtlas, Veracruz. pp. 97-114. *En:* Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos. Sánchez-Rojas, G. y Rojas-Martínez, A. (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- García-Morales, R., Gordillo-Chávez, E. J., Valdez-Leal, J. D. y Pacheco-Figueroa, C. J. 2014. Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México. Therya. 5(3): 725-736.
- González-Christen A. y Delfín-Alfonso, C. A. 2016. Los mamíferos terrestres de Veracruz, México y su protección. pp. 499-534. *En:* Riqueza y Conservación de los Mamíferos en México a Nivel Estatal. Briones-Salas, M., Y. Hortelano-Moncada, G. Magaña-Cota, G. Sánchez-Rojas y Sosa-Escalante, J. E. (ed.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato, Ciudad de México, México.
- Gómez-Ruiz, E. P., Jimenez, C. Flores-Maldonado, J. J. y Lacher Jr. T. E. 2015.

 Conservación de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae:

 Glossophagini) en riesgo en Coahuila y Nuevo León. Therya. 6(1): 89-102.

- Gómez-Pompa, A. y Dirzo, R. 1995. Reserva de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. CONABIO. México. 41 pp.
- Götz, C. M. y Sierra-Sosa, T. N. 2011. La arqueofauna de Xcambó, Yuxatán, México. Revista de Antropología y Arqueología. 13: 119-145.
- Guevara-Chumacero, L. M. y Sainoz-Aguirre, A. 2012. Murciélagos:

 Controladores naturales de plagas agrícolas. Estación Biológica de

 Doñana, CSIC, Sevilla, España. 29-35.
- Halffter, G., y Moreno, C. M. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. CONABIO. 4: 5-18.
- Heithaus, E. R., Fleming, T. H. y Opler, P. A. 1975. Foraging patterns and resource utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest. Ecological Society of America. 59: 841-854.
- Hortal, J., Borges, P. A. V., y Gaspar, C. 2006. Evaluating the performance of species richness estimators: sensitivity to sample grain size. Journal of Animal Ecology. 75: 274-287.
- INAH. 2009. Conocimientos básicos del INAH, capacidad de desarrollo administrativo y calidad. Coordinación Nacional de los recursos Humanos. 99 pp.
- Jiménez-Lara, P. 2003. Arquitectura y poder en El Tajín. Cuadernos de trabajo. Instituto de investigaciones históricos-sociales. Xalapa.

- Jones, G., Jacobs, D. S., Kunz, T. H., Willing, M. R. y Racey, P. A. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. Endangered Species Research. 8(2): 93-115.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. Oikos. 113(2): 363-375.
- Jost, L. y González-Ortega, J. A. 2012. Midiendo la diversidad biológica: Más allá del índice de Shannon. Acta zoológica lilloana. 56 (1-2): 3-12.
- Kalko, E. K. V., Estrada-Villegas, S., Schmidt, M., Wegmann, M. y Meyer C. F. J. 2008. Flying high assessing the use of the aerosphere by bats. Integrative and Comparative Biology. 48 (1): 60-73.
- Kasso, M. y Balakrishnan, M. 2013. Ecological and economic importance of bats (order Chiroptera). Hindawi Publishing Corporation. 9 pp.
- Kraker, C. y Pérez, S. 2012. Detección ultrasónica de murciélagos insectívoros en cafetales de la antigua Guatemala, Guatemala. Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas. 22(1): 43-53.
- Koleff, P., Tambutti, M., March, I. J., Esquivel, R., Cantú, C. y Lira-Noriega, A. 2009. Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad en México. pp. 651-718. *En*: Capital natural de México, Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO. México.
- Kunz, T. H., Hodgkison, R., y Weise, C. D. 2009. Methods of capturing and handling bats. pp 3-35. *En*: Ecological and behavioral methods for the

- study of bats. Kunz, T. H. y Parson, S. (ed.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Kunz, T. H., Braun de Torres, E., Bauer, D., Lobova, T. y Fleming, T. H. 2011.
 Ecosystem services provided by bats. The Year in Ecology and
 Conservation. Annals of the New York Academy of Sciences. 1-38.
- Krebs, C. J. 1989. Ecological Methodology. University of British Columba. 765 pp.
- Ladrón de Guevara, S. 2007. Hombres y Dioses de Tajín. Secretaría del Estado de Veracruz Ignacio de la Llave. 88 pp.
- Lucas-Cobos, L. 2015. Dispersión de semillas por murciélagos frugívoros en un fragmento de selva mediana y un cultivo de naranja en el área privada de conservación Talhpan, Papantla, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan de Rodríguez Cano.
- Llorente-Bousquets, J. y Ocegueda, S. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en capital natural de México. 283-322 pp. *En*: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México.
- La opinión de Poza Rica. 2019. Daño irreversible en la zona arqueológica El Tajín. Recuperado de https://www.laopinion.net/dano-irreversible-en-zona-arqueologica-el-tajin/
- MacSwiney, G. M. C., Clarke, F. M. y Racey, P. A. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory

- completeness in Neotropical bat assemblages. Journal of Applied Ecology. 45: 1364-1371
- MacSwiney, G. M. C. 2010. Murciélagos. 275-276 pp. En: Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. R. Durán-García, y M. Méndez, (ed.) CICY, PPD-FMA, CONABIO, SEDUMA.
- Marin-Carbajal, L. A. y Vela-Vargas, I. M. 2013. El uso de los murciélagos en la evaluación de los efectos de la fragmentación de hábitat y su potencial para realizar estudios de conectividad en países fragmentados. Proyecto de conservación de aguas y tierras. 4(2): 39-42.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ldt.

 Australia. 248 pp.
- Medellín, R. A., Abreu-Grobois, A., Del Coro-Arizmendi, M., Mellink, E., Ruelas,
 E., Sntana, E. y Urbán, J. 2009. Conservación de especies migratorias y
 poblaciones transfronterizas. 459-515. *En*: Capital natural de México:
 Estado de conservación y tendencia de cambio. CONABIO (Ed.). México.
- Medellín, R. A., H. T. Arita y O. Sánchez. 2007. Identificación de los murciélagos de México, clave de campo. Segunda edición. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto de Ecología, UNAM. México. 80 pp.
- Medellín, R. A., Equihua, M. y Amin, M. A. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforests. Conservation Biology. 14(6): 1666-1675.

- Medellín, R. A. 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. Pp. 333-354. *En*: Avances en el estudio de los mamíferos de México. Medellín, R. A y Ceballos, G. (Ed.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Ciudad de México.
- Mena, J. L., y Castro, M. W. 2002. Diversidad y patrones reproductivos de quirópteros en un área urbana de Lima, Perú. Ecología Aplicada. 1: 1-8.
- Moreno, C. E. y Halffter, G. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. Journal of Applied Ecology. 27: 149-158.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T manuales y tesis. Zaragoza. 84 pp.
- Morales-Echeverría, I. 2015. Diversidad de murciélagos en el área privada de conservación Talhpan, Papantla Veracruz. Tesis de Licenciatura, Universidad Veracruzana. Tuxpan De Rodríguez Cano.
- Miller, G. S. 1902. Twenty new American bats. Academy of Natural Sciences. 54(2): 389-412.
- Miller, B. W. 2003. Community ecology of the non-phyllostomid bats of northwestern Belize, with a landscape level assessment of the bats of Belize. University of Kent Durrell Institute of Conservation and Ecology. University of Kent at Canterbury.
- Nicholas, J., Aréchiga-Ceballos, N. y Aguilar-Setien, A. 2014. Vampire bat rabies: ecology, epidemiology and control. Viruses. 6: 1911-1928.

- Olea-Wagner, A., Lorenzo, C., Naranjo., Ortiz, D. y León-Paniagua, L. 2007.

 Diversidad de frutos que consumen tres especies de murciélagos

 (Chiroptera: Phyllostomidae) en la selva lacandona, Chiapas, México.

 Revista Mexicana de Biodiversidad. 78: 191-200.
- Orozco-Lugo, L., Guillén-Servent, A., Valenzuela-Galván, D. y Arita, H. 2013.

 Descripción de los pulsos de ecolocalización de once especies de murciélagos insectívoros aéreos de una selva baja caducifolia en Morelos, México. Therya. 4(1): 33-46
- Ortega, J., Hernández-Chávez, B., Rizo-Aguilar, A. y Guerrero J. A. 2010.

 Estructura social composición temporal en una colonia de *Nyctinomops laticaudatus* (Chiroptera: Molossidae). Revista Mexicana de

 Biodiversidad. 81: 853-862.
- Palmeirin, J. M., y Rodríguez, L. 1991. Estatus y conservación de los murciélagos de Portugal. Ministerio de medio ambiente. 1-12.
- Pech-Canché, J. M, MacSwiney, G. C. y Estrella, E. 2010. Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos Neotropicales. Therya. 1(3): 221-228.
- Pech-Canché, J. M., Coria-Villegas, P. D., Chamorro-Florescano, I. A., Alanís-Méndez J. L. y Lozano-Rodríguez, M. A. 2018. Lunar phobia in phyllostomid bats at La Ceiba, Tuxpan, Veracruz. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 5(13): 165-170.
- Pinto, N, y Keitt, T, H, 2008. Scale-dependent responses to forest cover displayed by frugivorous bats. Oikod. 117: 1725-1731.

- PNANP, 2014. Programa Nacional de Áreas naturales Protegidas 2014 2018. Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018. México.
- Ramírez-Pulido, J., González-Ruíz, N., Gardner, A. L. y Arrollo-Cabrales, J. 2014. List of recent land mammals of Mexico. Museum of Texas Tech University. 63: 1-69.
- Ramírez-Lucho, I., Coates, R. y González-Christen, A. 2017. The understory bat community in a fragmented landscape in the lowlands of the Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. Therya. 8(2): 99-107.
- Ramírez-González, B. M. 2016. Variación temporal nocturna en la diversidad de murciélagos en la finca La Ceiba, Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz. México.
- Rivera-Vázquez, I. 2014. Diversidad de murciélagos en la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec, Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz. México.
- Renata-Guiascón, O. R., y Navarijo-Ornelas, M. L. 2012. Los valores culturales de los Murciélagos. Revista Mexicana de Mastozoología. 2: 21-28.
- Reid, F. A. 2009. Mammals of Central America y Southeast Mexico. Oxford University Press. New York. 346 pp.
- Rodríguez-Aguilar, G., Orozco-Lugo, C. L., Vleut, I. y Vazquez, L. B. 2016.

 Influence of urbanization on the occurrence and activity of aerial insectivorous bats. Urban Ecosystems. 20(2): 477-488.

- Rodríguez-Luna, E., Gómez-Pompa, A., López Acosta, J. C., Velázquez-Rosas, N., Aguilar-Domínguez, Y. y Vázquez Torres, M. 2011. Atlas de los espacios naturales protegidos de Veracruz. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 361 pp.
- Ruíz-López, L. M. 2017. Diversidad de murciélagos insectívoros en la Finca la Ceiba, Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz. México.
- Saldaña-Vázquez, R. A., Sosa, V. J., Hernández-Montero J. R. y López-Barrera,
 F. 2010. Abundance responses of frugivorous bats (Sternodematinae) to
 coffe cultivation and selection logging practices in mountainous central
 Veracruz, Mexico. Biodiversity and Conservation. 19: 211-2124.
- Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R.
 A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados G. y Rodríguez-Moreno, A. 2014.
 Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85: 496-504.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets,
 J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S. y De La Maza,
 J. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual,
 evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el
 Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 104 pp.
- Secretaría de Gobierno. 2001. Decreto por el que se declara zona de monumentos arqueológicos el área conocida como El Tajín, ubicada en el

- Municipio de Papantla de Olarte, en el Estado de Veracruz. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaria de Protección Civil. 2017. Calendario de temperaturas y fenómenos meteorológicos para el estado de Veracruz. Estado de Veracruz.
- Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente. 2007. Programa de manejo de la reserva ecológica sierra Otontepec. Coordinación General de Medio Ambiente. Xalapa. 200 pp.
- SEFIPLAN. 2019. Sistema de información municipal, cuadernillos municipales, Papantla. Secretaria del Estado. 1-10.
- Segrado-Pavón, R. G., Serrano-Barquín, R. C., Mínguez-García, M. C., Cruz-Jiménez, G. y Juan-Pérez, J. I. 2013. Estrategias de control de impactos turísticos en las áreas naturales protegidas y zonas arqueológicas de Quintana Roo, México. Revista de Cultura e Turismo. 3: 5-30.
- Severiano-Hernández, C. G. 2018. Diversidad de murciélagos insectívoros en zonas urbanas de Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz. México.
- Sosa-Constantino, F. G. 2018. Fonoteca de murciélagos insectívoros en el norte del estado de Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz. México.
- Subsecretaría de Medio Ambiente. 2001. Área Natural Protegida, Entorno el Tajín. Secretaría de Desarrollo Estatal. Veracruz. México. 115 pp.

- Simmons, N. B. y Voss, R. S. 1988. The mammals of Paracou, French Guiana: a neotropical lowland rainforest fauna, parte 1, bats. American Museum of Natural History. 219 pp.
- Shady-Solís, R. 2002. El patrimonio arqueológico y su importancia en el desarrollo del Perú. Museo de Arqueología y Antropología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 14: 11-18.
- Stoner, E. K. 2005. Phyllostomid bat community structure and abundance in two constrasting tropical dry forest. BIOTROPICA. 4(37): 591-599.
- Torres-Flores, J. W. C. 2005. Estructura de una comunidad tropical de murciélagos presente en la cueva El Salitre, Colima, México. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Tesis de maestría. 132 pp.
- Weather Spark. 2016. El clima promedio en Papantla de Olarte. Recuperado de

 : https://es.weatherspark.com/y/7791/Clima-promedio-en-Papantla-de-Olarte-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B10
- Weller, T. J. y Zabel, C. J. 2002. Variation in bat detections due to detector orientation in a forest. Wildlife Society Bulletin. 30(3): 922-930.
- Wong-Robles, A. R., 2009. Los fundamentos amazónicos en la antigua religión prehispánica, los murciélagos en el símbolo de los Chavín. Investigaciones Sociales. 13(22): 239-245.
- Valiente-Banuet, A., Rojas-Martínez, A., Casas, A., del Coro Arizmendi, A. y Dávila, P. 1997. Pollination biology of two Winter-blooming gaint columnar

- cacti in the Tehuacán Valley, central Mexico. Journal of Arid Environments. 37: 331-341.
- Valle-Chavarría, L. G., Loredo-Casino, R. I. y Berumen-Rodríguez, C. R. 2016.
 El lenguaje visual como herramienta para el análisis morfológico de la arquitectura-escultura de los edificios 16, 18, 20 de El Tajín. Nova Scientia. 8(1): 313-330.
- Vargas-Contreras, J. A., Escalona-Segura, G., Arroyo-Cabrales, J., Rendon Von Osten, J. y Navarro L. 2012. Conservación de murciélagos en Campeche.

 Therya. 3(1): 53-66.
- Velázquez-Velazco, M. C. 2016. Impactos socioculturales de cumbre Tajín percibidos por la comunidad local: un enfoque cualitativo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Zar, H. J. 1999. Biostatistical analysis. Intercative Composition Corporation.

 Unites States of America.
- Zárate-Martínez, D. G., Serrano-Díaz, A. y López-Wilchis, R. 2012. Importancia ecológica de los murciélagos. ContactoS. 85:19-27.
- Zamora-Gutiérrez, V., Lopez-Gonzalez, C., MacSwiney-Gonzalez, C., Fenton, B.
 Jones, G., Kalko, E. K., Puechmaille, S. J., Stathopoulos, V., y Jones. K.E.
 2016. Acoustic identification of Mexican bats based on taxonomic and ecological constraints on call design. Methods in Ecology and Evolution.
 1-10.

- Zúñiga-Bravo, F. G. 2014a. Las transformaciones del territorio y el patrimonio cultural en el Totonacapan Veracruzano, México, basadas en la actividad turística como estrategia de desarrollo regional. Cuadernos del turismo. 34: 351-372.
- Zúñiga-Bravo, F. G. 2014b. Nuevos usos del patrimonio arqueológicos de El Tajín, a través de los procesos de turistificación, mercantilización y espectacularización. Anales de Antropología. 48(2): 151-182.

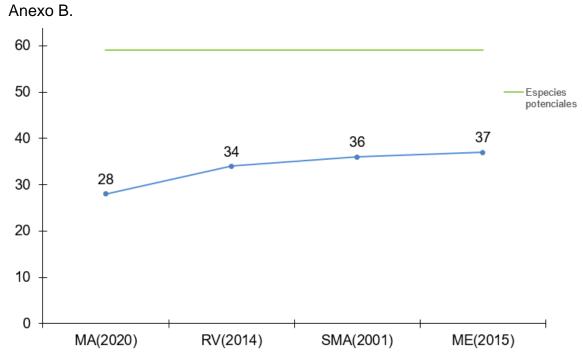
ANEXOS

Anexo A. Complementariedad regional (zona norte de Veracruz)

Anexo A. Riqueza por sitio (celda azul), especies compartidas (triangulo superior) y porcentaje de complementariedad (triangulo inferior).

Riqueza	SAM (2001)	RV (2014)	ME (2015)	MC (2020)
SAM (2001)	11	7	6	9
RV (2014)	72	21	14	15
ME (2015)	71	39	16	14
MC (2020)	70	55	51	28

MA(2020): Martínez-Castillo, RV(2014): Rivera-Vázquez, SMA(2001): Subsecretaría de Medio Ambiente, ME(2015): Morales-Echeverría.



Anexo B. Complementariedad de especies a nivel regional. MA(2020): Martínez-Castillo, RV(2014): Rivera-Vázquez, SMA(2001): Subsecretaría de Medio Ambiente, ME(2015): Morales-Echeverría.

Anexo C. Porcentaje de abundancia de las especies registradas con el método directo (redes de niebla).

Especie	Abundancia	Porcentaje de
	relativa	abundancia
*Artibeus jamaicensis	73	24.82 %
*Artibeus lituratus	50	17.00 %
Dermanura phaeotis	5	1.70 %
Dermanura tolteca	1	0.34 %
Dermanura watsomi	1	0.34 %
Carollia perspicilata	2	0.68 %
*Carollia sowelli	62	21.08 %
Desmodus rotundus	2	0.68 %
*Glossophaga soricina	21	7.14 %
Mormoops megalophylla	1	0.34 %
Myotis californicus	1	0.34 %
Myotis keaysi	3	1.02 %
Myotis nigricans	7	2.38 %
Platyrrhinus helleri	3	1.02 %
Pteronotus parnelli	2	0.68 %
Rhogeessa tumida	2	0.68 %
*Sturnira parvidens	35	11.90 %
*Sturnira hondurensis	23	7.82 %
Total	294	100 %

^{*}Especies con mayor abundancia relativa