



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**

**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

---

**EFFECTIVIDAD DE LAS ÁREAS NATURALES  
PROTEGIDAS DE LA SIERRA DE TABASCO,  
PARA LA COMUNIDAD DE MAMIFEROS**

**TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTAL

**PRESENTA**

FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

DIRECTORES DE TESIS:

DR. JUAN DE DIOS VALDEZ LEAL

DRA. CORAL JAZVEL PACHECO FIGUEROA

Octubre 2018

VILLAHERMOSA TABASCO, MÉXICO



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN**



SEPTIEMBRE 25 DE 2018

**C. FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ SÁNCHEZ  
PAS. DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES  
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"EFECTIVIDAD DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE LA SIERRA DE TABASCO, PARA LA COMUNIDAD DE MAMIFEROS"**, asesorado por el Dr. Juan de Dios Valdez Leal y Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado integrado por el Dr. Luis José Rangel Ruiz, Dra. Lilia María Gama Campillo, Dr. Juan de Dios Valdez Leal, Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa y Dra. Ena Edith Mata Zayas.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ**  
**DIRECTORA**

C.c.p.- Expediente del Alumno.  
C.c.p.- Archivo

UJAT  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**DIRECCIÓN**

## CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **"EFECTIVIDAD DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE LA SIERRA DE TABASCO, PARA LA COMUNIDAD DE MAMIFEROS"**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 25 de Septiembre de 2018.

AUTORIZO



FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

## DEDICATORIA

- ❖ Gracias a dios por darme la bendición de concluir esta etapa de mi vida profesional.
- ❖ Al amor de mi vida a mi inspiración esa personita que pudo cambiar muchas horas de estrés, por sonrisas, abrazos y besos, te amo mi princesa, siempre estaré agradecido con dios por ser partícipe de este momento de mi vida, mi pequeña Fernanda te amo hija.
- ❖ Gracias Roció por todo este tiempo a tu lado, por ser mi esposa y madre de mi hija, siempre estaré agradecido contigo por compartir estos momentos conmigo.
- ❖ Para mis padres Juan José Hernández Cornelio y Martha Sánchez Martínez no me cansare de agradecerle por apoyarme en todo momento, y siempre estar hay en esos momentos en donde más los necesitaba.
- ❖ A mis hermanos, solo decir que sigamos cosechando éxitos en nuestra vida para que nuestros padres sigan estando orgullosos de nosotros.
- ❖ A toda mi familia, incluyendo la Familia Cruz-Rosique solo puedo agradecer por haberme entregado las llaves de su humilde hogar no me cansare de estar agradecido por todo el cariño que me han dado el cual es mutuo de mi parte los aprecio y les guardo gran admiración.
- ❖ A la persona que me inspiro todo este tiempo, aunque hoy ya no se encuentra presente entre nosotros, me enseñó la gran importancia de nunca rendirme.....Gracias abuelita Socorro Martínez López†.

## AGRADECIMIENTOS

- ❖ Financiamiento por parte de los proyectos de investigación por CONABIO (GI-DACBIOL-02-213), Programa de Fomento a la Investigación 2013 (UJA-2013-1A-18) y al Proyecto de investigación “Diagnostico del estado de conservación de los humedales para la investigación integrada en la planeación de actividades productivas” con clave UJAT-CA-252, financiado por el programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP).
- ❖ También quiero agradecer al cuerpo académico “Conservación y Gestión Ambiental” conformados por la Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa, Dr. Luis José Rangel Ruiz, M. C. Eduardo Javier Moguel Ordoñez y Dr. Juan de Dios Valdez Leal por el apoyo y asesoría durante la realización de este documento.
- ❖ A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y la Secretaría de investigación, posgrado y vinculación por el apoyo financiero.
- ❖ A CONACYT por su apoyo durante estos dos años de estudio.
- ❖ Convenio de Colaboración con el Corporativo Holcim.
- ❖ Con todo respeto y cariño a mis asesores, Dr. Juan de Dios Valdez Leal y Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa, por darme la confianza y brindarme el apoyo en todas las etapas de la presente investigación.
- ❖ Los sinodales que dedicaron su valioso tiempo en la revisión del documento y por sus acertados comentarios: Dr. Luis José Rangel Ruiz (Presidente), Dra. Lilia María Gama Campillo (Secretario), Dr. Juan De Dios Valdez Leal (Vocal), Coral Jazvel Pacheco Figueroa (Suplente) y Ena Edith Matas Zayas (Suplente).
- ❖ A Faby y Pavel, estaré siempre agradecido por toda la atención, confianza y colaboración que recibí de su parte para poder concluir este trabajo.
- ❖ A todos aquellos técnicos de campo, tesistas y voluntarios que apoyaron en las actividades de muestreos de campo, a la Unidad de Vinculación Productos y Servicios (UVPyS) de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT por facilitarnos sus vehículos para el traslado a los sitios.

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b>	
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos .....	3
<b>CAPITULO 1: Marco teórico</b>	
1. Cambio de uso del suelo .....	4
2. Diversidad de especies .....	5
3. Importancia ecológica de los mamíferos .....	6
4. Factores que amenazan las poblaciones de mamíferos .....	7
5. Áreas Naturales Protegidas .....	8
6. Evaluación de la efectividad de las ANPs.....	9
7. Literatura citada .....	10
<b>CAPITULO II: Evaluación del cambio de uso de suelo en tres Áreas Naturales protegidas en el estado de Tabasco, México.</b> .....	17
<b>Introducción</b> .....	17
<b>Materiales y Métodos</b> .....	18
Análisis del cambio de uso del suelo .....	19
Procesamiento de imágenes .....	22
Clasificación de la vegetación presente en el área de estudio.....	23
Análisis de Cambio.....	25
<b>Resultados</b> .....	27
Parque Estatal Agua Blanca .....	27
Cambio de uso de suelo .....	27
Detección de cambios y tasas de transformación.....	28
Variación espacial del PEAB .....	30
Transformación de la cobertura del PEAB.....	30
Parque Estatal de la Sierra de Tabasco .....	31
Cambio de uso de suelo .....	31
Detección de cambios y tasas de transformación.....	32
Variación espacial del PEST .....	34

Transformación de la cobertura del PEST .....	34
Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta.....	35
Cambio de uso de suelo .....	35
Detección de cambios y tasas de transformación.....	36
Variación espacial del APFFCU.....	38
Transición de la cobertura del APFFCU .....	39
<b>Discusión y Conclusión .....</b>	<b>40</b>
<b>Literatura citada .....</b>	<b>43</b>
<b>CAPITULO III: Inventario mastofaunístico de la Sierra de Tabasco, México</b>	
<b>Abstract .....</b>	<b>51</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>53</b>
<b>Materiales y Métodos.....</b>	<b>56</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>60</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>67</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>72</b>
<b>Literatura citada .....</b>	<b>73</b>
<b>CAPÍTULO IV. Autocorrelación de la riqueza de mamíferos y el cambio del uso del suelo en tres ANP, Tabasco, México</b>	
<b>Introducción .....</b>	<b>81</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>82</b>
Cambio de uso de suelo .....	82
Riqueza de especies de mamíferos.....	82
Autocorrelación espacial (AE).....	82
Procedimiento de análisis .....	83
<b>Resultados.....</b>	<b>85</b>
Autocorrelación espacial PEAB .....	85
Autocorrelación espacial PEST .....	85
Autocorrelación espacial APFFCU .....	86
<b>Discusión y Conclusión .....</b>	<b>87</b>
<b>Literatura citada .....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de las Áreas Naturales Protegidas estudiadas del territorio Tabasqueño. ....	19
<b>Figura 2.</b> Esquema de la metodología para el análisis de cambio del uso del suelo. Fuente propia. 20	
<b>Figura 3.</b> Cambios ocurridos en las coberturas del PEAB, se muestran las hectáreas pérdidas o ganadas, en los períodos 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014. Barras negativas representan incrementos en la cobertura y los positivos a disminución por cambio de uso. ....	28
<b>Figura 4.</b> Transición de la cobertura en el PEAB en los períodos de 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014. ....	31
<b>Figura 5.</b> Cambios ocurridos en las coberturas del PEST, se muestran las hectáreas pérdidas o ganadas, en los períodos 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014. Barras negativas representan incrementos en la cobertura y los positivos a disminución por cambio de uso. ....	32
<b>Figura 6.</b> Transición de la cobertura del PEST en los períodos de 2000-2008, 2008-2014 y 200-2014. ....	35
<b>Figura 7.</b> Cambios ocurridos en las coberturas del APFFCU, se muestran las hectáreas pérdidas o ganadas, en los períodos 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014. Barras negativas representan incrementos en la cobertura y los positivos a disminución por cambio de uso. ....	36
<b>Figura 8.</b> Transición de la cobertura de la APFFCU en los períodos de 2000-2008, 2008-2014 y 200-2014. ....	39
<b>Figura 9.</b> Ubicación geográfica de las ANP en las zonas de montaña del territorio Tabasqueño. ....	56
<b>Figura 10.</b> Composición taxonómica de mamíferos en tres ANP del estado de Tabasco. ....	61
<b>Figura 11.</b> Curva de acumulación de especies de la mastofauna de tres ANP del estado de Tabasco. A) Parque Estatal Agua Blanca, B) Parque Estatal de la Sierra de Tabasco y C) Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta. ....	62
<b>Figura 12.</b> Valores de riqueza de especie en tres ANP (Prueba de K-W). Letras desiguales indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ). ....	63
<b>Figura 13.</b> Comparación de la diversidad del orden 1 de la mastofauna entre métodos de muestreo en cada ANP. ....	64
<b>Figura 14.</b> Estructura de los gremios alimenticios en el área de estudio. ....	65
<b>Figura 15.</b> Autocorrelación espacial en el PEAB en relación al cambio del uso del suelo y la riqueza de mamíferos. ....	85
<b>Figura 16.</b> Autocorrelación espacial en el PEST en relación al cambio del uso del suelo y la riqueza de mamíferos. ....	86
<b>Figura 17.</b> Autocorrelación espacial en el APFFCU en relación al cambio de uso del suelo y la riqueza de mamíferos. ....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Serie de ortofotos digitales utilizadas en el estudio (2000). ....	21
<b>Tabla 2.</b> Serie de ortofotos digitales utilizadas en el estudio (2008). ....	21
<b>Tabla 3.</b> Serie de Imagen SPOT 5 utilizadas en el estudio (2014). ....	22
<b>Tabla 4.</b> Investigación sobre cambio de uso de suelo/cobertura vegetal en la sierra de Tabasco. ....	23
<b>Tabla 5.</b> Descripción de las coberturas de carácter natural presentes en las ANP. ....	23
<b>Tabla 6.</b> Descripción de las coberturas de carácter antrópico presentes en las ANP. ....	24
<b>Tabla 7.</b> Extensión del uso del suelo y vegetación en PEAB (2000-2008). ....	29
<b>Tabla 8.</b> Extensión del uso del suelo y vegetación en PEAB (2008-2014). ....	29



<b>Tabla 9.</b> Extensión del uso del suelo y vegetación en PEAB (2000-2014).	29
<b>Tabla 10.</b> Distribución espacial del PEAB (NUMP y TPP).	30
<b>Tabla 11.</b> Extensión del uso del suelo y vegetación en PEST (2000-2008).	33
<b>Tabla 12.</b> Extensión del uso del suelo y vegetación en PEST (2008-2014).	33
<b>Tabla 13.</b> Extensión del uso del suelo y vegetación en PEST 2000-2014).	33
<b>Tabla 14.</b> Distribución espacial del PEST (NUMP y TPP).	34
<b>Tabla 15.</b> Extensión del uso del suelo y vegetación en APFFCU (2000-2014).	37
<b>Tabla 16.</b> Extensión del uso del suelo y vegetación en APFFCU (2008-2014).	37
<b>Tabla 17.</b> Extensión del uso del suelo y vegetación en APFFCU (2000-2014).	37
<b>Tabla 18.</b> Distribución espacial del APFFCU (NUMP y TPP).	39
<b>Tabla 19.</b> Listado de mamíferos registrados en tres ANP del estado de Tabasco, México.	65
<b>Tabla 20.</b> Valores asignados a la cobertura vegetal.	84

#### INDICE DE ANEXOS

<b>Mapa 1.</b> Cambio y uso del suelo Parque Estatal Agua Blanca (2000,2008 y 2014).	48
<b>Mapa 2.</b> Uso del suelo y vegetación del Parque Estatal de la Sierra de Tabasco (2000,2008 y 2014).	48
<b>Mapa 3.</b> Cambio y uso del suelo del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta (2000,2008 y 2014).	49
<b>Mapa 4.</b> Mapa de cambio del Parque Estatal Agua Blanca (2000,2008, 2014).	49
<b>Mapa 5.</b> Mapa de cambio del Parque Estatal de la Sierra (2000,2008, 2014).	50
<b>Mapa 6.</b> Mapa de cambios del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta (2000,2008, 2014).	50
<b>Mapa 7.</b> Autocorrelación de cambios de la vegetación y la riqueza de especies en el PEAB.	90
<b>Mapa 8.</b> Autocorrelación de cambios de la vegetación y la riqueza de especies en el PEST.	90
<b>Mapa 9.</b> Autocorrelación de cambios de la vegetación y la riqueza de especies en el APFFCU.	91

## INTRODUCCIÓN

La pérdida de biodiversidad en México, es la mayor amenaza en materia de conservación de sus recursos naturales (Charre-Medellín *et al.*, 2016). Esta problemática, se ve relacionada con la explotación de especies y la contaminación, lo cual conlleva a la transformación de los ecosistemas naturales, provocando una enorme crisis ambiental, la cual requiere de la generación de estrategias de conservación como las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Buenrostro-Silva *et al.*, 2012).

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son una estrategia para la conservación de la biodiversidad, así como de los bienes y servicios ambientales que ofrecen (CONANP, 2006). La política de conservación de las ANP está enfocada en el desarrollo sustentable, conciliando la conservación de los recursos naturales con el aprovechamiento sustentable de los mismos, acompañado de una legislación que limita legalmente las actividades que pueden realizarse dentro de estas áreas (CONANP, 2006). Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados, las áreas están sometidas a diversos procesos de deterioro de sus recursos naturales tales como: deforestación, fragmentación del hábitat, contaminación, especies invasoras, incendios y caza de animales (CONANP, 2006; Ervin 2003; Figueroa *et al.*, 2011; Figueroa y Cordero, 2008).

Las ANP son de gran importancia para la conservación de un gran número de especies de flora y fauna a nivel mundial. Son vitales para la preservación a escala regional y global de las especies de mamíferos (Margules y Pressey, 2000). Este grupo de fauna es importante para la conservación y es uno de los más representativos de las comunidades terrestres de vertebrados (Sánchez-Cordero *et al.*, 2014).

Los mamíferos en México se encuentran representados con 564 especies, de los cuales 164 son endémicas (Sánchez-Cordero *et al.*, 2014). Los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz, son los que presentan mayor heterogeneidad ambiental, ya que se sitúan dentro de la transición entre las regiones Neártica-Neotropical (Rodríguez-Macedo *et al.*, 2014). Tabasco al ser colindante de estos estados presenta una riqueza representada en 152 especies de mamíferos (Hidalgo-Mihart *et al.*, 2016).

CONANP (2017), menciona que Tabasco cuenta con dos ANP de carácter federal, la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) y el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta (APFFCU), los cuales están representadas con 348,835.11 ha del territorio tabasqueño, además, se cuenta con 11 ANP de carácter estatal con 26,968 ha de la superficie del estado (SEDESPA, 2006; Valdez-Leal *et al.*, 2014). Sin embargo, actualmente se asignó a la laguna de Mecoacán con 17,380 ha, como área destinada voluntariamente a la conservación. Por lo cual el estado de Tabasco cuenta actualmente con 14 ANP, las cuales son muy importantes para la conservación de este grupo. Sin embargo, factores como la pérdida de cobertura vegetal original, la fragmentación del hábitat y el crecimiento poblacional, son significativas en el proceso de extirpación, disminución y extinción de las especies (Alvard *et al.*, 1997; Peres, 2000; Ramírez-Barajas y Naranjo-Piñera, 2007).

A pesar de los avances en la investigación de este grupo, en Tabasco no se han realizado estudios sobre el cambio del uso del suelo, como un factor que pueda determinar la presencia o ausencia de los mamíferos. Por lo cual, la conservación en el estado es preocupante debido a que enfrenta un serio proceso de deforestación, lo cual conlleva a la transformación de ecosistemas naturales a áreas agrícolas y ganaderas (Hidalgo-Mihart *et al.*, 2016; Tudela, 1989), mientras que los estudios realizados para el grupo de mamíferos, se encuentran en un estado primario (Hidalgo-Mihart *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo es el evaluar la efectividad de las ANP por medio del análisis del cambio de uso de suelo y la composición de la comunidad de mamíferos. Los resultados establecerán información actualizada de los mamíferos, además del estado actual de la cobertura vegetal en las ANP de estudio, por lo cual se podrá utilizar para establecer las bases para elaborar programas de investigación y conservación de los mamíferos.

## **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **Objetivo general**

- ❖ Evaluar la efectividad de las áreas protegidas por medio del análisis del cambio de uso de suelo y la composición de la comunidad de mamíferos.

### **Objetivos específicos**

- a) Analizar temporalmente el cambio de uso del suelo de tres Áreas Naturales Protegidas del estado de Tabasco (Parque Estatal Agua Blanca, Parque Estatal la Sierra y Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta).
- b) Estimar la riqueza específica y la estructura de la comunidad de mamíferos de tres Áreas Naturales Protegidas.
- c) Contrastar el cambio de uso del suelo con la riqueza de los mamíferos en tres Áreas Naturales Protegidas en el estado.

## **CAPITULO 1: Marco teórico**

### **1.Cambio de uso del suelo**

La SEMARNAT (2008), define al cambio de uso de suelo como la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales mientras que Bocco *et al.* (2001), mencionan que el cambio del uso del suelo se refiere al resultado de las actividades socioeconómicas que se desarrollan sobre una cobertura, y esa cobertura se refiere a los objetos que se distribuyen sobre un territorio determinado. Estos procesos usualmente englobados en lo que se conoce como deforestación o degradación forestal, se asocian a impactos ecológicos importantes en casi todas las escalas (Bocco *et al.*, 2001).

Nájera *et al.* (2010), mencionan que el cambio de uso de suelo, ha provocado en todo el mundo, una disminución anual de 8.9 millones de ha de bosque y selvas durante la última década del siglo XX. La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), estima la existencia de bosques en el mundo de 4,000 millones de hectáreas (FAO, 2016). Mientras que las plantaciones forestales, restauración del paisaje y la expansión natural de la vegetación se estima en 5.2 millones de ha/año, con una tendencia a la disminución desde las décadas de los 90's (Nájera *et al.*, 2010).

En México, este proceso se ha presentado desde tiempos precolombinos, y durante las últimas cinco décadas se ha incrementado dramáticamente con un panorama poco alentador, ya que en sus dos millones de kilómetros cuadrado de superficie se observa una gran cantidad de cambios que en general están por arriba de la media mundial en cuanto a tasas de deforestación, con el incremento de las áreas de cultivos, pastoreo, y expansión urbana (Mas y Flamenco, 2011). Un factor en la deforestación, son las actividades antropogénicas seguida de la creciente demanda por bienes como la alimentación, vivienda, agua potable y servicios ambientales que generan continuamente, una presión sobre los recursos naturales con grandes impactos, la mayoría de ellos negativos, sobre la estructura, funcionamiento y distribución de los mismos (Challenger y Dirzo, 2009).

Sin embargo, Mas *et al.* (2009), mencionan que la deforestación conlleva a una reducción de la cubierta vegetal, ocasionando modificaciones como, cambios regionales, la pérdida de hábitats o la fragmentación de ecosistemas. Lambin *et al.* (2001) y Velázquez *et al.* (2002),

consideran que las problemáticas antes mencionadas son un factor muy importante en los trópicos debido a que por un lado se concentra la mayor riqueza natural y cultural, así como también las mayores tasas de deforestación y degradación de los ecosistemas.

## **2. Diversidad de especies**

Mostacedo y Fredericksen (2000), menciona que para estudiar una comunidad lo primero que se debe de conocer es el número de especies (Riqueza específica), la cual varía según las condiciones ambientales (altura, latitud, profundidad, entre otros) y segundo es el número de individuos de cada especie que existente en un determinado lugar. La medición de la diversidad permite evaluar los impactos potenciales de las actividades humanas en la estructura y funcionamiento de las comunidades silvestres (Saquicela, 2010).

La composición de especies en las comunidades es usada como una forma de analizar la comunidad, ya sea observando la frecuencia de especies por unidad de superficie, la distribución espacial y la abundancia de especies (Saquicela, 2010). Para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del sitio, la separación de los componentes alfa, beta y gamma, son de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Whittaker, 1972; Moreno, 2001).

Para medir la diversidad, se utilizan índices los cuales son números cuyo objetivo es confrontar los niveles de diversidad de un ambiente conocido con otro desconocido (Feinsinger, 2012). Feinsinger y Pozzi (2010), mencionan que son capaces de aportar información resumida acerca de una variable ambiental. La ventaja de los índices es que comprimen en un solo factor numérico gran parte de las relaciones que pueden llegar a tener una comunidad; ya sea por el número de organismos (especies) o de individuos (población). Su desventaja es que no toman en cuenta la composición de las especies; sin embargo, son estadísticos cuyo valor aumenta conforme aumenta el número de especies o la igualdad de la población y en ocasiones son el único medio para caracterizar un ecosistema (Feinsinger, 2001).

A pesar de ellos son continuamente empleados en estudios ecológicos como la herramienta más eficaz de comparación de la diversidad de especies. Los valores obtenidos por los índices de diversidad no proveen la repuesta final para solucionar problemas en la gestión

de la vida silvestre, pero sirven como puntos clave para evaluar en el espacio y tiempo las observaciones de campo (Davis, 2000).

Sin embargo, en los últimos años se está estableciendo el estudiar las comunidades de fauna mediante los números de Hill o números efectivos de especies. Por lo tanto, Jost (2006), y Moreno *et al.* (2011), mencionan que las ventajas de usar esta medida de diversidad es que la unidad de medición son los números efectivos, a diferencia de los índices tradicionales que miden cosas relacionadas con la diversidad (entropía, probabilidad) pero no diversidad. Además, la ventaja de utilizar los números efectivos de especies permite incorporar los datos de abundancia y cumplen con una serie de propiedades matemáticas acordes con la interpretación intuitiva del concepto biológico de diversidad (Jost, 2006), y que evitan conclusiones potencialmente erróneas en biología de la conservación (Jost, 2010).

### **3. Importancia ecológica de los mamíferos**

Granados-Sánchez *et al.* (2008), mencionan que los mamíferos ayudan a estimular el crecimiento de los meristemos, y son muy importante en la dispersión de semillas y polinización de las flores. Otra importancia de este grupo es que al formar madrigueras ayudan a la descompactación del suelo y que ayudan a generar sitios de almacenamiento de semillas, además de que son aprovechadas por una gran cantidad de especies de insectos, escarabajos y arácnidos, además de reptiles, aves y otros mamíferos (Anduaga, 2007).

Son excelentes controladores de poblaciones de animales que pudieran afectar la agricultura y la cubierta forestal (Van Driesche *et al.*, 2007), sin embargo, algunos mamíferos pueden llegar a convertirse en plaga cuando no tienen depredadores. Así mismo, son vectores importantes del hantavirus, la rabia y otras enfermedades (Flores-León, 2015).

Este grupo también funge como parámetro para conocer cómo se encuentra un ecosistema, debido que la presencia o la ausencia de ciertas especies que determina el grado de contaminación, degradación, fragmentación, pérdida de hábitat y también la pérdida de otras especies que son claves en una cadena trófica (Sánchez-Rojas *et al.*, 2016).

Ceballos *et al.* (2002), mencionan que los gremios alimenticios de los mamíferos cumplen diversas funciones en los ecosistemas. Los mamíferos con hábitos frugívoros dispersan semillas (Gathua, 2000), y sientan las bases de las primeras etapas del reclutamiento de las plantas; los granívoros depredan semillas (Paine y Beck, 2007), disminuyendo el

reclutamiento potencial de las especies vegetales; los herbívoros se alimentan de plántulas (Rafferty y Lamont, 2007) y reducen el área foliar y el balance de carbono e influyen en la sobrevivencia de éstas (Wright, 2003). Por otro lado, los carnívoros ayudan a controlar las poblaciones de herbívoros y los omnívoros son dispersadores, controladores de poblaciones y alimentos de otros animales (Ceballos *et al.*, 2002). Lo anterior refuerza la importancia que tiene este grupo en la ecología de los bosques y selvas tropicales.

#### **4. Factores que amenazan las poblaciones de mamíferos**

El 25 % de todos los mamíferos para los que se tiene suficiente información se encuentra en amenaza de extinción y poco más del 52 % de todas las especies de las que se conoce su estado poblacional están declinando (Schipper *et al.*, 2008). Los bosques tropicales y subtropicales húmedos son los biomas con mayores niveles de biodiversidad (Redford *et al.*, 1990), pero son también los que tienen mayor número de especies de mamíferos con amenaza de extinción (Groom *et al.*, 2006).

El aprovechamiento de los recursos faunísticos ha representado una actividad fundamental para las sociedades humanas en zonas rurales (González-Bocanegra *et al.*, 2011). La cacería, degradación y pérdida del hábitat representan un impacto antropogénico de gran magnitud y las causas más importantes de la pérdida de la biodiversidad destacando como las más serias y dominantes para los mamíferos (Peres, 2000; Wright, 2003; Groom *et al.*, 2006; Dirzo *et al.*, 2007; Schipper *et al.*, 2008).

En general las actividades humanas conllevan a transformaciones de los sistemas naturales, por lo que muchas especies han disminuido en el número de sus poblaciones, de tal manera que algunas están al borde de la extinción debido a los factores ya antes mencionados (Tlapaya y Gallina, 2010). Las actividades antropogénicas han afectado severamente a las poblaciones de las especies de mamíferos, siendo diferente en intensidad en cada localidad o región, y son los mamíferos medianos y grandes los más afectados debido a estas problemáticas, mientras que los mamíferos pequeños (roedores) son los menos afectados, incluso algunas especies de estos son favorecidas (Dirzo *et al.*, 2007; Ramírez-Mejía; Mendoza, 2010; Charre-Medellín *et al.*, 2016).

Otros factores negativos que se presentan para la fauna son fragmentación del hábitat, el crecimiento poblacional humano y la demanda excesiva de recursos, los cuales pueden ser



más significativos en el proceso de extirpación, disminución y extinción de las especies (Alvard *et al.*, 1997; Peres, 2000; Ramírez-Barajas y Naranjo-Piñera, 2007). La importancia de la fauna silvestre para la sociedad humana en el sureste mexicano, han sido escasamente evaluado en términos cuantitativos, a pesar de que numerosas manifestaciones culturales como la gastronomía, la danza y las artes plásticas evidencian la relevancia de los animales silvestres en la región (Reyna-Hurtado y Tanner 2007; Lira-Torres y Briones-Salas, 2011, 2012). Por lo cual, es importante llevar a cabo estudios de la mastofauna del estado de Tabasco para poder conocer el estado de conservación de este grupo animal.

## 5. Áreas Naturales Protegidas

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son la estrategia más utilizada mundialmente para la conservación de la biodiversidad (Rodrigues *et al.*, 2004). Un ANP es definida por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como un “espacio geográfico definido, reconocido y manejado por métodos legales u otros, para lograr la conservación de la naturaleza, sus servicios ecosistémicos y valor cultural asociados” (Dudley, 2008).

Las ANP son sitios de gran importancia biológica, en donde los ecosistemas originales no han sufrido muchas modificaciones ocasionadas por el hombre y son preservados o restaurados por el valor biológico que representan (CONANP, 2014). Son fundamentales para conservar la biodiversidad natural y cultural, además brindan servicios ambientales para la sociedad y permiten generar ingresos a través de actividades económicas, como el turismo (IUCN, 2017). Dudley (2008), menciona que estas áreas permiten entender las interacciones humanas con el mundo natural.

Estos espacios se protegen de manera que mantengan ecosistemas funcionales, sirvan como refugios para las especies y garanticen procesos ecológicos que no podrían mantenerse en sistemas degradados. Así, protegen el 14.6% de la tierra y el 2.8% del océano (IUCN, 2014), y guardan aproximadamente el 15% del carbono del mundo (Kapos *et al.*, 2008). Las ANPs tienen como objetivo principal asegurar la continuidad de los procesos ecológicos, mediante la conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad (CONABIO, 1998).

En México, actualmente se cuenta con 182 ANPs a nivel federal distribuidas en seis categorías (Reserva de la Biosfera, Parque Nacional, Monumento Natural, Área de

Protección de Recursos Naturales, Áreas de protección de Flora y Fauna y Santuarios), donde se tiene una extensión de 90,839,521.55 ha. Además de contar con áreas destinadas voluntariamente a la conservación con una superficie de 413,103 ha de carácter estatal, en comunidades y algunas de tipos privadas (CONANP, 2017).

Para el caso de Tabasco, se cuenta únicamente con dos áreas protegidas de tipo federal, la primera y una de las más importantes en la región es el RBPC (302,707 ha), decretada el 6 de agosto del 1992, el APFFCU (46,128 ha), decretada el 22 de septiembre del 2008. Además, cuenta con 11 ANP decretadas de carácter estatal con un área de 26,968 ha. Siendo el parque estatal la sierra la que tiene mayor cobertura con 15,113.21 ha (SEDESPA, 2006). Actualmente se asignó a la laguna de Mecocacán con 17,380 ha, como Área Destinada Voluntariamente a la Conservación.

Sin embargo, las ANPs presentan una serie de inconvenientes importantes, como es el carecer de información actualizada sobre los recursos biológicos que albergan, por lo tanto, se desconocen las condiciones en las que se encuentran actualmente (CONABIO, 1998). En el estado de Tabasco no se tiene un buen manejo de las ANP, principalmente en el caso de las estatales, debido que no cuenta con programas de manejo oficial, recursos humanos o presupuestos para su atención.

## **6. Evaluación de la efectividad de las ANPs.**

En México, se han realizado estudios sobre la efectividad de las ANP para evitar el cambio de uso de suelo (Mas, 2005; Figueroa y Sánchez-Cordero, 2008; Figueroa et al., 2011). Figueroa y Sánchez-Cordero (2008), estimaron que más del 60% de las ANP analizadas (n=16) resultaron ser efectivas contra el cambio de uso de suelo, donde las ANP de Palenque y Los Tuxtlas fueron las que presentaron la mayor superficie transformada.

El utilizar las tasas de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal para evaluar la efectividad de un ANP se debe a su magnitud global, dado que el entender los cambios ocurridos en un determinado periodo permite valorar las posibles consecuencias tanto socioeconómicas como ambientales. Una alternativa para la cuantificación de esta magnitud, es usar herramienta como percepción remota, ya que nos permite realizar estimaciones a pequeña y a gran escala de los cambios ocurridos en la cubierta vegetal,

asociada a las actividades antropogénicas o los generados por eventos naturales (Lambin *et al.* 2003).

## 7. Literatura citada

**Alvard, M. S., Robinson, J. G., Redford, K. H., y Kaplan, H.** (1997). The sustainability of subsistence hunting in the neotropics. *Conservation Biology* 11: 977–982.

**Anduaga, S.** (2007). Nuevos registros de escarabajos coprófagos (coleoptera: scarabaeidae) en detritus de madrigueras de neotoma albigula hartley (Rodentia: Muridae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 23. 143–144.

**Bocco, G., Mendoza, M., y Maser, O.** (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 44: 18–38.

**Buenrostro-Silva, A., Antonio-Gutiérrez, M., y García-Grajales, J.** (2012). Mamíferos del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y La Tuza de Monroy, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28: 56–72.

**Ceballos, G., y Simonetti, A.** (2002). Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F., México. 582 pp.

**Challenger, A., Dirzo, R., López J. C., Mendoza, E., Lira-Noriega, A. y Cruz, I.** (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. *Capital Natural de México* 2: 37–73.

**Charre-Medellín, J., Magaña-Cota, G., Monterrubio-Rico, T., Tafolla-Muñoz, R., Charre-Luna, J., y Botello, F.** (2016). Mamíferos medianos y grandes del municipio de Victoria, Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato, México. *Acta Universitaria* 26: 49–57.

**CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad).** (1998). La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

**CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas).** (2006). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Programa de Conservación y Manejo de la

Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, México. En: [http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/pdf/programas\\_manejo/tuxtla\\_final.pdf](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/tuxtla_final.pdf).

Consultado el 28 de octubre 2017.

**CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas).** (2014). Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Reserva de la Biosfera “Desierto Semiárido de Zacatecas. En: [http://www.conanp.gob.mx/acciones/pdf/EPJ\\_RB\\_Desierto\\_Zacatecas\\_23junio2014.pdf](http://www.conanp.gob.mx/acciones/pdf/EPJ_RB_Desierto_Zacatecas_23junio2014.pdf). Consultado el 14 de julio 2017.

**CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas).** (2017). Áreas Naturales Protegidas Decretadas. En: [http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos\\_anp.htm](http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm). Consultado el 13 de septiembre 2017.

**Davis, D.** (2000). Estimación del tamaño de poblaciones de vida silvestre. Universidad de Indiana-Pennsylvania - Estados Unidos de América.

**Dirzo, F., Mendoza, E., y. Ortiz, P.** (2007). Size-related differential seed predation in a heavily defaunated neotropical rain forest. *Biotropica* 39: 355–362.

**Dudley, N.** (2008). Guidelines for Protected Area Management Categories. System Gland, Switzerland: IUCN. 86 pp.

**Ervin, J.** (2003). Rapid assessment of protected area management effectiveness in four countries. *BioScience*. 53. 833-841.

**Fao (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).** (2016). En: <http://www.fao.org/publications/sofo/2016/es/>. Consultado el 06 de febrero 2017.

**Feinsinger, P.** (2001). Designing field studies for biodiversity conservation. Island Press.

**Feinsinger, P.** (2012). What is, what might be, and the analysis and interpretation of field data. *Ecología en Bolivia* 47: 1–6.

**Feinsinger, P., y C. Pozzi.** (2010). Investigación, conservación y los espacios protegidos de América latina: una historia incompleta. *Revista Ecosistemas* 19: 97–111.

- Figuroa, F., y Sánchez-Cordero, V.** (2008). Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 17: 3223-3240.
- Figuroa, F., Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., y Linaje, M.** (2011). Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente?. *Revista mexicana de biodiversidad* 82: 951-963.
- Flores-León, R.** (2015). Hantavirus. En:  
<http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/virologia/hantavirus.html>.  
Consultado el 06 de abril 2017.
- Gathua, M.** (2000). The Effects of Primates and Squirrels on Seed Survival of a Canopy Tree, *Azazia quanzensis*, in Arabuko-Sokoke Forest, Kenya. *Biotropica* 32: 127–1.
- González-Bocanegra, K., Romero-Berny, E. I., Escobar-Ocampo, M. C., y García-del Valle, Y.** (2011). Aprovechamiento de fauna silvestre por comunidades rurales en los humedales de Catazajá-La Libertad, Chiapas, México. *Ra Ximhai. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable* 7: 219–230.
- Granados-Sánchez, D., Ruíz-Puga, P., y Barrera-Escorcía, H.** (2008). Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 14: 51–64.
- Groom, M., Meffe, G., y Carroll C.** (2006). Principles of Conservation Biology. 3ra. Sinauer Associates. Estados Unidos.
- Hidalgo-Mihart, M., Contreras-Moreno, F., De la Cruz, A., Jiménez-Domínguez, D., Juárez-López, R., Oporto-Peregrino, S., y Ávila-Flores, R.** (2016). Mamíferos del estado de Tabasco, México. Pp. 441-472. 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 J. E. Sosa-Escalante, Eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato. Ciudad de México, México.

**IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).** (2014). ¿Qué son las áreas protegidas? UICN Congreso Mundial de Parques.

**IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).** (2017). ¿Qué es un área protegida? <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/%C3%A1reas-protegidas/%C2%BFqu%C3%A9-es-un-%C3%A1rea-protegida>. Consultado el 20 de agosto 2017.

**Jost, L.** (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113: 363-375.

**Jost, L.** (2010). The relation between evenness and diversity. *Diversity* 2: 207-232.

**Kapos, V., Ravilious, C., Campbell, A., Dickson, B., Gibbs, H. K., Hansen, M., Trumper, K. C.** (2008.) Carbon and biodiversity. *Carbon and biodiversity: a demonstration atlas*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

**Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen A., Folke C., Veldkamp, T. A.** (2001). The causes of land-use and land-cover change : moving beyond the myths, 11: 261–269.

**Lambin, E. F., Geist, H. J., y Lepers, E.** (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual review of environment and resources* 28: 205-241.

**Lira-Torres, I., y Briones-Salas, M.** (2011). Impacto de la ganadería extensiva y cacería de subsistencia sobre la abundancia relativa de mamíferos en la Selva Zoque, Oaxaca, México. *Therya* 2: 217–218.

**Lira-Torres, I., y Briones-Salas, M.** (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28: 566–585.

**Margules, C. R., y Pressey, R. L.** (2000). Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243–253.

**Mas, J. F.** (2005). Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environmental Monitoring and Assessment* 105: 69-80.

- Mas, J. F., y Flamenco, A.** (2011). Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *Geotropico* 5: 1–24.
- Mas, J. J., Velázquez, A., y Couturier, S.** (2009). La evaluación de los cambios de cobertura / uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental* 1: 23–39.
- Moreno, C. E.** (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T - Manuales y Tesis SEA 1: 84.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda E., y Pavón, N. P.** (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1249-1261.
- Mostacedo, B., y Fredericksen T. S.** (2000). Métodos Básicos de muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). 92 pp.
- Nájera, O., Bojórquez, J., Cifuentes, J., y Marcelño, S.** (2010). Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, Nayarit. *Biociencias* 1: 19–29.
- Paine, C. E., y Beck, H.** (2007). Seed predation by neotropical rain forest mammals increases diversity in seedling recruitment. *Ecology* 88: 3076–3087.
- Peres, C. A.** (2000). Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forests. *Conservation Biology* 14: 240–253.
- Rafferty, C., y Lamont, B. B.** (2007). Selective herbivory by mammals on 19 species planted at two densities. *Acta Oecologica* 32: 1–13.
- Ramírez-Barajas, P. B., y Naranjo-Piñera, E. J.** (2007). La cacería de subsistencia en una comunidad de la zona maya, Quintana Roo, México. *Etnobiología* 5: 65–85.
- Ramírez-Mejía, D., y Mendoza, E.** (2010). El papel funcional de la interacción planta-mamífero en el mantenimiento de la diversidad tropical. *Biológicas* 12: 8–13.
- Redford, K., Taber, A., Simonetti, J.** (1990). There is more to biodiversity than tropical rainforests. *Conservation Biology* 43.

- Reyna-Hurtado, R., y Tanner G. W.** (2007). Ungulate relative abundance in hunted and non-hunted sites in Calakmul Forest (Southern Mexico). *Biodiversity and Conservation* 16: 743–756.
- Rodrigues, A., Andelman, S. Bakarr, M., Boitani, L., Brooks, T., Cowling, R., y Yan, X.** (2004). Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428: 640–643.
- Rodríguez-Macedo, M., A. González- Christen, y León-Paniagua. L.** (2014). Diversidad de los mamíferos silvestres de Misantla, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 262–275.
- Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez R. A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G., y Rodríguez-Moreno, Á.** (2014). Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 496–504.
- Sánchez-Rojas, G., Flores-Hernández, S. D., Castillo-Cerón, J., Mejenes-López S., Aguilar-López, M., Bravo-Cadena, J., y Hernández-Silva, D.** (2016). Riqueza, composición y conservación de los mamíferos del estado de Hidalgo, México (Riqueza, c). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato, Ciudad de México, México.
- Saquicela, J. E.** (2010). Análisis preliminar de riqueza y diversidad de lepidopteros diurnos promisorios en dos unidades de vegetación andina de la cuenca alta y media del Rio Paute. Tesis de licenciatura. 1–143 pp.
- Schipper, J., Chanson, J. S., Chiozza, F., Cox, N. A., Hoffmann, M., Katariya, V. y Young B. E.** (2008). The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat, and Knowledge. *Science* 322: 225–230.
- SEDESPA (Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente).** (2006). Áreas Naturales Protegidas de Tabasco. Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente. Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.



- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).** (2008). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. México. 380 pp.
- Tlapaya, L., y Gallina, S.** (2010). Cacería de mamíferos medianos en cafetales del Centro De Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 26. 259–277.
- Tudela, F.** 1989. Modernización forzada del trópico mexicano. Federación internacional de Institutos de Estudios Modernos. México. 475 pp.
- Valdez-Leal, J. D., Pacheco-Figueroa, C. J., Gordillo-Chávez E. J., Gama-Campillo, L. M., Mata-Zayas, E. E., Rangel- Ruiz, L. J. y Moguel- Ordoñez E. J.** (2014). Las Áreas Naturales Protegidas hoy en día. *Kuxulkab* 39: 49-52.
- Van Driesche, R., Hoddle, M., Center, T. D., Ruíz, C. E., Coronada, B. J., y Manuel, A. J.** (2007). Control de plagas y malezas por enemigas naturales (No. 632.96 V33). US Department of Agriculture, US Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team.
- Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz-Gallegos, J. R., Mayorca-Saucedo, R., Alcántara, R., Castro, R., y Palacio, J. L.** (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 21–37.
- Whittaker, A. R.** (1972). Evolution and Measurement of Species Diversity  $\zeta$ . *International Association for Plant Taxonomy* 21: 213–251.
- Wright, S. J.** (2003). The myriad consequences of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6: 73–86.

## **CAPITULO II: Evaluación del cambio de uso de suelo en tres Áreas Naturales protegidas en el estado de Tabasco, México.**

### **Introducción**

Las áreas protegidas se han constituido como una de las principales estrategias de conservación de la biodiversidad (Margules y Sarkar, 2009; Butchart, 2010). Estas se han establecido para reducir los posibles efectos negativos de las actividades antropogénicas (Chape *et al.*, 2005), en los principales remanentes de vegetación primaria de diferentes ecosistemas. Sin embargo, la pérdida del hábitat, la apertura de la frontera agrícola y la urbanización continúan como amenazas actuales al manteniendo de los hábitats naturales, a pesar de estar protegidos (Arriola *et al.*, 2014; Jiménez *et al.*, 2014).

La sierra del estado de Tabasco, es de gran importancia biológica y ecológica debido a que refleja los relictos de selva que aún se mantienen, y su biodiversidad, se protege y conserva a través de áreas naturales protegidas (Rullán-Silva *et al.*, 2011; SERNAPAM, 2007). En esta zona los ecosistemas se han modificado, lo cual ha provocado la pérdida de especies, principalmente por la transformación de las selvas (Gaona-Ochoa *et al.*, 2007), las cuales son sustituidas por pastizales destinados a la ganadería (Manjarrez *et al.*, 2007).

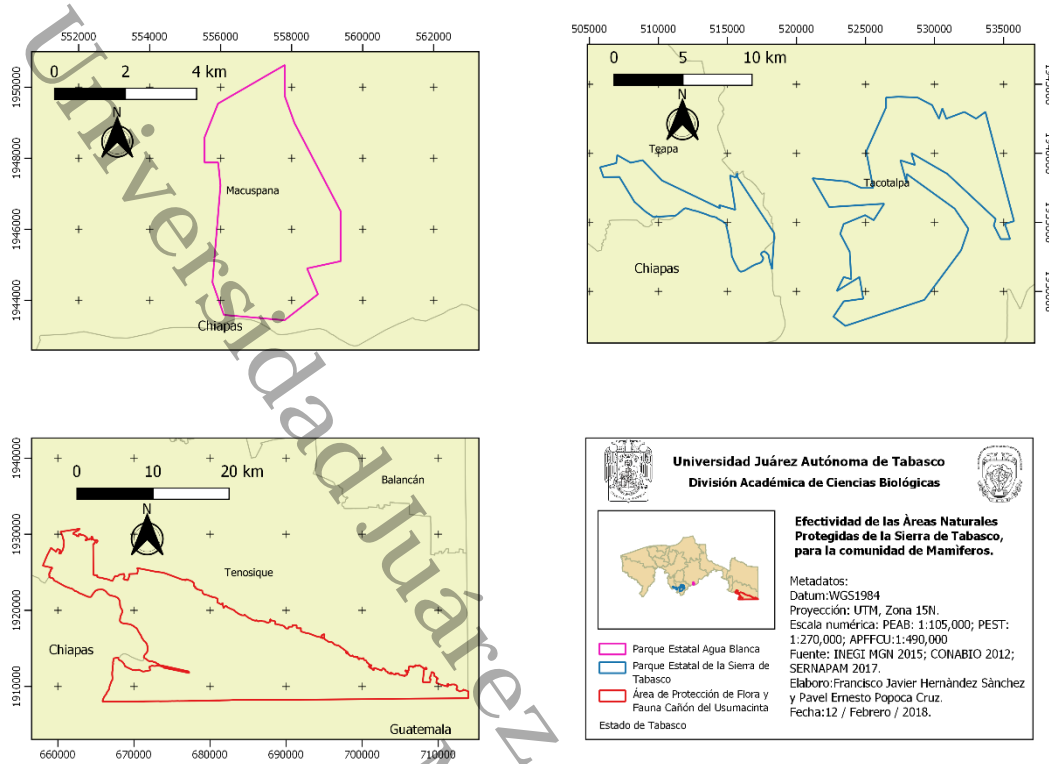
Existen pocos trabajos que han evaluado el efecto del cambio de uso de suelo en las Áreas Naturales Protegidas de la sierra del estado de Tabasco (Salazar *et al.*, 2004, Palomeque, 2008, Rullán-Silva *et al.*, 2011; Peralta-Carreta 2013). Este estudio tiene como objetivo analizar temporalmente el cambio de uso del suelo de tres Áreas Naturales Protegidas del estado de Tabasco (Parque Estatal Agua Blanca, Parque Estatal la Sierra y Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta). Con lo que se podrán establecer criterios para la conservación y protección de estos sitios.

## Materiales y Métodos

La zona de estudio se encuentra comprendida en tres ANP (Figura 1), que se localizan en la porción de sierra de Tabasco. El Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), decretado el 19 de diciembre de 1987, se encuentra ubicada en las coordenadas  $17^{\circ} 35'52''$  y  $17^{\circ} 37'16''$  latitud Norte y  $92^{\circ} 27'3.4''$  y  $92^{\circ} 28'43''$  longitud Oeste, con una extensión territorial de 2,025 ha. y se ubica en el municipio de Macuspana (Vargas-Márquez, 2002). El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año. La temperatura promedio anual fluctúa entre los 23 y 26 °C, mientras la precipitación pluvial anual promedio va de 2,100 a 3,200 mm (Zarco-Espinosa *et al.*, 2010).

El Parque Estatal de la Sierra de Tabasco (PEST), decretado el 24 de febrero de 1988, se encuentra ubicado en las coordenadas  $17^{\circ} 25'$  y  $17^{\circ} 35'$  latitud norte y  $92^{\circ} 38'$  y  $92^{\circ} 58'$  longitud oeste, con una extensión de 15,113.21 ha, localizado en los municipios de Teapa y Tacotalpa (Vargas-Márquez, 2002). El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año. Es el área más lluviosa del país, donde se registran precipitaciones anuales de 3,515 a 5,139 mm (Gallina *et al.*, 2012).

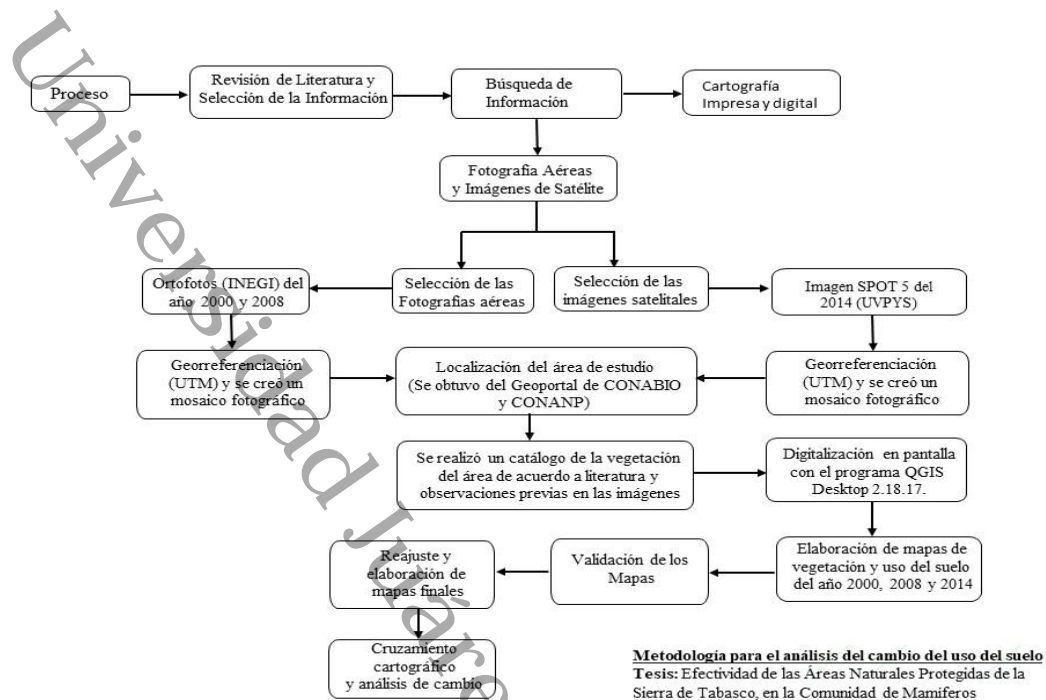
El Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta, decretado el 22 de septiembre del 2008, se encuentra ubicada entre las coordenadas  $17^{\circ}14'$  y  $17^{\circ}28'00''$  latitud norte y  $91^{\circ}32'00''$  y  $90^{\circ}56'00''$  longitud oeste, cubriendo una superficie de 46,128 ha (CONANP, 2015). El clima predominante es cálido húmedo con lluvias en verano. La zona registra una temperatura media anual de 26°C y una precipitación promedio de 2,750 mm anuales (INEGI, 2000).



**Figura 1.** Mapa de las Áreas Naturales Protegidas estudiadas del territorio Tabasqueño.

### Análisis del cambio de uso del suelo

Se realizó un análisis espacio-temporal en tres ANPs de la sierra tabasqueña, los periodos comprendidos para este estudio son los años 2000 al 2014, con el objetivo de analizar las modificaciones temporales de los tipos de vegetación y usos del suelo. La metodología de esta investigación se presenta en el esquema a continuación (Figura 2).



**Figura 2.** Esquema de la metodología para el análisis de cambio del uso del suelo. Fuente propia.

### Delimitación del área de estudio

Los límites del Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) y el Parque Estatal de la Sierra (PEST), se obtuvieron del Geoportal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) los datos en formato shapefile de Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales y Privadas de México 2015. La obtención del límite del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta (APFFCU), se obtuvo del shapefile de Áreas Naturales Protegidas disponible en el portal de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). La información vectorial descargada se procesó en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y se trabajó en unidades métricas Universal Transversal de Mercator (UTM).

### Búsqueda y selección de fotografías aéreas e imagen de satélite

Se identificó el material necesario para llevar a cabo el estudio de cambio del uso de suelo en las tres ANP ya antes mencionadas en los años del 2000, 2008 y 2014.

### Ortofotos

Las ortofotos digitales fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), corresponden a los años de 2000 (Tabla 1) y 2008 (Tabla 2).

**Tabla 1.** Serie de ortofotos digitales utilizadas en el estudio (2000).

ANP	Fecha de Adquisición	Escala	Resolución (m)	Color	Carta Topográfica	Datum
PEAB	01/10/2000	1:75,000	1.5	B/N	E15D22	ITRF92
PEST	01/10/2000	1:75,000	1.5	B/N	E15D21, A15D31 y E15D32	ITRF92
APFFCU	01/12/2000	1:75,000	1.5	B/N	E15D35 y A15D36	ITRF92

**Tabla 2.** Serie de ortofotos digitales utilizadas en el estudio (2008).

ANP	Fecha de Adquisición	Escala	Resolución (m)	Color	Carta Topográfica	Datum
PEAB	01/02/2008	1:40,000	1	C	E15D22	ITRF92
PEST	01/03/2008	1:40,000	1	C	E15D21, A15D31 y E15D32	ITRF92
APFFCU	01/03/2008	1:40,000	1	C	E15D35 y A15D36	ITRF92

Se utilizaron las ortofotos con estas fechas de adquisición, por ser la única información disponible del INEGI para las zonas de estudio.

### Imagen satélite año 2014 (SPOT 5)

La imagen SPOT 5 fue proporcionada por la Unidad de Vinculación de Productos y Servicios (UVPYS), de la División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT. Para el análisis de esta imagen se realizó una fusión de las bandas multiespectrales (10 m) con la banda pancromática (2.5), con el objetivo de obtener una imagen de color de alta resolución realizada. La imagen en color de alta resolución conserva la fidelidad del color original y permite mejorar la visualización e interpretación (Tabla 3).

**Tabla 3.** Serie de Imagen SPOT 5 utilizadas en el estudio (2014).

ANP	Fecha de Adquisición	Hora de fotografía	Resolución (m)
PEAB	15/12/2014	03:42:02 p.m.	2.5
PEST	03/04/2014	04:23:52 p.m.	2.5
APFFCU	29/03/2014	04:20:16 p.m.	2.5

### Procesamiento de imágenes

#### *Ortofotos*

Las ortofotos digitales (2000 y 2008), fueron procesadas a un formato raster. En el programa de QGIS Desktop 2.18.17.

Se llevó a cabo una proyección de las ortofotos con los siguientes parámetros: Proyección: UTM; Zona: 15 Norte; Elipsoide: WGS 84; Datum: WGS 84. Para el caso de las ANP: PEAB, PEST y APFFCU, se realizó un mosaico de la zona por cada año (2000 y 2008) con las ortofotos correspondientes a cada zona.

#### *Imagen Spot 5*

Las imágenes Spot (2014), fueron procesadas en formato raster en el programa de QGIS Desktop 2.18.17. Con una proyección ya establecida en UTM; Zona 15 Norte, Elipsoide WGS 84, Datum WGS 84.

### Fotointerpretación

Las ortofotos y las imágenes satelitales, se integraron al programa de QGIS Desktop 2.18.17. En él se construyeron mosaicos básicos, tanto de las fotografías aéreas e imágenes satelitales en sus años respectivos y se procedió a la digitalización de las imágenes a una escala de 1:10 000 y una unidad mínima cartografiable de 1,600 m<sup>2</sup>, para la identificación, categorización y cuantificación del área de cada uno de los componentes naturales y actividades humanas de cada reserva natural. Para la digitalización de las imágenes las coberturas fueron interpretadas utilizando la clave estándar de fotointerpretación; tono, color, patrón, textura, tamaño, forma (Chuvieco, 2002).

### Clasificación de la vegetación presente en el área de estudio

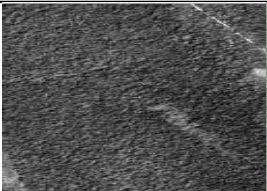


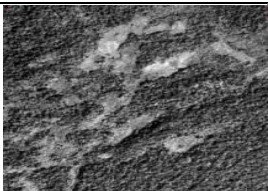


Se realizaron consultas de trabajos realizado en las zonas de estudios (Tabla 4), para definir la vegetación de estas tres ANP.

**Tabla 4.** Investigación sobre cambio de uso de suelo/coertura vegetal en la sierra de Tabasco.







Autor	Año/Periodo de estudio	Zona de Estudio	Clasificación	Imágenes utilizadas/ Resolución	Escala de trabajo
Salazar <i>et al.</i> (2004)	1973-2003	Sierra Madrigal	Fotointerpretación manual	Fotografía aéreas	1:20 000
Palomeque, (2008)	1973-2003	Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta	Fotointerpretación	Fotografías aéreas /Imagen de satélite	--
Collado, (2009)	1984-2000	Tacotalpa	Fotointerpretación	Fotografías aéreas/ Ortofotos digitales	--
Velasco (2010)	2000-2010	Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta	Clasificación supervisada	Imágenes Landsat TM y SPOT	1:50 000
Rúllan-Silva <i>et al.</i> , (2011)	2000-2003	Sierra de Tabasco	Clasificación no supervisada	Landsat ETM+	--
Peralta, (2013)	1986-2011	Parque estatal de la sierra	Fotointerpretación manual	Fotografía aéreas /Imágenes Landsat TM	--

La clasificación de las coberturas quedó agrupada en vegetación natural (Tabla 5) y vegetación antrópica (Tabla 6).

**Tabla 5.** Descripción de las coberturas de carácter natural presentes en las ANP.

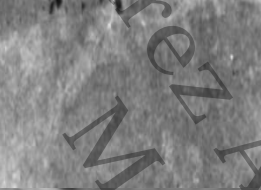








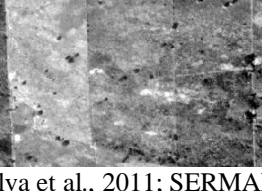


Tipo de cobertura y descripción	Visualización 2000	Visualización 2008	Visualización 2014
<b>Selva:</b> Comunidades arbóreas de origen tropical que crecen en lugares con alta precipitación y cuyos componentes vegetales mantienen su follaje verde la mayor parte del año.			
<b>Achual:</b> Relacionado con la perturbación antropogénica de la vegetación primaria y la tendencia de ésta a recuperar su estado original.			



Tipo de cobertura y descripción	Visualización 2000	Visualización 2008	Visualización 2014
<p><b>Vegetación hidrófila:</b> Se constituye por plantas acuáticas que se ubican sobre la superficie del agua. Se encuentran en cuerpos de agua lenticos de agua dulce o moderadamente salobres.</p>			
<p><b>Cuerpos de agua:</b> Corresponden a las acumulaciones naturales y artificiales de agua en un determinado lugar.</p>			

Fuente: INEGI 2015; Rullán-Silva et al., 2011; SERMARNAT 2015.

**Tabla 6.** Descripción de las coberturas de carácter antrópico presentes en las ANP.

Tipo de cobertura y descripción	Visualización 2000	Visualización 2008	Visualización 2014
<p><b>Pastizales:</b> Es una comunidad dominada por gramíneas y gramínoideas, establecida por acción del hombre mediante su cultivo.</p>			
<p><b>Cultivos:</b> Superficie en la que el suelo es utilizado para cultivos agrícolas.</p>			
<p><b>Asentamientos humanos:</b> Área ocupada por zonas edificadas, urbanas, suburbanas e industriales, principalmente.</p>			
<p><b>Zonas sin vegetación:</b> Áreas que no presentan cobertura vegetal incluyendo áreas rocosas.</p>			

Fuente: INEGI 2015; Rullán-Silva et al., 2011; SERMARNAT 2015

### **Verificación en campo**

Se realizaron salidas de reconocimiento al área de estudio, para la verificación de la clasificación de las coberturas en los mapas. En las visitas de campo se ubicaron los puntos previamente seleccionados en la cartografía para evaluar la calidad de los datos y verificar la clasificación considerada. Para cada punto se registraron las categorías de cobertura y uso de suelo que se identificaron en campo y se georreferenciaron con ayuda de un geoposicionador (GPS) en coordenadas UTM (WGS84).

### **Análisis de Cambio**

La cuantificación de los cambios ocurridos se realizó mediante un proceso de interposición de datos obtenidos. Para cada cobertura vegetal se agruparon en tres categorías naturales (Coberturas naturales sin cambios, cambios de antrópica a natural; Cambio de cobertura natural), y tres antrópicas (cambio de cobertura antrópica; cambio de natural a antrópica y cobertura antrópica sin cambio). Finalmente nos permitió obtener mejores resultados para hacer una comparación entre coberturas.

Los datos se analizaron por periodos; 2000-2008, 2008-2014, y el periodo de referencia general 2000-2014. En consecuencia, permitió cuantificar los principales impactos en el espacio y el tiempo de cada componente presente en las ANP.

### **Análisis de Datos**

#### **a) Tasa de cambio**

Se analizaron los cambios ocurridos para los periodos 2000-2014 y 2008-2014. Con los datos de cobertura inicial y final de cada clase fue posible establecer la tasa de cambio ( $r$ ) de cada una de las coberturas con la fórmula propuesta por Puyravaud (2003):

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{A_2}{A_1}$$

Donde:

$r$  = Cambio de cobertura, considerada como el remplazo de la cobertura por cualquier otra.

$A_1$  = Área de la cobertura en la primera fecha

$A_2$  = Área de la cobertura en la segunda fecha

$t_1$  = Fecha de la primera evaluación

$t_2$  = Fecha de la segunda evaluación

$\ln$  = Logaritmo natural

#### b) Análisis de la composición del paisaje

Para realizar la comparación de la estructura del paisaje y la conectividad en los mapas del 2000, 2008 y 2014 se utilizaron dos índices obtenidos del programa Fragstats® 4.2.1. Estos índices pertenecen a métricas asociadas con el análisis de la composición.

- I. **Tamaño promedio del parche** (TPP): el cual mide qué tan dividido se encuentra un tipo de cobertura. De este modo si el fragmento ocupa el total del paisaje, el área del paisaje será el valor máximo del MPS (Forman y Gordron, 1986).
- II. **Número de parches** (NUMP): es el total de parches por tipo de cobertura (Torres-Gómez et al., 2009; Carmona-Islas *et al.*, 2013). El uso de estos índices es importante para el entendimiento de la evolución y cambios en un paisaje (Aguilera, 2010).

## **Resultados**

Los resultados obtenidos se presentan identificando las principales coberturas para las tres fechas de análisis, la dinámica de la transformación para cada una de las ANP y su comparación. Estos resultados están divididos en los siguientes periodos: 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014. Además, se analiza el comportamiento de cada una de las coberturas, tomando en cuenta las hectáreas que ocupan y el porcentaje de ocupación en cada año.

### **Cambios de uso de suelo para el área de estudio total**

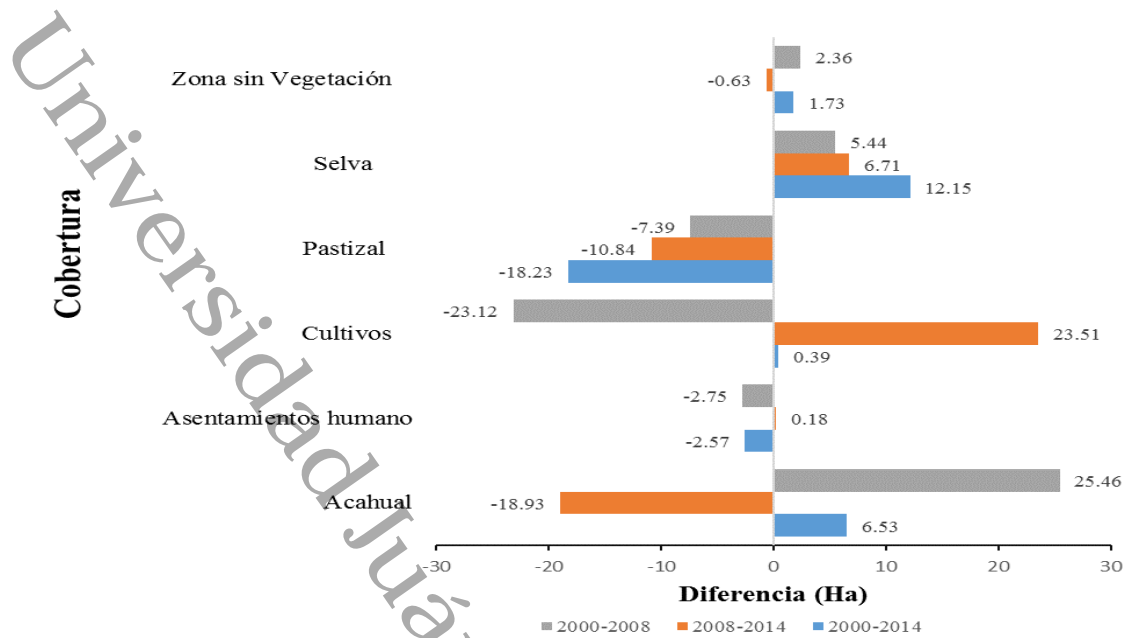
Se generaron mapas de vegetación y uso de suelo para cada ANP de los años de 2000, 2008 y 2014 (Ver anexo I, Mapas 1, 2 y 3).

#### **Parque Estatal Agua Blanca**

##### **Cambio de uso de suelo**

En el período analizado se identificaron seis coberturas para cada uno de los años. La cobertura que presenta una disminución a lo largo de los tres períodos fue la selva. No obstante, los pastizales presentan un crecimiento en los tres períodos. El resto de las coberturas presenta cambios desiguales en los tres períodos. Aunado a esta la situación los asentamientos muestran un crecimiento en el período 2000 al 2008, pero que se detiene y hasta pierde cobertura en el período 2008-2014 (Figura 3).

Los cultivos son una cobertura que en el período 2000-2008 presento una ganancia significativa. Sin embargo, esta misma cobertura sufre una pérdida que es ligeramente mayor a la ganancia que tenía, en el siguiente período. Contrario a los Acahuales que tienen una mayor pérdida del 2000-2008, y una ganancia del 2008-2014.



**Figura 3.** Cambios ocurridos en las coberturas del PEAB, se muestran las hectáreas pérdidas o ganadas, en los periodos 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014. Barras negativas representan incrementos en la cobertura y los positivos a disminución por cambio de uso.

### Detección de cambios y tasas de transformación

En lo que respecta a los resultados de la distribución y extensión de los usos del suelo y tipos de vegetación para los tres periodos (2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014) del PEAB, se encuentran representados en las tablas 7, 8 y 9.

Para el PEAB, el área de estudio es de 1,864.40 ha, en donde la mayor cobertura se encuentra representada por la selva con más del 50% de la superficie total en los tres periodos analizados. Sin embargo, presentaron valores de tasa de cambio negativos, lo que significa una disminución neta de su superficie en el PEAB. Por otro lado, la cobertura de pastizal obtuvo una tasa de cambio positivo, lo que significa un incremento neto de su superficie.

La cobertura natural con mayor ganancia de superficie fue el acahual (19 ha), obteniendo una tasa de cambio positivo ( $r= 1.18$ ). Mientras que los asentamientos humanos ( $r= 12.96$  %), es la cobertura antrópica con mayor incremento positivo.

**Tabla 7.** Extensión del uso del suelo y vegetación en PEAB (2000-2008).

Clase	2000		2008		+/- Netas	r (%)
	ha	%	ha	%		
Acahual	282.98	15.18	257.52	13.81	-25	-1.18
Asentamientos humano	1.51	0.08	4.25	0.23	3	12.96
Cultivos	24.05	1.29	47.17	2.53	23	8.42
Pastizal	240.16	12.88	247.55	13.28	7	0.38
Selva	1303.03	69.89	1297.60	69.60	-5	-0.05
Zona sin vegetación	12.66	0.68	10.30	0.55	-2	-2.58
Total	1,864.40	100.00	1,864.40	100.00		

**Nota:** +/-: ganancias y pérdidas (en ha); r: tasa ponderada de cambio de uso del suelo anual, de acuerdo con la fórmula de Puyravaud (2003).

**Tabla 8.** Extensión del uso del suelo y vegetación en PEAB (2008-2014).

Clase	2008		2014		+/- Netas	r (%)
	ha	%	ha	%		
Acahual	257.52	13.81	276.45	14.83	19	1.18
Asentamientos humano	4.25	0.23	4.08	0.22	0	-0.71
Cultivos	47.17	2.53	23.65	1.27	-24	-11.50
Pastizal	247.55	13.28	258.40	13.86	11	0.71
Selva	1,297.60	69.60	1290.88	69.24	-7	-0.09
Zona sin vegetación	10.30	0.55	10.93	0.59	1	0.99
Total	1,864.40	100.00	1,864.40	100.00		

**Nota:** +/-: ganancias y pérdidas (en ha); r: tasa ponderada de cambio de uso del suelo anual, de acuerdo con la fórmula de Puyravaud (2003).

**Tabla 9.** Extensión del uso del suelo y vegetación en PEAB (2000-2014).

Clase	2000		2014		+/- Netas	r (%)
	ha	%	ha	%		
Acahual	282.98	15.18	276.45	14.83	-7	-0.17
Asentamientos humano	1.50	0.08	4.08	0.22	3	7.10
Cultivos	24.05	1.29	23.65	1.27	0	-0.12
Pastizal	240.16	12.88	258.40	13.86	18	0.52
Selva	1303.03	69.89	1290.88	69.24	-12	-0.07
Zona sin vegetación	12.66	0.68	10.93	0.59	-2	-1.05
Total	1,864.40	100.00	1,864.40	100.00		

**Nota:** +/-: ganancias y pérdidas (en ha); r: tasa ponderada de cambio de uso del suelo anual, de acuerdo con la fórmula de Puyravaud (2003).

### Variación espacial del PEAB

A continuación, se expone la dinámica de la distribución del PEAB, para los años de 2000, 2008 y 2014 explicando el comportamiento de la cobertura. Para el área reportada para cada fecha y el porcentaje que ocupa del total del área de estudio.

### Distribución espacial de los años 2000, 2008 y 2014

En el mapa 1, Anexo I, se muestra que para el año 2000 se encontraron 60 parches. Se encontraron franjas continuas y fragmentos grandes de vegetación natural de selva, a pesar de ser la cobertura con el menor número de parches. Pero con los parches mayor tamaño, siendo así la selva la cobertura predominante en ese año (Tabla 10).

Para el año 2008 se registraron 59 fragmentos (mapa 1, Anexo I). Para esa fecha, la cobertura de selva presenta menos número de parches, aun cuando son los de mayor tamaño. Mientras que los acahuales se convierten en la cobertura con mayor número de parches (Tabla 10). Mientras tanto, en el año 2014 se registraron 35 fragmentos. La cobertura de selva sigue siendo la que presenta menos número de parches y de mayor tamaño. Sin embargo, los acahuales que para las fechas anteriores representaba la cobertura con mayor número de parches, ahora se reducen a 13.

**Tabla 10.** Distribución espacial del PEAB (NUMP y TPP).

Coberturas	2000		2008		2014	
	NUMP	TPP	NUMP	TPP	NUMP	TPP
Acahual	38	7.4	31	8.3	13	21.3
Asentamientos humano	1	1.5	2	2.1	2	2.0
Cultivos	6	4.0	13	3.6	7	3.4
Pastizal	8	30.0	9	27.5	9	28.7
Selva	4	325.8	2	648.8	3	430.3
Zona sin vegetación	3	4.2	1	10.3	1	10.9
Total	60		58		35	

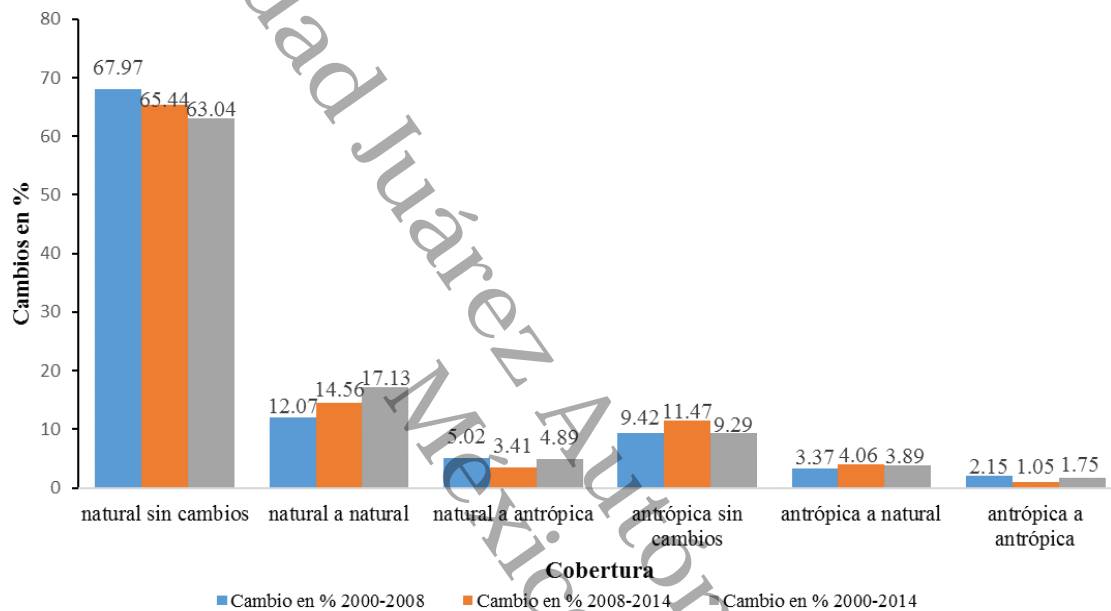
**Nota:** NUMP =Número de parches; TPP =Tamaño promedio del parche

### Transformación de la cobertura del PEAB

Para el análisis de transformación de coberturas del PEAB, se realizó un cruzamiento de los mapas de uso del suelo y vegetación de los años 2000, 2008 y 2014. Por lo que se obtuvo la

variación de una categoría a otra y la dinámica de cambio de esta ANP. Para este análisis se agruparon las ocho categorías en tres coberturas naturales y tres antropogénicas.

En los tres periodos analizados la cobertura predominante es la natural (Figura 4), y es la cobertura que domina sin cambio en más de un 60%. Cabe resaltar que la pérdida de vegetación natural transformada a vegetación antrópica, son en proporciones menores al 5% y el período con menor disminución es el del 2008-2014.



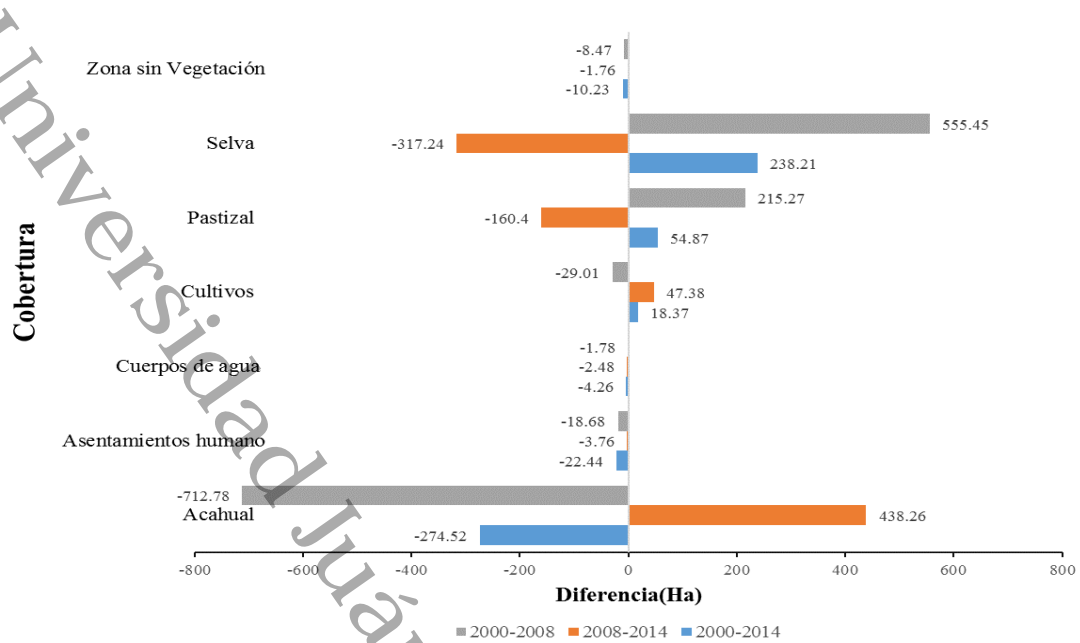
**Figura 4.** Transición de la cobertura en el PEAB en los períodos de 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014.

## Parque Estatal de la Sierra de Tabasco

### Cambio de uso de suelo

En el período analizado se identificaron siete coberturas para cada uno de los años. La cobertura de selva presento una alta disminución en los periodos de 2000-2008, sin embargo, esta misma cobertura obtiene un considerable aumento en el periodo 2008-2014. Contrario a los Acahuales que tienen una disminución para el periodo 2008-2014. La zona sin vegetación, cuerpos de agua y asentamientos humanos son coberturas que han ganado superficie en los tres periodos (Figura 5).





**Figura 5.** Cambios ocurridos en las coberturas del PEST, se muestran las hectáreas pérdidas o ganadas, en los periodos 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014. Barras negativas representan incrementos en la cobertura y los positivos a disminución por cambio de uso.

### Detección de cambios y tasas de transformación

En lo que respecta a los resultados de la distribución y extensión de los usos del suelo y tipos de vegetación para los tres periodos (2000-2008; 2008-2014 y 2000-2014) del PEST, se encuentran representados en las tablas 11, 12 y 13.

Para el PEST, el área de estudio es de 15,034.42 ha, en donde la mayor dominancia la obtienen la cobertura de selva con más del 50% de la superficie total en los tres periodos, seguida por el acahual y el pastizal. Sin embargo, la selva es la cobertura que presentó la mayor pérdida en los periodos 2000-2008 y 2000-2014 obteniendo valores negativos en la tasa de cambio ( $r = -0.81\%$  y  $r = -0.20\%$ ) lo cual representa que hubo una disminución de la superficie de esta cobertura. Pero, esta pérdida disminuye para el último periodo de análisis obteniendo valores de ganancia significativa.

Los asentamientos humanos y las zonas sin vegetación es la cobertura que ha tenido ganancia en la superficie del PEST, lo cual se ve reflejado en su tasa de transformación obteniendo datos positivos lo cual nos indica que esta cobertura sigue aumentando considerablemente en esta ANP. El acahual es una cobertura que obtuvo una significativa ganancia en el periodo 2000-2008 y 2000-2014, sin embargo, para el 2008-2014 que es el

último año de análisis esta cobertura obtuvo valores altos de pérdida de superficie por lo que la tasa de cambio es negativa para este periodo.

**Tabla 11.** Extensión del uso del suelo y vegetación en PEST (2000-2008).

Clase	2000		2008		+/- Netas	r (%)
	ha	%	ha	%		
Acahual	3,027.15	20.13	3,740.03	24.88	713	2.64
Asentamientos humanos	39.70	0.26	58.37	0.39	19	4.82
Cuerpos de agua	77.10	0.51	78.88	0.52	2	0.29
Cultivos	92.77	0.62	121.74	0.81	29	3.40
Pastizal	2,964.47	19.72	2,749.23	18.29	-215	-0.94
Selva	8,824.49	58.70	8,269	55.00	-556	-0.81
Zona sin vegetación	8.73	0.06	17	0.11	8	8.45
Total	15,034.42	100.00	15,034.35	100.00		

**Nota:** +/-: ganancias y pérdidas (en ha); r: tasa ponderada de cambio de uso del suelo anual, de acuerdo con la fórmula de Puyravaud (2003).

**Tabla 12.** Extensión del uso del suelo y vegetación en PEST (2008-2014).

Clase	2008		2014		+/- Netas	r (%)
	ha	%	ha	%		
Acahual	3740	24.88	3301.70	21.96	-438	-2.08
Asentamientos humanos	58.37	0.39	62.13	0.41	4	1.04
Cuerpos de agua	78.88	0.52	81.37	0.54	2	0.52
Cultivos	121.74	0.81	74.37	0.49	-47	-8.21
Pastizal	2749.23	18.29	2909.68	19.35	160	0.95
Selva	8268.98	55.00	8586.23	57.11	317	0.63
Zona sin vegetación	17.18	0.11	18.94	0.13	2	1.63
Total	15,034.42	100.00	15,034.42	100.00		

**Nota:** +/-: ganancias y pérdidas (en ha); r: tasa ponderada de cambio de uso del suelo anual, de acuerdo con la fórmula de Puyravaud (2003).

**Tabla 13.** Extensión del uso del suelo y vegetación en PEST 2000-2014).

Clase	2000		2014		+/- Netas	r (%)
	ha	%	ha	%		
Acahual	3027.15	20.13	3301.70	21.96	275	0.62
Asentamientos humanos	39.70	0.26	62.13	0.41	22	3.20
Cuerpos de agua	77.10	0.51	81.37	0.54	4	0.38
Cultivos	92.77	0.62	74.37	0.49	-18	-1.58
Pastizal	2,964.47	19.72	2910	19.35	-55	-0.13
Selva	8,824.49	58.70	8586	57.11	-238	-0.20
Zona sin vegetación	8.73	0.06	19	0.13	10	5.53
Total	15,034.42	100.00	15,034.35	100.00		

**Nota:** +/-: ganancias y pérdidas (en ha); r: tasa ponderada de cambio de uso del suelo anual, de acuerdo con la fórmula de Puyravaud (2003).

### Variación espacial del PEST

La dinámica de la distribución del PEST, para los años de 2000, 2008 y 2014, evidencia un total de 718, 446 y 440 parches respectivamente (Mapa 2, Anexo I). Para el 2000 se encontraron franjas continuas y fragmentos grandes de coberturas naturales. Se hace necesario resaltar que la cobertura de acahual obtuvo el mayor número de parches en el paisaje, la cobertura de selva registro los parches más grandes en el ANP, por lo cual la convierten en la vegetación predominante en este año (Tabla 14).

Para el año 2008, hay menos parches comparados con los otros años, pero con mayor tamaño. Asimismo, la cobertura de acahual sigue teniendo el mayor número de parches en esta ANP (Tabla 14). Por otro lado, en el 2014 presenta una distribución muy similar a lo reportado para el año 2008. La cobertura de selva sigue siendo la que presenta menor número de parches con el mayor tamaño. Los acahuales siguen representando la cobertura con mayor número de parches.

**Tabla 14.** Distribución espacial del PEST (NUMP y TPP).

Coberturas	2000		2008		2014	
	NUMP	TPP	NUMP	TPP	NUMP	TPP
Acahual	478	6.33	205	18.24	223	14.81
Asentamientos humanos	9	4.41	11	5.31	11	5.65
Cuerpos de agua	12	6.43	10	7.89	16	5.09
Cultivos	28	3.31	32	3.81	23	3.23
Pastizal	86	34.47	103	26.69	97	30
Selva	96	91.92	69	119.84	54	159
Zona sin vegetación	9	0.97	16	1.07	16	1.18
Total	718		446		440	

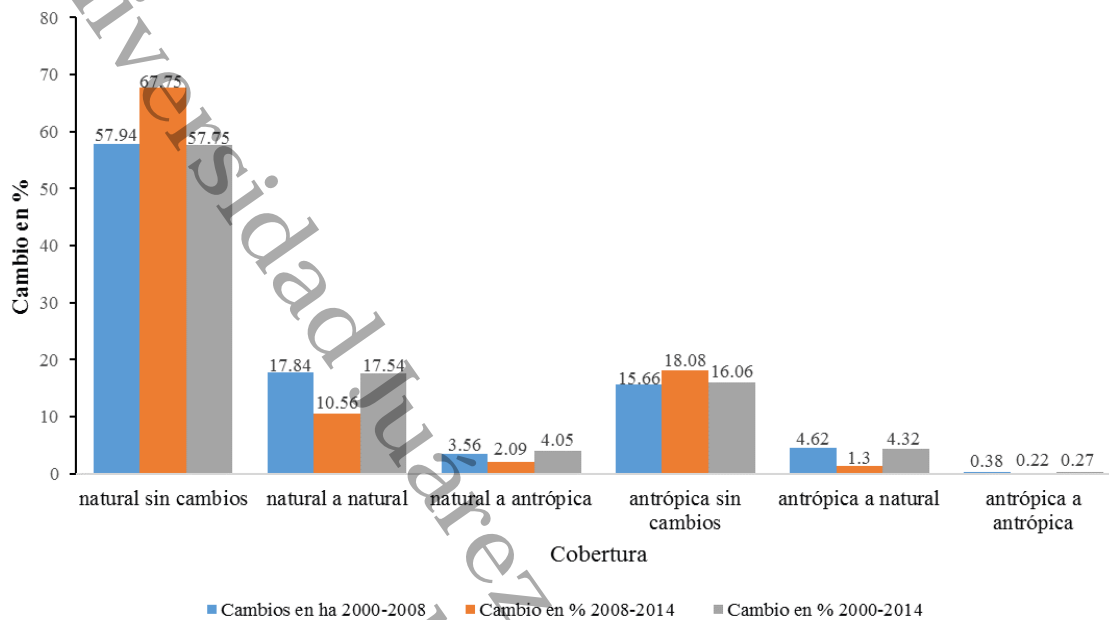
**Nota:** NUMP=Número de parches, TPP =Tamaño promedio del parche.

### Transformación de la cobertura del PEST

Para el análisis de la transformación de coberturas del PEST, se realizó un cruzamiento de los mapas de uso del suelo y vegetación de los años 2000, 2008 y 2014, en donde se aprecia la variación de una categoría a otra y la dinámica de cambio de esta ANP. Para este análisis se agruparon las ocho categorías en tres coberturas naturales y tres antropogénicas.

En los tres periodos analizados la cobertura predominante es la natural (Figura 6), y es la cobertura que domina para áreas sin cambio en más de un 50%. Cabe resaltar que la

pérdida de vegetación natural transformada a vegetación antrópica, son en proporciones menores al 4% y el período con menor disminución es el del 2008-2014.

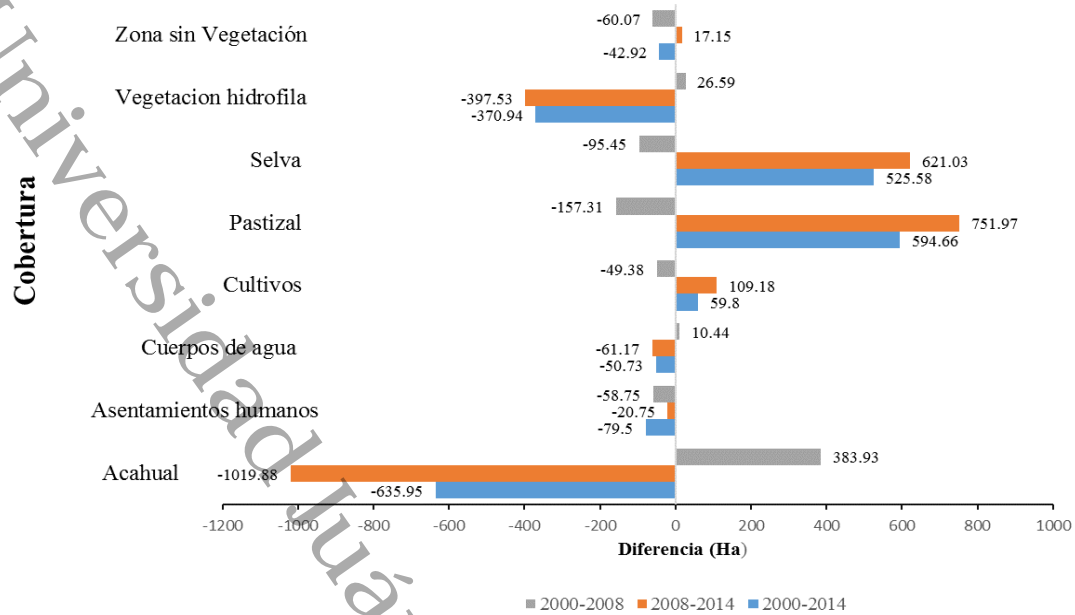


**Figura 6.** Transición de la cobertura del PEST en los períodos de 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014.

### Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta

#### Cambio de uso de suelo

En el periodo analizado se identificaron ocho coberturas para cada uno de los años. La cobertura de selva y pastizal presenta una alta disminución en los periodos de 2000-2008 y 2008-2014 fue la selva. Contrario a los Acahuales que tienen una mayor ganancia en los dos periodos antes mencionado. La zona sin vegetación, cuerpos de agua y asentamientos humanos son cobertura que han ganado superficie en los tres periodos. Los cultivos y vegetación hidrófila presenta cambios desiguales en los tres periodos (Figura 7).



**Figura 7.** Cambios ocurridos en las coberturas del APFFCU, se muestran las hectáreas pérdidas o ganadas, en los periodos 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014. Barras negativas representan incrementos en la cobertura y los positivos a disminución por cambio de uso.

### Detección de cambios y tasas de transformación

En lo que respecta a los resultados de la distribución y extensión de los usos del suelo y tipos de vegetación para los tres periodos (2000-2008; 2008-2014 y 2000-2014) del APFFCU, se encuentran representados en las tablas 15, 16 y 17.

Para el APFFCU, el área de estudio es de 45,701.99 ha, en donde la mayor cobertura se encuentra representada por la selva con más del 40% de la superficie total en los tres periodos seguida por los pastizal y acahual. la selva y pastizal obtuvieron ganancia neta para el primer periodo de análisis (2000-2008), por lo tanto, la tasa anual de cambio es positiva para esta fecha, mientras que para el 2008-2014 y 2000-2014 esta cobertura obtuvo pérdidas de superficie, por lo cual el valor de tasa de cambio es negativo. En el 2000-2014 las coberturas de asentamientos humano y cultivos han aumentado obteniendo ganancias significativas y esto conlleva a que la tasa de cambio reportado para este sitio sea en aumento.

**Tabla 15.** Extensión del uso del suelo y vegetación en APFFCU (2000-2014).

Clase	2000		2008		+/- Netas	r (%)
	ha	%	ha	%		
Acahual	9010.60	19.72	8629.84	18.88	-381	-0.54
Asentamientos humanos	363.97	0.80	422.69	0.92	59	1.87
Cuerpos de agua	175.52	0.38	165.03	0.36	-10	-0.77
Cultivos	922.56	2.02	971.99	2.13	49	0.65
Pastizal	15599.77	34.13	15757.10	34.48	157	0.13
Selva	19278.73	42.18	19370.84	42.39	92	0.06
Vegetación hidrófila	266.09	0.58	239.66	0.52	-26	-1.31
Zona sin vegetación	84.77	0.19	144.8553	0.32	60	6.70
Total	45,701.99	100.00	45,701.99	100.00		

**Nota:** +/-: ganancias y pérdidas (en ha); r: tasa ponderada de cambio de uso del suelo anual, de acuerdo con la fórmula de Puyravaud (2003).

**Tabla 16.** Extensión del uso del suelo y vegetación en APFFCU (2008-2014).

Clase	2008		2014		+/- Netas	r (%)
	ha	%	ha	%		
Acahual	8629.84	18.88	9645.64	21.11	1,016	1.85
Asentamientos humanos	422.69	0.92	443.48	0.97	21	0.80
Cuerpos de agua	165.03	0.36	226.18	0.49	61	5.25
Cultivos	971.99	2.13	862.79	1.89	-109	-1.99
Pastizal	15757.10	34.48	15004.92	32.83	-752	-0.82
Selva	19370.84	42.39	18753.83	41.04	-617	-0.54
Vegetación hidrófila	239.66	0.52	637.18	1.39	398	16.30
Zona sin vegetación	144.86	0.32	127.9634	0.28	-17	-2.07
Total	45,701.99	100.00	45,701.99	100.00		

**Nota:** +/-: ganancias y pérdidas (en ha); r: tasa ponderada de cambio de uso del suelo anual, de acuerdo con la fórmula de Puyravaud (2003).

**Tabla 17.** Extensión del uso del suelo y vegetación en APFFCU (2000-2014).

Clase	2000		2014		+/- Netas	r (%)
	ha	%	ha	%		
Acahual	9010.60	19.72	9645.64	21.11	635	0.49
Asentamientos humanos	363.97	0.80	443.48	0.97	80	1.41
Cuerpos de agua	175.52	0.38	226.18	0.49	51	1.81
Cultivos	922.56	2.02	862.79	1.89	-60	-0.48
Pastizal	15599.77	34.13	15004.92	32.83	-595	-0.28
Selva	19278.73	42.18	18753.83	41.04	-525	-0.20
Vegetación hidrófila	266.09	0.58	637.18	1.39	371	6.24
Zona sin vegetación	84.77	0.19	127.96	0.28	43	2.94
Total	45,701.99	100.00	45,701.99	100.00		

**Nota:** +/-: ganancias y pérdidas (en ha); r: tasa ponderada de cambio de uso del suelo anual, de acuerdo con la fórmula de Puyravaud (2003).

### **Variación espacial del APFFCU**

A continuación, se expone la dinámica de la distribución del APFFCU, para los años 2000, 2008 y 2014, explicando el comportamiento de la cobertura en lo que respecta al área reportada para cada fecha y el porcentaje que ocupa del total del área de estudio.

### **Distribución espacial del 2000, 2008 y 2014**

En el mapa 3, Anexo I, se muestra la distribución espacial del APFFCU delimitada para el área de estudio. Para el año 2000 se encontraron 2,199 parches en franjas continuas y fragmentos pequeños. En lo que corresponde a coberturas naturales, el acahual aporta el mayor número de parches, por lo que son los más representativos en el paisaje. Sin embargo, el tamaño de los parches en los acahuales es de menor tamaño, en comparación con la cobertura de selva que está representado con menor número de parches, sin embargo, los tamaños de estos parches son más grandes, los cuales la convierten en la vegetación predominante en este año (Tabla 18).

La distribución espacial del año 2008, se observa en el mapa 3, Anexo I, distribuida en 2,315 fragmentos. Para esta fecha, los acahuales siguen representando la cobertura con mayor número de parches, sin embargo, los tamaños de los parches son pequeños, mientras tanto, la cobertura de selva registro menos números de parches, pero representados en el paisaje con mayor tamaño. (Tabla 18). Por otro lado, Para el año 2014 la distribución en el APFFCU, fue un poco diferente a lo reportado para los años anteriores, se encontraron 2,006 fragmentos los cuales disminuyeron en comparación de los otros años. La cobertura de selva sigue siendo la que presenta el menor número de parches y los de mayor tamaño. Los acahuales continúan representando la cobertura con mayor número de parches, sin embargo, disminuyeron en número y el tamaño de los parches aumentó, en comparación al 2000 y 2008 (Tabla 18).

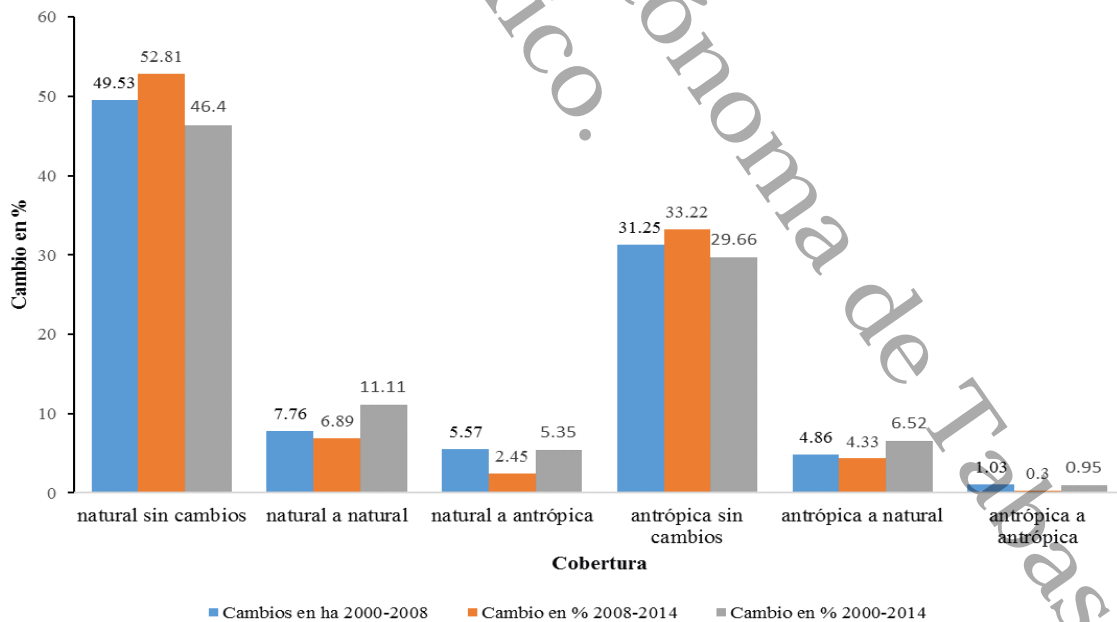
**Tabla 18.** Distribución espacial del APFFCU (NUMP y TPP).

Coberturas	2000		2008		2014	
	NUMP	TPP	NUMP	TPP	NUMP	TPP
Acahual	1,066	8.45	1,120	7.70	957	10.08
Asentamientos humanos	27	13.48	49	8.63	47	9.44
Cuerpos de agua	29	6.05	31	5.32	33	6.85
Cultivos	233	3.96	235	4.14	208	4.15
Pastizal	491	31.77	506	31.14	420	35.73
Selva	283	68.11	279	69.43	265	70.75
Vegetación hidrófila	7	38.01	6	39.94	5	127.44
Zona sin vegetación	63	1.35	89	1.63	71	1.80
	2,199		2,315		2,006	

**Nota:** NUMP =Número de parches; TPP =Tamaño promedio del parche.

### Transición de la cobertura del APFFCU

En el cruzamiento los mapas de uso del suelo y vegetación de los años 2000, 2008 y 2014 la cobertura predominante es la natural (Figura 8). Es la cobertura que predomina sin cambio en más de un 50%. Cabe resaltar que la pérdida de vegetación natural transformada a vegetación antrópica, son en proporciones menores al 4% y el período con menor disminución es el del 2008-2014.



**Figura 8.** Transición de la cobertura de la APFFCU en los períodos de 2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014.



## Discusión y Conclusión

El uso de imágenes de sensores remotos en este estudio, como son las imágenes aéreas ayuda a conocer y comprender la historia de uso de suelo en los últimos años en las ANP, siendo el principal problema la pérdida de la cobertura forestal, provocado por el aumento de la actividad antropogénicas en la zona. Para el año más actual, se empleó el uso de imágenes de alta resolución (SPOT) que permite una mejor información sobre las múltiples interacciones presentes entre los diferentes tipos de clase de las ANP en el último año de análisis. El utilizar ambas escenas se obtuvo un análisis más detallado y preciso.

Estudios como el de Muñoz-Villalobos *et al.*, 2011; García *et al.*, 2001; Farfán *et al.*, 2016, han estudiado la cobertura vegetal de áreas protegidas con análisis de cambio de uso de suelo por medio de imágenes satelitales. En todos los casos descritos, el uso de herramientas de análisis espacial ha sido fundamental para determinar los patrones de cambio en el uso del suelo.

Para el estado de Tabasco solo se cuenta con estudios publicados de Salazar *et al.* (2004), en áreas naturales protegidas y Rullán-Silva *et al.* (2011), en la sierra de Tabasco. Este estudio es el primero que analiza los cambios de uso de suelo en tres ANP. En virtud de los resultados se obtiene información del estado particular de cada ANP en toda la región de la Sierra. De acuerdo a los resultados, el área de estudio en los 14 años analizados en las tres ANPs, presenta cambios dinámicos, en cada una de las coberturas identificadas. La cobertura antrópica presenta variaciones positivas, incrementando sus áreas con el paso del tiempo, No obstante, la vegetación de selva muestra tendencias negativas en el PEST y APFFCU.

En este contexto, podemos hablar de que la cobertura del sitio estudiado está dominada por la presencia de selva, siendo la categoría que presenta la mayor superficie, seguida de los pastizales, los cuales provocan el reemplazo a cultivos y a zonas arboladas. Esto concuerda con lo publicado por Barba-Macías *et al.* (2006) y Romero *et al.* (2000), que mencionan que el cambio de selva a vegetación como pastizales y potreros, es consecuencia de la existencia de diversas comunidades humanas que habitan dentro de estos sitios, lo cual se traduce en problemáticas como alteración en el cambio del uso del suelo.

Guevara *et al.* (2004) y Vallecillo (2009), menciona que la deforestación es una amenaza grave para la biodiversidad, erosión del suelo, recursos hídricos y en general en los procesos biogeoquímicos. Para el APFFCU la mayor parte del territorio se ha reducido solo a fragmentos de vegetación natural relativamente pequeños en un periodo de corto tiempo, y al igual que en muchas otras ANPs tropicales la deforestación es considerada como el principal factor de deterioro ecológico y debe controlarse, primero frenándola, pero en muchos casos es imperativo revertirla y para ello primero es preciso estimarla con precisión (Guevara *et al.*, 2004; Vallecillo, 2009; Von Thaden, 2014).

Las áreas protegidas se encuentran bajo fuertes presiones de deforestación y fragmentación, contaminación, invasión de especies exóticas y tala y cacería clandestinas (Ervin, 2003; Goodman, 2003; Sánchez-Cordero y Figueroa, 2007). Por lo cual, a nivel estatal, se deben buscar alternativas de desarrollo que permitan mitigar los procesos de cambio y deforestación, de forma que se hagan compatibles los intereses de los sistemas socioeconómicos y ambientales (Carrara *et al.*, 2015; Sahagún-Sánchez y Reyes-Hernández, 2018).

El escenario es complejo y se requiere transitar hacia un esquema de gobernanza ambiental, que permita una gestión participativa, donde se involucren actores de los distintos sectores, como representantes del gobierno, de instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil (Sarukhán *et al.*, 2015), de forma que se garantice el acceso a los procesos de toma de decisiones y se facilite la apropiación y el empoderamiento de las iniciativas de conservación en el estado.

Durante los tres períodos analizados, el PEAB y el PEST, tienen un patrón de pérdida en el primer período del 2000-2008, y en el siguiente período ambos presentan escenarios favorables por incrementar coberturas naturales y disminuir pérdidas de las mismas. Caso contrario el APFFCU que presenta una ganancia en el período del 2000-2008 y pérdidas considerables en el segundo período 2008-2014. Es recomendable hacer un análisis de las políticas públicas en estos períodos, ya que la declaratoria de las tres reservas, al parecer no ha tenido efectos positivos en la transformación a coberturas naturales, sino por el contrario hay pérdidas. Pero al parecer existen eventos que si favorecieron la recuperación de las coberturas naturales en otros momentos.

De las tres ANP analizadas, el Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), representa el sitio con menor cobertura de superficie. Para el cual, los análisis de cambio, muestran que es la zona con mayor cobertura natural, siendo el sitio con el menor grado de modificación por cambio de uso de suelo de las tres zonas estudiadas. Sin embargo, se realizaron cambios al decreto de este sitio, reduciéndole 563 ha, las cuales pertenecen a un sitio privado que rodea al PEAB, el que los últimos años ha ayudado a mantener el grado de conservación de este sin poder asegurar su mantenimiento al perderse el status de ANP en estas hectáreas sitio. Estudios recientes en esta zona muestra que el tener mayor sitio conservado de vegetación natural ayuda al mantenimiento de poblaciones de fauna, principalmente de los mamíferos, los cuales presentan los mayores registros de especies en esta zona.

El APFFCU y el PEST, son sitios con mayor cobertura de superficie, sin embargo, en esta zona se presentan cambios en el uso de suelo que afectan a las coberturas naturales en esta zona. Esta situación puede generar impactos negativos para el desarrollo sustentable de la región y las comunidades, además, de poner en riesgo la integridad ecosistémicos y la conectividad de áreas de distribución para distintas especies de fauna.

En el PEST, el decreto establece la veda total e indefinida del aprovechamiento de la flora y fauna silvestre en estas áreas, de tal manera que se prohíbe en todo tiempo coleccionar, cortar, extraer o destruir cualquier espécimen de la misma dentro de los límites de dichas zonas. Sin embargo, la selva es la vegetación que ha sufrido el mayor cambio en esta zona, por lo cual el grupo de mamíferos asociados a este tipo de vegetación a sufrido algunas consecuencias, como lo reportado por Guzmán (2008), el cual, estima una tasa de extracción de 488 Tepezcuintles (*Cuniculus paca*) al año para la zona del PEST lo que representa un deterioro en la fauna protegida del parque debido a que la mayor problemática de esta especie es la cacería excesiva en esta zona.

Por lo anterior, se sugiere trabajar en la elaboración de los programas de manejo particulares para las distintas ANP e implementar acciones que reviertan las tendencias de cambio, a través del fortalecimiento de capacidades institucionales y locales, para el aprovechamiento sustentable de los recursos asociados a las cubiertas vegetales en la zona. El uso de información espacial, proporciona elementos para rediseñar o actualizar las políticas locales en materia de gestión territorial ambiental y de conservación de la

biodiversidad, como un primer paso para mitigar la vulnerabilidad ante los cambios actuales en los ecosistemas de las ANP ubicados en el estado.

### Literatura citada

- Aguilera, F.** 2010. Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de geografía* 30 (2): 9–29.
- Arriola, V., E. Estrada, A. Ortega-Rubio, Pérez, R., y Gijón, A.** 2014. Deterioro en áreas naturales protegidas del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal. *Investigación y ciencia* 60: 37-49.
- Barba- Macías, E., Rangel- Mendoza, J., y Ramos- Reyes, R.** (2006). Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de información geográfica. *Universidad y Ciencias* 22 (2): 101-110.
- Butchart, S. H, Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J. P., Almond, R. E., Baillie, J. E., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K. E., Carr, G. M., Chanson, J., Chenery, A. M., Csirke, J., Davidson, N., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J., Genovesi, P., Gregory, R., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M. A., McRae, L., Minasyan, A., Hernández, M., Oldfield, T., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart S., Symes A, Tierney, M., Tyrrell T., Vié, J., y Watson, R.** (2010). Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328: 1164-1168 pp.
- Carmona-Islas, C., J. Bello-Pineda, R. Carmona, y E. Velarde.** (2013). Modelo espacial para la detección de sitios potenciales para la alimentación de aves playeras migratorias en el noroeste de México. *Huitzil* 14 (1): 22–42.
- Carrara, E., Arroyo-Rodríguez, V., Vega-Rivera, J., Shondube, J., De-Freitas, S., and Fahrig, L.** (2015). Impact of landscape composition and configuration on forest specialist and generalist bird species in the fragmented Lacandona rainforest, Mexico. *Biological Conservation*. 184: 117-126.

- Chape, S., Harrison, J., Spalding M., y Lysenko I.** (2005). Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360: 443-455.
- Chuvieco, E.** (2002). Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el Espacio. Barcelona, Editorial Ariel.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas).** (2015). Programa de manejo, Área de protección de flora y fauna Cañón del Usumacinta. En: ([http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/pdf/programas\\_manejo/2015/Canon\\_del\\_Usumacinta.pdf](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2015/Canon_del_Usumacinta.pdf)). Consultado 10 de marzo 2017
- Collado, R.** (2009). Dinámica de la vegetación y uso del suelo en el municipio de Tacotalpa, Tabasco (1984-2000). Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México.
- Ervin, J.** (2003). Rapid assessment of protected area management effectiveness in four countries. *Bioscience* 53: 833-841.
- Farfán, M., Rodríguez-tapia, G., Mas, J. F.** (2015). Análisis jerárquico de la intensidad de cambio de cobertura/uso de suelo y deforestación (2000-2008) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 90, 89-104.
- Forman, R., Gordron, M.** (1986). Landscape ecology. J. *Jhon Wiley & Sons; New York*, 619.
- Gaona-Ochoa, S., Hernández-Vázquez, F., De Jong, B., y Gurri-García F.** (2007). Pérdida de diversidad florística ante un gradiente de intensificación del sistema agrícola de roza-tumba-quema: un estudio de caso en la selva lacandona, Chiapas, México. *Boletín de la sociedad Botánica de Mexico* 81, 65-80.
- Gallina, S., Pérez-Torres, J., y Guzmán-Aguirre, C.** (2012). Use of the paca, *Cuniculus paca* (Rodentia: Agoutidae) in the Sierra de Tabasco State Park, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 60(3), 1345-1355.
- García, G., March, I., y Castillo, M.** (2001) Transtorno de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. *Investigaciones*

*Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía 46, 45-57.*

- Goodman, P. S.** (2003). Assessing management effectiveness and setting priorities in protected areas in Kwa Zulu-Natal. *Bioscience* **53**: 843-850.
- Guevara, S., Laborde, J., y Sánchez-Ríos, G.** 2004. Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa, Ver., 288 pp.
- Guzman, C.** (2008). Uso, Preferencia de hábitat y aprovechamiento del Tepezcuintle, (*Cuniculus paca* L.) en el Parque Estatal de la Sierra Tabasco, México. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en: Manejo de Fauna Silvestre. Xalapa, Veracruz, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).** (2000). Cuaderno Estadístico de Tenosique. En: [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825931681/702825931681\\_1.pdf.10/Mar/2017](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825931681/702825931681_1.pdf.10/Mar/2017).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).** (2015). “Guía para la interpretación de cartografía: Uso de suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V”. México.
- Jiménez, C., Sosa, J., Cortés-Calva, P., Solís, A., Iñiguez., L. y Ortega-Rubio A.** (2014). México país megadiversos y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y ciencia* 60, 16-22.
- Manjarrez, B., Hernández, S., de Jong, B., Nahed, J., Dios, O., y Salvatierra, E.** (2007). Configuración territorial y perspectivas de ordenamiento de la ganadería bovina en los municipios de Balancán y Tenosique, Tabasco. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 64, 90-115.
- Margules, C. R., y Sarkar, S.** (2009). Planeación sistemática de la conservación. (Trad. V. Sánchez-Cordero y F. Figueroa). Universidad nacional autónoma de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 304pp. México. D.F.
- Muñoz-Villalobos, J. A., Gonzales-Barrios, J. L., Gonzales- Cervantes, G., Valenzuela- Nuñez, L. M., Velásquez- Valle, M. A.** (2011). Cambio de uso de suelo

en el Área Natural Protegida “Sierra de lobos”, Municipio de León, Guanajuato, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 10,117-122.

**Ortiz-Solorio, M., Anaya-Garduño, M., y Estrada-Berg, J.** (1994). Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Colegio de Postgraduados-CONAZA, México, 161 pp.

**Palomeque, M.** (2008). Análisis del cambio de uso del suelo y las actividades productivas en el parque estatal cañón del Usumacinta en Tenosique, Tabasco. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias. Villahermosa, Tabasco, México.

**Peralta, C.** (2013). Analisis de cambio de uso del suelo; una herramienta en la evaluación de Áreas Naturales Protegidas. Estudio e caso del Parque Estatal de la Sierra, Tabasco. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias. Villahermosa, Tabasco, México.

**Puyravaud, J. P.** (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management* 177(1): 593-596.

**Romero, J. C., Garcia, M. A, Bautista J. C., Pérez A. P.** (2000). Caracterización de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Universidad y Ciencia* 15, (30), 15-28.

**Rullán-Silva, C., Gama-Campillo, L., Galindo-Alcántara, A. y Olthoff. A.** (2011). Clasificación No Supervisada De La Cobertura De Suelo De La Región Sierra De Tabasco Mediante Imágenes Landsat Etm+. *Universidad y Ciencia*, 27(1): 33-41.

**Sahagún-Sánchez, F y Reyes-Hernández, H.** (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *Ciencia UAT* 12 (2):6-21.

**Salazar, C., Zavala, J., Castillo, O., Camara, R.** (2004). Evaluación espacial y temporal de la vegetación de la Sierra Madrigal , Tabasco , México ( 1973-2003 ). *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 54, 7-23.

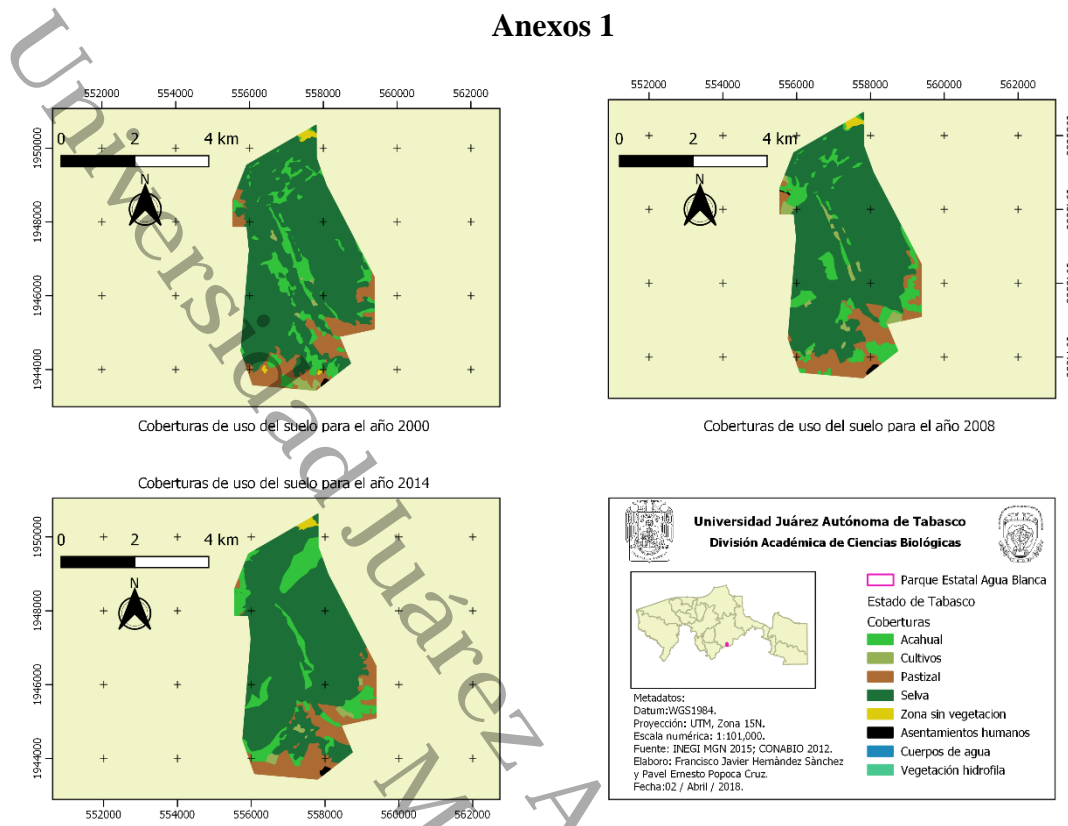
**Sánchez-Cordero, V., y Figueroa, F.** (2007). La efectividad de las Reservas de la Biosfera en México para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación

**Sarukhán, J., Urquiza-Haas, T., Koleff, P., Carabias, J., Dirzo, R., Ezcurra, E., and**

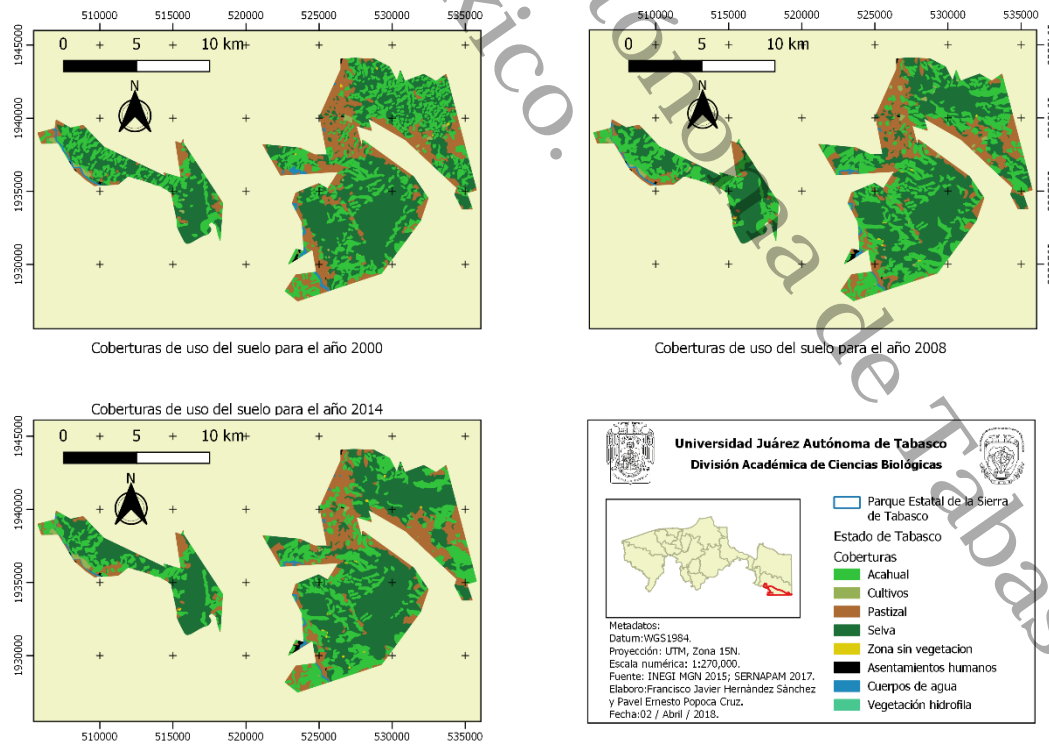
- Soberón, J.** (2015). Strategic actions to value, conserve, and restore the natural capital of mega diversity countries: The case of Mexico. *BioScience*. 65(2): 164-173.
- SERMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).** (2015). Inventario Estatal Forestal y de Suelos-Tabasco 2013. Editado por Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional Forestal.
- SERNAPAM (Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental).** (2007). Área Naturales protegidas de Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco.
- Torres-Gómez, M., Delgado L. E., Marín, V. H., y Bustamante R. O.** (2009). Estructura del paisaje a lo largo de gradientes urbano-rurales en la cuenca del río Aisén (región de Aisén, Chile). *Revista Chilena de Historia Natural* 82 (1): 73–82.
- Vallecillo, R. S.** (2009). Los cambios en el paisaje y su efecto sobre la distribución de las especies: modelización y aplicación a la conservación de las aves de hábitats abiertos en paisajes mediterráneos. Tesis Doctorado, Universidad de Lleida.
- Velasco, B.** 2010. Identificación de cambio en el uso del suelo y vegetación, y cálculo de la tasa de transformación del hábitat en el periodo 2000-2010: Área de Protección de Flora y Fauna cañón del Usumacinta. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegida, Pp 55.
- Von Thaden, J.** (2014), Análisis de la cobertura de suelo en el Área Natural Protegida de la Reserva de la Biosfera los Tuxtlas de los años de 1986 a 2011. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias. Xalapa, Veracruz, México.



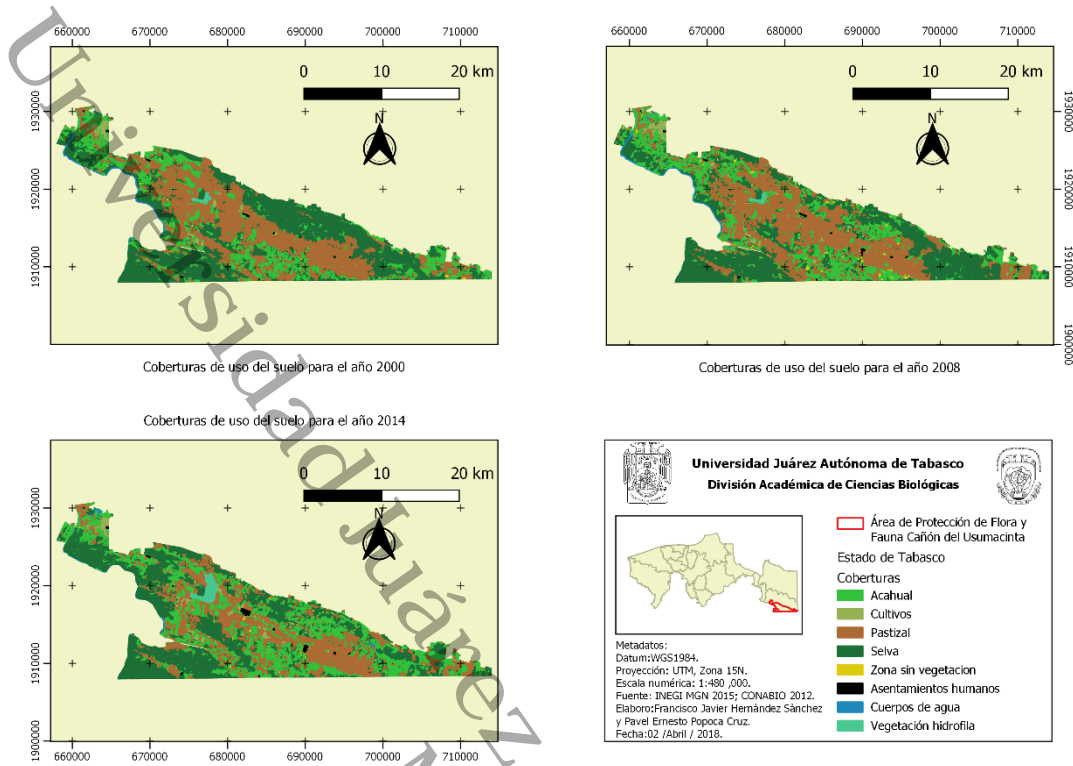
Anexos 1



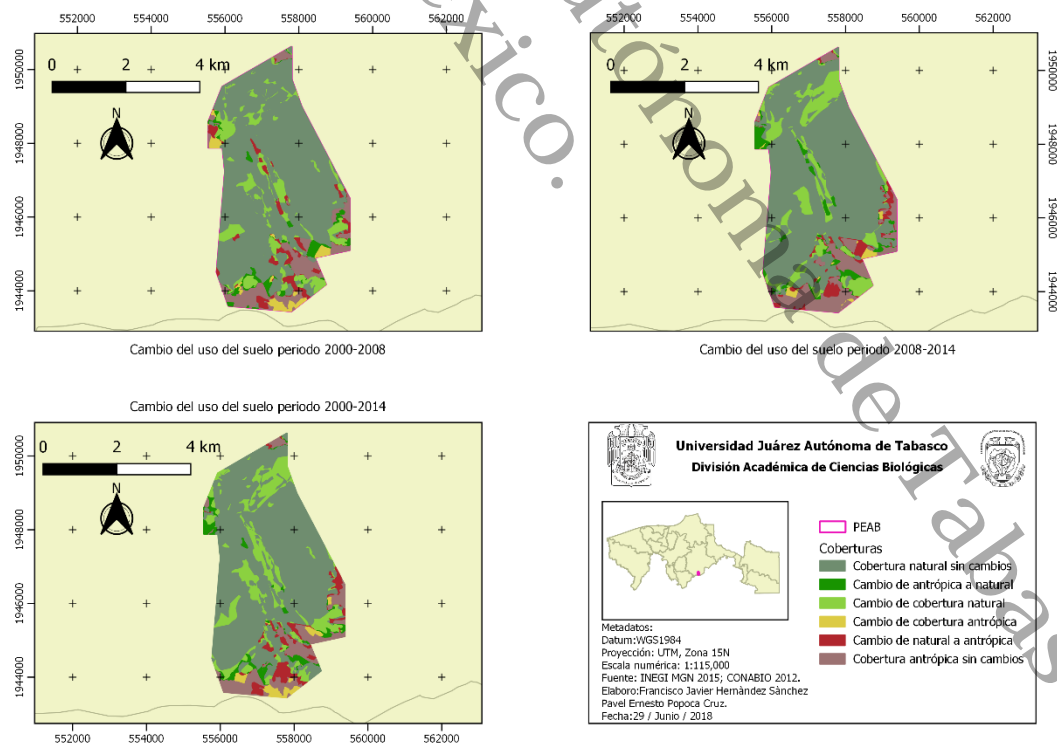
Mapa 1. Cambio y uso del suelo Parque Estatal Agua Blanca (2000,2008 y 2014).



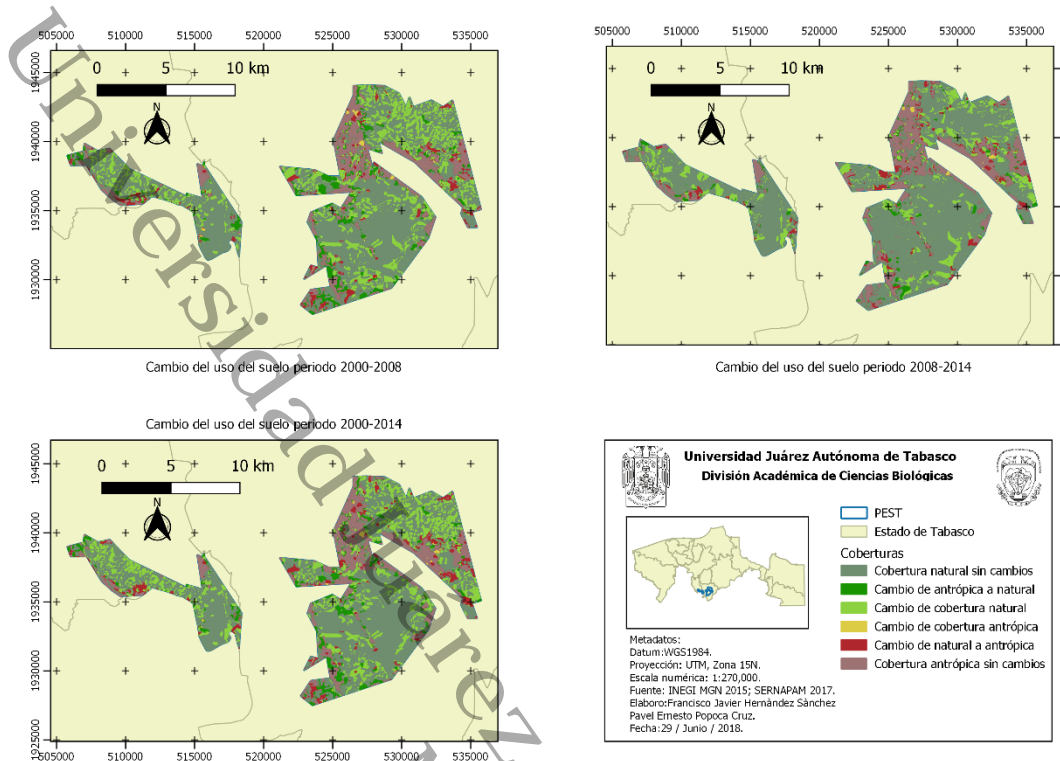
Mapa 2. Uso del suelo y vegetación del Parque Estatal de la Sierra de Tabasco (2000,2008 y 2014).



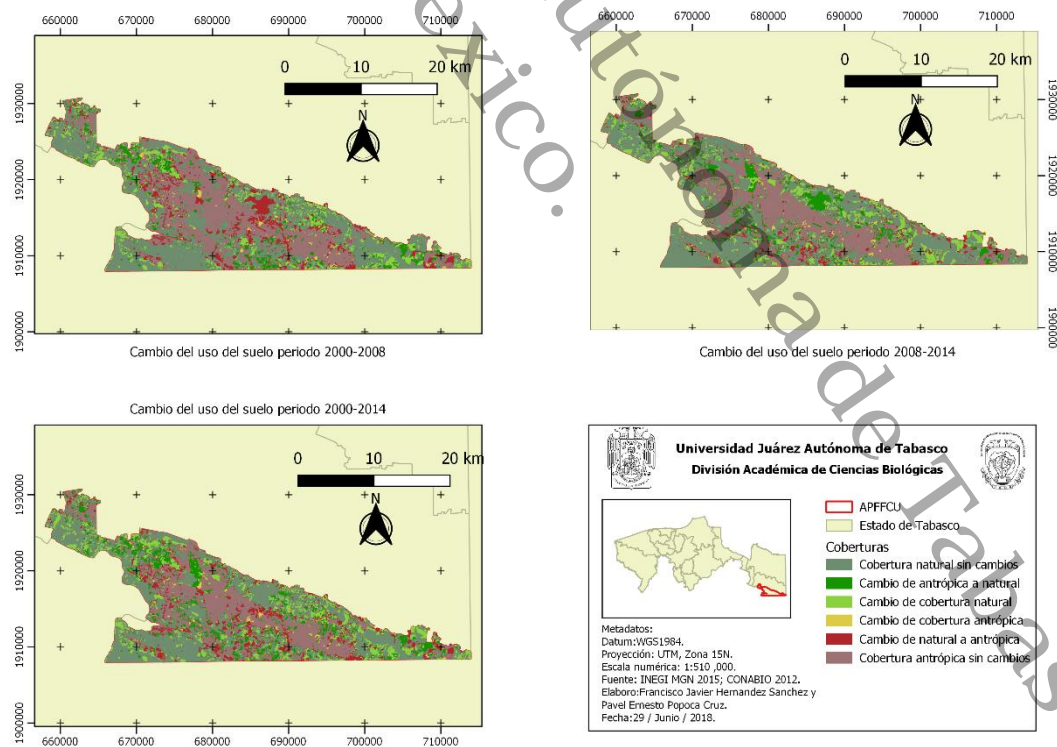
**Mapa 3.** Cambio y uso del suelo del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta (2000,2008 y 2014).



**Mapa 4.** Mapa de cambio del Parque Estatal Agua Blanca (2000,2008, 2014).



Mapa 5. Mapa de cambio del Parque Estatal de la Sierra (2000, 2008, 2014).



Mapa 6. Mapa de cambios del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta (2000, 2008, 2014).

**Mastofauna of the Sierra Tabasqueña**

**Mastofauna de la Sierra Tabasqueña**

**Mastofauna inventory of the Sierra of Tabasco, Mexico**

**CAPITULO III: Inventario mastofaunístico de la Sierra de Tabasco, México**

Francisco Javier **Hernández Sánchez**, Juan de Dios **Valdez Leal\***, Coral Jazvel **Pacheco Figueroa**, Lilia María **Gama Campillo**, Luis José **Rangel Ruíz**, Eduardo **Moguel Ordoñez**, Ena Edith **Mata Zayas**.

División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
Villahermosa-Cárdenas entronque Bosques de Saloya km 0.5 Carr., Villahermosa 86150,  
Tabasco, México. E-mail: javihdez11@hotmail.com (FJHS), jdvaldezleal@yahoo.com.mx  
(JDVL), pachecoral@yahoo.com.mx (CJPF), lillygama@yahoo.com (LMGC),  
ljrangel@msn.com (LJRR), moguel03@hotmail.com (EMO) matazayas@gmail (EEMZ).

\* Corresponding author

**Abstract**

**Introduction:** The Natural Protected Areas of the state of Tabasco are of great importance for fauna conservation. However, they had received little attention and there is not a complete mammal inventory. This present study was carried out in the Agua Blanca State

Park (PEAB), the Sierra of Tabasco State Park (PEST) and the Flora and Fauna Protection Usumacinta Canyon Area (APFFCU). The objective was to estimate the specific richness and community structure of the mammals in the three natural protected areas of the state of Tabasco in order to highlight its importance as a biodiversity conservation area.

**Methods:** Direct and indirect observation methods were used through 500 m transects. Bats were captured with four mist nets, which remained open for five hours after sunset, for three consecutive nights. In addition, 50 Sherman traps were installed for rodents. Signs of mammal's presence were also recorded

**Results:** A total of 1,050 individuals belonging to eight Orders, 20 Families and 59 species were registered. Of the three NPAs, the PEAB had the highest richness with 47 species, followed by the PEST (3) and APFFCU (31). The Chiroptera order was the most representative with 26 species. The most abundant species were the *Artibeus jamaicensis* (n = 137) and *Alouatta villosa* (n = 119). The diversity of orders 1 and 2 showed that the PEAB is the most diverse area. In addition, 16 species were found registered in a protection category by NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Discussion and conclusions:** 39 % of the mammals of Tabasco are represented in these three NPA (two State Parks and one federal reserve), which makes them important for the diversity of this group. This study provides information and detailed advances in knowledge about the mastofauna of ANPs in the Tabasco territory. The taxonomic list may increase as more studies are carried out. The study area represents an important conservation area, with a high diversity of mammal species in the region, as well as

housing a number of protected species. However, these sites face strong problems, such as fragmentation and habitat loss, land use change and hunting.

**Key words:** Diversity, Mammals, Natural Protected Areas, Tabasco, Taxonomic list.

## Resumen

**Introducción:** Las Áreas Naturales Protegidas en el estado de Tabasco, son de gran importancia para la conservación de la fauna. Sin embargo, han recibido poca atención y no existe un inventario completo de su mastofauna. El presente estudio se realizó en el Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), el Parque Estatal de la Sierra de Tabasco (PEST) y el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta (APFFCU). El objetivo fue estimar la riqueza específica y la estructura de la comunidad de los mamíferos en tres áreas naturales protegidas en el estado de Tabasco con el fin de resaltar su importancia como área de conservación de la biodiversidad.

**Métodos:** Se utilizaron métodos de observación directo e indirecto por medio de tres transectos de 500 m. Los murciélagos fueron capturados con cuatro redes de niebla, que permanecieron abiertas durante cinco horas a partir del atardecer durante tres noches consecutivas. Además, se instalaron 50 trampas Sherman para roedores. Los registros también incluyeron rastros de la presencia de mamíferos.

**Resultados:** Se registraron un total de 1,050 individuos pertenecientes a ocho Órdenes, 20 Familias, y 59 especies. De las tres ANP, el PEAB obtuvo la riqueza más alta con 47 especies, seguida del PEST (32) y el APFFCU (31). El orden Chiroptera fue el más

representativo con 26 especies. Con respecto a las especies más abundantes fueron *Artibeus jamaicensis* (n=137) y *Alouatta villosa* (n=119). La diversidad del orden 1 muestra que los mamíferos voladores son los más diversos en las tres ANP. Además, se registraron 16 especies en alguna categoría de protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Discusión y conclusiones:** El 39 % de los mamíferos de Tabasco están representados en estas tres ANP (dos Parques Estatales y una reserva federal), lo que las hace importantes para la diversidad de este grupo. Este estudio proporciona información y avances detallados en el conocimiento sobre la mastofauna de ANPs en el territorio tabasqueño. La lista taxonómica puede aumentar conforme se lleven a cabo más estudios. La zona de estudio representa un área importante de conservación, con una alta diversidad de especies de mamíferos de la región, además de albergar un importante número de especies protegidas. No obstante, estos sitios enfrentan a fuertes problemáticas, como la fragmentación y la pérdida del hábitat, el cambio de uso del suelo y la cacería.

**Palabras claves:** Áreas Naturales Protegidas, Diversidad, Listado taxonómico, Mamíferos, Tabasco.

## Introducción

México concentra una gran diversidad de especies, por lo que es considerado uno de los 12 países megadiversos del mundo (Botello *et al.* 2015). Esta biodiversidad se ve ligada a la historia geológica, posición geográfica y heterogeneidad ambiental, evidenciadas desde sus complejas cadenas montañosas hasta sus extensas planicies costeras (Badii *et al.* 2015; Buenrostro-Silva *et al.* 2016).

El estado de Tabasco se encuentra ubicado en el sur de México y cuenta con una riqueza de 152 especies de mamíferos (Hidalgo-Mihart *et al.* 2016), colindando con los estados de Chiapas y Veracruz, los cuales presentan unas de las más altas riqueza de especies de mamíferos en nuestro país (Rodríguez-Macedo *et al.* 2014; Masés-García *et al.* 2016; Lorenzo *et al.* 2017). Este grupo de fauna es importante para la conservación, siendo las Áreas Naturales Protegidas (ANP), sitios importantes para el estudio de la mastofauna (Chávez *et al.* 2011; Buenrostro-Silva *et al.* 2012; Arroyo-Chacón y Riechers-Pérez 2013; Buenrostro-Silva *et al.* 2015; Cruz-Jácome *et al.* 2015; Buenrostro-Silva *et al.* 2016).

El conocimiento regional de la riqueza de mamíferos en Tabasco es pobre, donde se tienen con pocas publicaciones acerca de la mastofauna (Bello 2004; Sánchez-Hernández *et al.* 2005; Hidalgo-Mihart *et al.* 2016;). En cuanto a los listados de mamíferos para ANP, únicamente se tienen los trabajos de Guzmán y Bello-Gutiérrez, (2006), Castro-Luna *et al.* (2007) y García-Morales *et al.* (2014).

Por lo que es importante realizar inventarios ecológicos sobre la mastofauna de las ANP, que nos permitirán conocer la estructura de las comunidades de mamíferos. El objetivo del presente trabajo fue estimar la riqueza específica y la estructura de la comunidad de los mamíferos en tres áreas naturales protegidas, con el fin de contribuir a generar información para los programas de conservación y manejo de las ANP.



## Materiales y Métodos

### Área de estudio.

La zona de estudio se encuentra comprendida en tres ANP (Figura 9), el Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), decretado el 19 de diciembre de 1987, ubicado en las coordenadas  $17^{\circ} 35' 52''$  y  $17^{\circ} 37' 16''$  latitud Norte y  $92^{\circ} 27' 3.4''$  y  $92^{\circ} 28' 43''$  longitud Oeste, con una extensión territorial de 2,025 ha, que se ubica en el municipio de Macuspana (Vargas-Márquez *et al.* 2001). Tiene un clima cálido húmedo con lluvias todo el año, la temperatura promedio anual fluctúa entre los 23 y 26 °C, mientras la precipitación pluvial anual promedio va de 2,100 a 3,200 mm (Zarco-Espinosa *et al.* 2010).

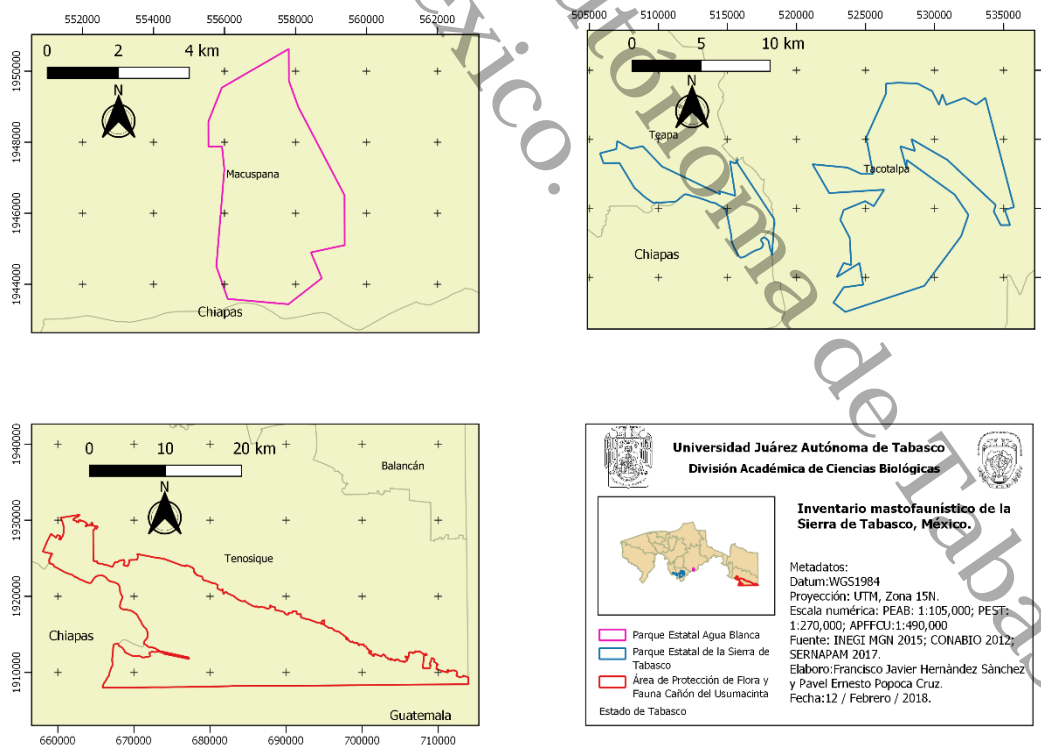


Figura 9. Ubicación geográfica de las ANP en las zonas de montaña del territorio Tabasqueño.

El Parque Estatal la Sierra de Tabasco (PEST), decretado el 24 de febrero de 1988, que se ubica en las coordenadas 17° 25' y 17° 35' latitud norte y 92° 38' y 92° 58' longitud oeste, con una extensión de 15,113.21 ha, localizado en los municipios de Teapa y Tacotalpa (Vargas-Márquez *et al.* 2001). El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año, en el área más lluviosa del País, donde se registran precipitaciones anuales de 3,515 a 5,139 mm (Gallina *et al.* 2012).

El Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta (APFFCU), decretada el 22 de septiembre del 2008, se encuentra ubicada entre las coordenadas 17°14'00" y 17°28'00" latitud norte y 91°32'00" y 90°56'00" longitud oeste, cubriendo una superficie de 46,128 ha (CONANP 2015). Ubicándose en el municipio de Tenosique. El clima predominante es cálido húmedo con lluvias en verano. La temperatura promedio anual de 26 °C y una precipitación promedio de 2,750 mm anual (CONANP 2015).

#### *Trabajo de campo.*

Para el inventario mastofaunístico se seleccionaron seis estaciones de muestreo para cada una las tres ANP. En cada una de estas se trabajó en dos temporadas de muestreo: lluvias 2014 y secas 2015. Para cada temporada, se realizaron muestreos en cada estación por tres días efectivos, utilizando métodos directos e indirectos para la identificación de mamíferos.

Los mamíferos voladores se capturaron mediante cuatro redes de niebla de 12 m de largo, las cuales fueron colocadas dentro de la vegetación y en caminos. Las redes se

abrieron de las 19:00 a 00:00 hrs, con revisiones cada 45 minutos (Buenrostro-Silva *et al.* 2016). Los individuos capturados fueron identificados con la guía de campo para murciélagos de Medellín *et al.* (2008). Todos los organismos se liberaron en el sitio de captura.

Los mamíferos pequeños (roedores) se capturaron con 50 trampas tipo Sherman, utilizando como cebo una mezcla de avena, vainilla y crema de cacahuete (Briones-Salas 2000; Santos-Moreno y Ruiz-Velasquez 2011). Fueron colocadas en un transecto de 500 m, cada trampa con una distancia de 10 m entre sí y activadas en la tarde (18:00 hrs). Para ser revisadas a la mañana siguiente (7:00 hrs) y donde se realizó la identificación de los individuos capturados con el apoyo de la guía de campo de Reid (2009), así como la identificación por fotografías por parte de la Dra. Ena Edith Mata Zayas, quien es experta en este grupo.

Para los mamíferos medianos y grandes se establecieron tres transectos de 500 m de largo y con ancho variable en cada estación de muestreo, donde se realizaron recorridos diurnos, (5:00 a 9:00 hrs), así como nocturnos (19:00 a 22:00 hrs). Se consideraron registros auditivos por medio de la vocalización de mamíferos, también se realizaron observaciones de excretas, madrigueras, restos de huesos y huellas. Los rastros de mamíferos fueron identificados con ayuda del manual de rastreo de Mamíferos silvestres de México (Aranda 2012). De manera general la nomenclatura taxonómica de las especies se basó en la propuesta por Ramírez-Pulido *et al.* (2014).

*Análisis de datos.*

La riqueza específica se calculó como el número de especies registradas en el área de estudio, mediante el conteo directo de las especies por ANP. Para conocer la representatividad del esfuerzo de colecta, se utilizó el estimador no paramétrico de Chao 2 determinado con el programa EstimateS versión 9.0 para construir una curva de acumulación de especies mediante una matriz de presencia-absencia. Los datos se aleatorizaron 100 veces con el fin de reducir el efecto que el modelo puede causar en la forma de la curva de acumulación de especies observadas (Colwell 2013).  $Chao_2 = S + L^2 / 2M$ , donde: L = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”), y M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (Moreno 2001). Así mismo, para evaluar las diferencias de la riqueza de especies y la temporalidad (lluvias y secas) entre las ANP se empleó el análisis de varianza de Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ). La abundancia se consideró como el número de registro de cada especie por ANP, vegetación y por época de muestreo.

La diversidad (números efectivos de especies), se analizaron por métodos de muestreo en cada ANP, las medidas fueron. Orden 1, en la cual todas las especies son consideradas en el valor de diversidad, ponderadas proporcionalmente según su abundancia en la comunidad (Hill 1973; Jost 2006; Tuomisto 2010, 2011; Moreno *et al.* 2011).

${}^1D = \exp(H') = \exp[-\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i]$ , donde:  ${}^1D$ : Diversidad verdadera del orden 1,  $\exp(H')$  = Exponencial de índice de Shannon,  $p_i$  = Es la abundancia relativa y S = Es el número de especies. Para calcular los números efectivos de especies se utilizó el programa Spade R. (Chao *et al.* 2015).

La comparación entre las tres ANP, se realizó a partir del índice de similitud de Jaccard (Moreno 2001), que utiliza datos cualitativos. El intervalo de valores para este índice va de cero cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta uno cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.  $I_j = c/a + b - c$ , donde: a = número de especies presentes en el sitio A, b = número de especies presentes en el sitio B, c = número de especies presentes en ambos sitios A y B (Moreno 2001). Se utilizó el programa EstimateS versión 9.0.0 (Colwell 2013).

En este trabajo las categorías de los gremios se establecieron a partir de la propuesta de González-Salazar *et al.* (2014). Las categorías fueron: Carnívoros, Frugívoros, Granívoros, Hematófaga, Herbívoros, Insectívoro, Nectarívoros y Omnívoros. El estado de conservación de especies en México se basa en la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010).

### Resultados

En las ANP estudiadas se registraron 1,050 individuos de 59 especies, los cuales se encuentran estructurados en ocho órdenes y 20 familias (Tabla 19). El orden Chiroptera fue el mejor representado con una riqueza de 26 especies y abundancia de 583 individuos, seguido por Rodentia con 12 especies y 144 individuos. Las especies más abundantes durante el estudio, fueron el *Artibeus jamaicensis* (n=137) y el *Alouatta villosa* (n=119).

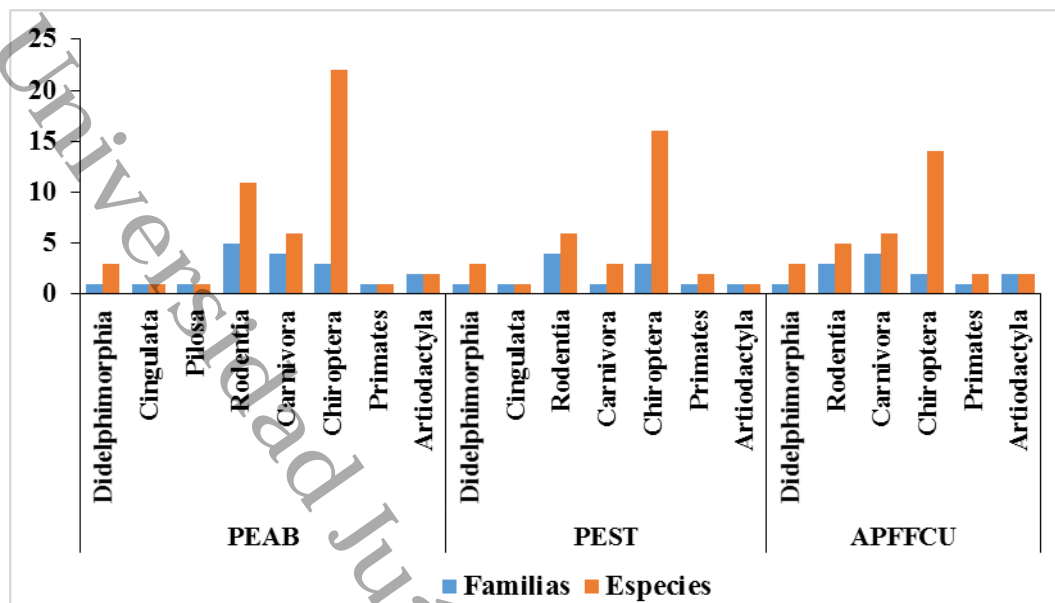


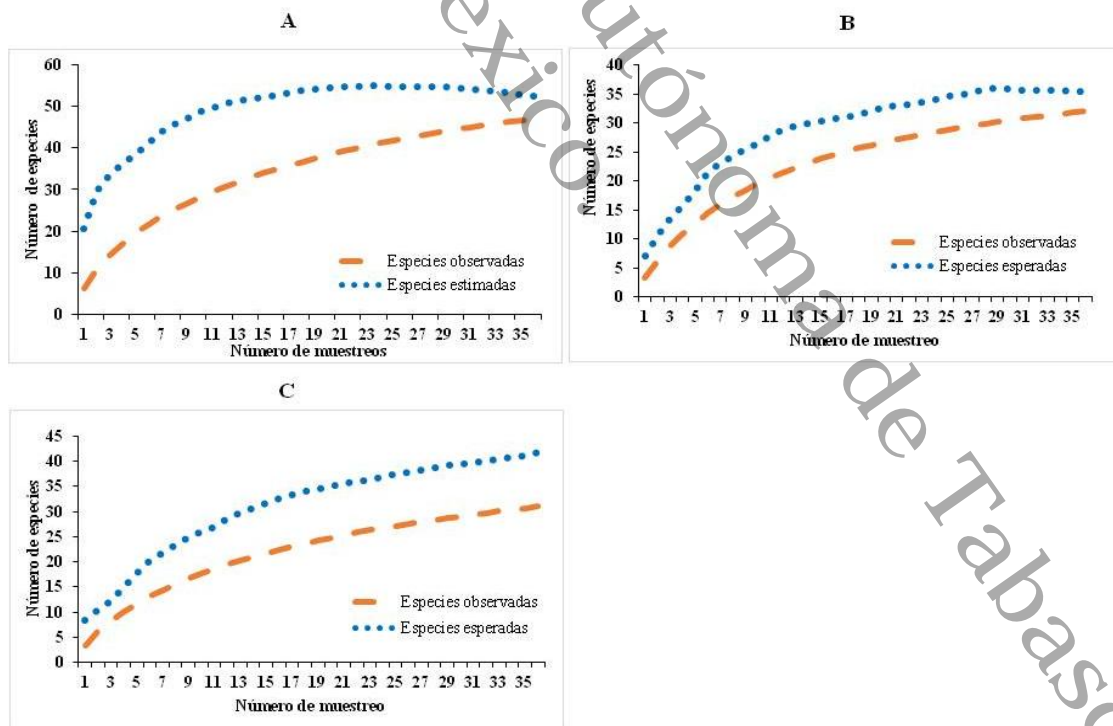
Figura 10. Composición taxonómica de mamíferos en tres ANP del estado de Tabasco.

En el PEAB se registraron ocho órdenes, 18 familias y 47 especies, con una abundancia de 505 individuos. Siendo el ANP con el mayor número de registros (Figura 10). La curva de Chao 2 presentó un comportamiento asintótico, permitiendo registrar el 90% (47 especies observadas de las 52.42 esperadas) de las especies estimadas para el área (Figura 11). De acuerdo al tipo de vegetación se identificaron 35 especies y 202 individuos en la selva, el acahual registró 30 especies y 238 individuos, mientras que el pastizal 12 especies y 65 individuos. La época de lluvias fue la más rica con 31 especies y la más abundante con 227 individuos.

En el PEST se observaron seis órdenes y 12 familias conformando una riqueza de 32 especies y 221 individuos (Figura 10). El estimador Chao 2 muestra que se han registrado el 90.39% de las especies estimadas (32 especies observadas de las 35.4 esperadas; Figura 11). La selva fue la más rica con 24 especies y 94 individuos, seguida del acahual con 22 especies y 94 individuos, y por último el pastizal con 16 especies y 39 individuos. La temporada de secas resultó ser la más rica con 25 especies, y menos

abundante con 83 individuos, mientras que en lluvias se registraron 24 especies y 138 individuos.

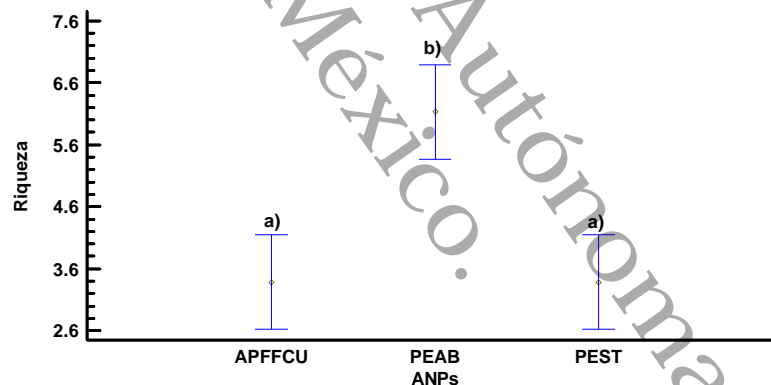
En el APFFCU se obtuvieron cinco órdenes, 13 familias, 31 especies y 324 individuos (Figura 10). El estimador Chao 2 predice que se registró el 74.35% de las especies estimadas (31 especies observadas de las 41.69 esperadas; Figura 11). El acahual fue el más rico 19 especies y una abundancia de 48 individuos, mientras que en la selva y pastizal se registra una riqueza de 16 especies respectivamente, siendo más abundante la selva (179) que pastizal (97). La época de secas resulto fue la más rica con 25 especies, pero menos abundante con 83 individuos. Mientras que las lluvias, se registraron 24 especies y 209 individuos.



**Figura 11.** Curva de acumulación de especies de la mastofauna de tres ANP del estado de Tabasco. A) Parque Estatal Agua Blanca, B) Parque Estatal de la Sierra de Tabasco y C) Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta.

De las 59 especies observadas, 19 se encuentran presentes en las tres ANP. Compartidas entre el PEAB y PEST hay 25 especies. Entre el PEST y APFFCU hay 23 y entre el PEAB y APFFCU hay 22 (Tabla 19).

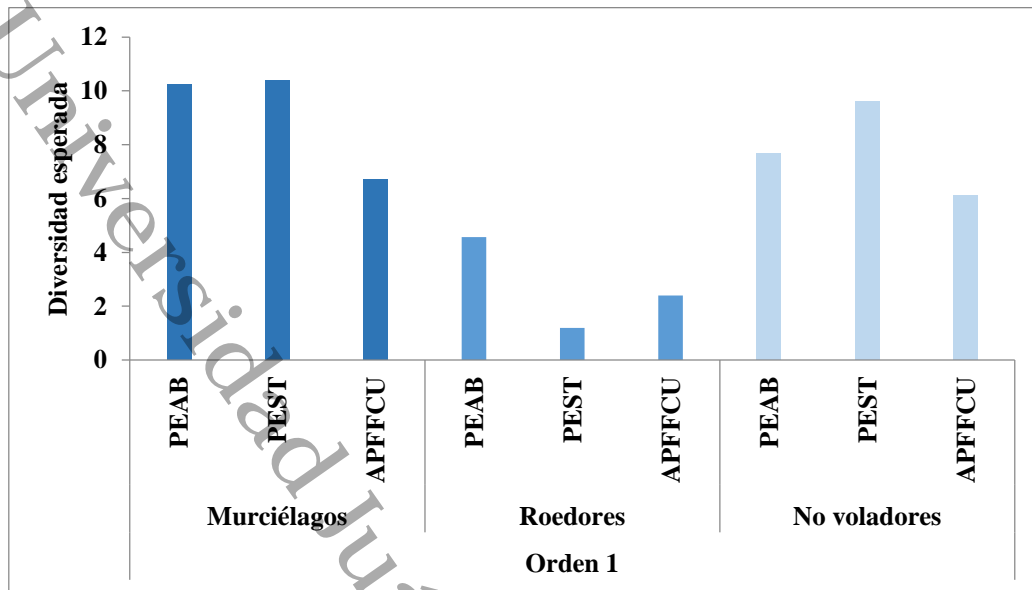
El análisis de varianza de Kruskal-Wallis mostró diferencias altamente significativas ( $p=0.00026$ ) entre la riqueza de especies provenientes de las tres ANP. El PEAB presentó los valores de riqueza más altos ( $6.13 \pm 4.25$ ; promedio: D.E) con respecto al PEST y APFFCU, quienes no mostraron diferencias significativas entre ellas ( $3.38 \pm 2.38$ ; promedio: D.E) (Figura 12). Por otro lado, con respecto a la temporalidad (lluvias y secas) no se encontraron diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ).



**Figura 12.** Valores de riqueza de especie en tres ANP (Prueba de K-W). Letras desiguales indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

La diversidad verdadera del orden 1 por métodos de muestreo para cada ANP, indica que en el PEST ( $ID=10.32$ ), PEAB ( $ID=10.24$ ) y el APFFCU (6.69), la diversidad más alta fue para el grupo de los murciélagos. Mientras que la diversidad más baja fue para los roedores en las tres ANP (Figura 13).

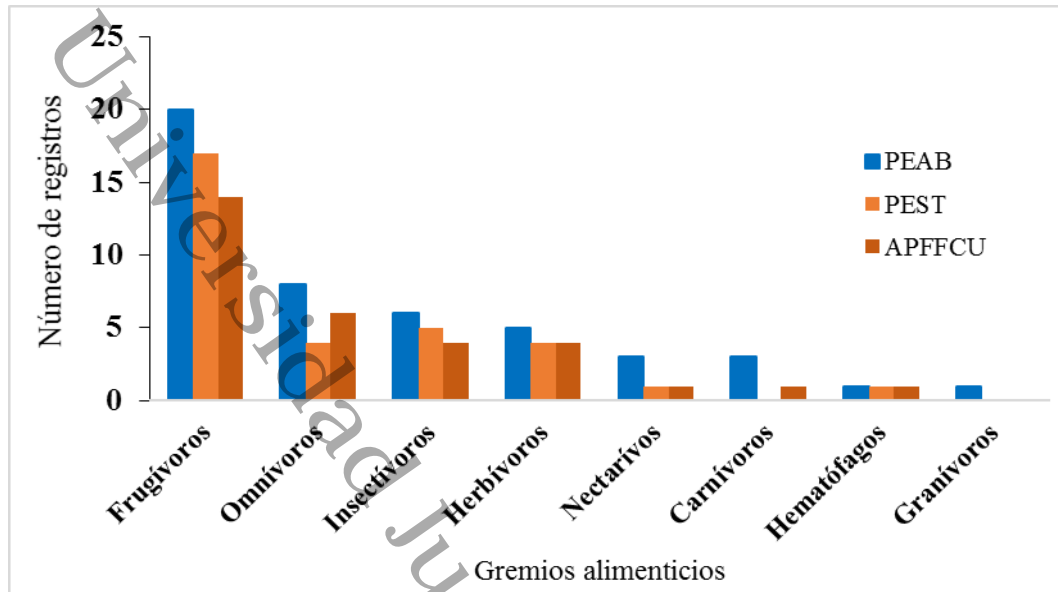




**Figura 13.** Comparación de la diversidad del orden 1 de la mastofauna entre métodos de muestreo en cada ANP.

Comparando la composición mastofaunística entre el PEST y el APFFCU, se obtuvo un índice de similitud de Jaccard de 0.53. En estas dos ANP se registraron 22 especies compartidas y 19 especies no comunes. La comparación entre el PEAB y el PEST, nos indica que tiene un 0.46 de similitud, donde se cuenta con 25 especies compartidas y 29 especies no comunes. Por último, la comparación entre el PEAB y el APFFCU muestra la menor similitud (0.41), obteniéndose 23 especies compartidas y 32 especies no comunes.

Se identificaron especies de ocho tipos de gremios de acuerdo al tipo de alimentación (Figura 14). Donde los frugívoros fueron los más representativos en el presente trabajo. Los menos representados fueron los nectarívoros, carnívoros y hematófagos. De forma particular en el PEAB, se registraron los ocho gremios identificados para todo el estudio.



**Figura 14.** Estructura de los gremios alimenticios en el área de estudio.

Con respecto a las especies protegidas en alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010, se observaron 16 especies, de las cuales seis se encuentran en Peligro de Extinción (P), seis Amenazadas (A) y cuatro Sujetas a Protección Especial (Tabla 19). Dos especies estuvieron presentes en las tres ANPs, y fueron *A. villosa* (P) y *Potos flavus* (P). En el PEAB se registró el mayor número de especies normadas con 11 especies, seguida por el PEST y APFFCU con seis cada una.

**Tabla 19.** Listado de mamíferos registrados en tres ANP del estado de Tabasco, México.

Orden	Familia	Especies	Ind	Gremios	Nom-059	ANP
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama temama</i>	4	He	-	3
		<i>Odocoileus virginianus</i>	1	He	-	1
	Tayassuidae	<i>Dicotyles crassus</i>	29	He	-	1,2,3
Carnívora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	1	Om	-	3
		<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	5	Om	-	1,3
	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	2	Ca	P	1
		<i>Leopardus wiedii</i>	1	Ca	P	3
	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i>	1	In	Pr	3
	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	1	Om	P	1

Orden	Familia	Especies	Ind	Gremios	Nom-059	ANP		
	Procyonidae	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	13	Fr	Pr	2,3		
		<i>Nasua narica</i>	10	Om	-	1		
		<i>Potos flavus</i>	45	Fr	Pr	1,2,3		
		<i>Procyon lotor</i>	5	Om	-	1,2		
Chiroptera	Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	1	In	-	3		
		<i>Pteronotus parnellii</i>	10	In	-	1,3		
	Natalidae	<i>Natalus stramineus</i>	1	In	-	2		
	Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	137	Fr	-	1,2,3		
		<i>Artibeus lituratus</i>	107	Fr	-	1,2,3		
		<i>Carollia perspicillata</i>	36	Fr	-	1,2,3		
		<i>Carollia sowelli</i>	78	Fr	-	1,2,3		
		<i>Centurio senex</i>	11	Fr	-	1,2,3		
		<i>Choeroniscus godmani</i>	1	Ne	-	1		
		<i>Chrotopterus auritus</i>	1	Ca	A	1		
		<i>Dermanura phaeotis</i>	31	Fr	-	1,2,3		
		<i>Dermanura tolteca</i>	1	Fr	-	1		
		<i>Dermanura watsoni</i>	11	Fr	Pr	1,2		
		<i>Desmodus rotundus</i>	14	Hem	-	1,2,3		
		<i>Glossophaga soricina</i>	69	Ne	-	1,2,3		
		<i>Hylonycteris underwoodi</i>	1	Ne	-	1		
		<i>Lophostoma evotis</i>	2	In	A	1		
		<i>Mimon cozumelae</i>	1	In	A	2		
		<i>Mormoops megalophylla</i>	1	In	-	3		
		<i>Platyrrhinus helleri</i>	7	Fr	-	1,2,3		
		<i>Sturnira hondurensis</i>	27	Fr	-	1,2		
		<i>Sturnira parvidens</i>	20	Fr	-	1,3		
		<i>Trachops cirrhosus</i>	1	Ca	A	1		
		<i>Uroderma bilobatum</i>	5	Fr	-	1,2,3		
		<i>Vampyressa thuyone</i>	6	Fr	-	1,2		
		Vespertilionidae	<i>Bauerus dubiaquercus</i>	1	In	-	2	
			<i>Myotis keaysi</i>	2	In	-	1	
		Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	6	In	-	1,2
		Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Caluromys derbianus</i>	2	Fr	A	1
	<i>Didelphis marsupialis</i>			6	Om	-	1,2,3	
<i>Didelphis virginiana</i>	3			Om	-	2,3		

Orden	Familia	Especies	Ind	Gremios	Nom-059	ANP
		<i>Philander opossum</i>	6	Om	-	1,2,3
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	1	In	P	1
Primates	Atelidae	<i>Alouatta villosa</i>	119	Fr	P	1,2,3
		<i>Ateles geoffroyi</i>	62	Fr	P	2,3
Rodentia	Cricetidae	<i>Oryzomys alfaroi</i>	14	Gra	-	1
		<i>Oryzomys couesi</i>	4	Om	-	1
	Cricetidae	<i>Oryzomys rostratus</i>	1	He	-	1
		<i>Otodylomys phyllotis</i>	7	Fr	-	1
		<i>Peromyscus mexicanus</i>	28	In	-	1,2,3
		<i>Sigmodon toltecus</i>	23	Om	-	1,3
		<i>Tylomys nudicaudus</i>	1	He	-	2
	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	10	He	-	1,2,3
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta mexicana</i>	6	Fr	-	1,2
	Erethizontidae	<i>Coendou mexicanus</i>	1	Fr	A	1
Sciuridae	<i>Sciurus aureogaster</i>	39	He	-	1,2,3	
	<i>Sciurus deppei</i>	10	Fr	-	1,2,3	

Ind=Individuos, Ca = carnívoro, Fr = frugívoro, He = herbívoro, Hem = hematófago, In = insectívoro, Ne = nectarívoro, Om = omnívoro.

A = Amenazadas, P = Peligro de extinción, Pr = Protección especial. 1= Parque Estatal Agua Blanca, 2= Parque Estatal de la Sierra, 3=

Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta.

## Discusión

Las ANP analizadas registraban una riqueza mastofaunística de 68 especies (Guzmán y Bello-Gutiérrez 2006; Castro-Luna *et al.* 2007; García-Morales *et al.* 2011, 2014). El presente trabajo registro 16 especies que no se habían registrado para la zona de estudio. Lo que incrementa los registros para esta zona a 84 especies de mamíferos, que corresponde al 55 % de la mastofauna de Tabasco. Esto se debe a que existe una falta de estudios mastofaunísticos en la región, ya que los que existen están dirigidos principalmente a los quiropteros, dejando de lado el resto de órdenes. Por lo que es

importante mantener la continuidad del monitoreo de los mamíferos de esta región, para poder identificar las principales problemáticas que enfrentan este grupo en Tabasco, así como las probables estrategias para su conservación y manejo.

El PEAB registró la mayor riqueza en este trabajo con 47 especies. Estudios como Castro-Luna *et al.* (2007), y García-Morales *et al.* (2014), en conjunto registraron 34 especies de murciélagos en el PEAB. Este trabajo aporta 27 especies que no se tenían reportados para esta ANP. siendo el area con mayor diversidad de mamíferos hasta el momento con una riqueza de 65 especies, lo cual corresponde al 42.7 % de la mastofauna de Tabasco. Los quiropteros, carnívoros y roedores son los que incrementan esta riqueza. Esto debe estar asociado principalmente a que quiropteros y carnívoros tienen estrategias más eficientes de desplazamiento, lo que les permite buscar alimento, refugio o pareja en las áreas aledañas. Los roedores son el orden más numeroso de los mamíferos, tienen un papel clave en la estructura y función de las comunidades vegetales (Ceballos y Oliva 2005), y su abundancia se relaciona con la disponibilidad de recursos del sotobosque. El PEAB ofrece por lo tanto una cantidad de cobertura que permite tener alimento disponible y especialmente sitios de refugio para desplazarse y protegerse de sus depredadores. Por lo que este Parque es el que ofrece el mejor hábitat para este grupo.

En el PEST se registraron 16 especies que no se habían reportado para la zona. En conjunto con los estudios de García-Morales *et al.* (2011, 2014), se incrementó la riqueza de la mastofauna de esta ANP a 50 mamíferos lo que corresponde al 30.8 % de los reportados para Tabasco. Los quiropteros y roedores, son los que incrementan esta riqueza, similar a lo observado en el PEAB pero con un menor número de especies. Tal como lo

sugiere Rangel *et al.* (2004), es probable que el PEAB y PEST formen parte de un mismo sistema de cobertura vegetal, que se ha visto altamente fragmentado. De estas dos ANP el PEST ha sufrido la mayor fragmentación (Salazar *et al.* 2004), por lo que se refleja en una menor riqueza, pero con estructuras de quiropteros y roedores similares.

La riqueza obtenida en el APFFCU en el presente trabajo, y en conjunto con otros estudios (Guzmán y Bello-Gutiérrez 2006 y García-Morales *et al.* 2014), incrementa el número de especies a 44, aportando el registro de 10 especies más para esta zona. En relación a las otras dos ANP, esta reserva puede tener disminuida su riqueza por presentar mayores niveles de fragmentación del hábitat (Velasco 2010). Aunque hay más especies de carnívoros, la abundancia de estas es baja, así como se ha detectado la presencia de *Canis latrans* quienes son generalistas, omnívoros y oportunistas (Grajales-Tam y González-Romero 2014), lo que puede indicar un efecto de la alta fragmentación en esta ANP.

En cada ANP analizadas se obtuvo una riqueza menor a los resultados que presentan otras investigaciones en ANP de diferentes estados, pero estas muestran un mayor esfuerzo de muestreo. De lo anterior se pueden destacar las investigaciones de Horvath *et al.* (2001), con 52 especies, Monroy-Vilchis *et al.* (2011) con 54, y Zalapa *et al.* (2014) con 59. Además, se puede considerar que cuentan con mayor riqueza por el uso de otras técnicas utilizadas, además del tamaño de las áreas de muestreo, por lo cual, las comparaciones entre los valores de riqueza de especies deben tomarse con reserva.

Chiroptera es el orden con mayor número de especies (44%, 26 especies) del área de estudio, y el 17% (83 especies) de los murciélagos enlistados para el estado (Hidalgo-

Mihart *et al.* 2016). En segundo lugar, fue el orden Rodentia, donde los registros equivalen al 52 % (23 especies) de los roedores de Tabasco. Estos dos órdenes son los más representativos para cada una de las ANP muestreadas y coinciden con los resultados de Guzmán y Bello-Gutiérrez (2006), Arrollo *et al.* (2013) y Rodríguez-Macedo *et al.* (2014). Estas dos órdenes son mejor representadas debido a que son los principales componentes de la riqueza de especies de mamíferos en México (Retana y Lorenzo 2002, Arroyo-Chacón y Riechers-Pérez 2013).

El índice de diversidad del orden *ID* muestra que los murciélagos son los más diversos en las tres ANP, estos datos nos indica la importancia que tiene este grupo para estos sitios, debido a que representan el mayor número de especies y abundancia. Estos datos concuerdan con la alta diversidad registrada por Guzmán y Bello-Gutiérrez (2006); Castro-Luna *et al.* (2007) y García- Morales *et al.* (2011). La menor diversidad registrada es para los roedores en las tres ANP, Cabe destacar que por la naturaleza del índice de diversidad, las especies, que generalmente fueron poco abundantes, tienen poco peso sobre el valor de diversidad verdadera (Moreno *et al.* 2011).

En el área de estudio, se registraron mamíferos que, debido a sus hábitos alimenticios, son parte esencial en el mantenimiento del funcionamiento del ecosistema a través de los servicios ecosistémicos en que participan. En las tres ANP, se registró como gremio trófico dominante a los frugívoros con 22 especies que corresponden al 37 % de las especies registradas. Siendo los murciélagos los mejor representados. Estas especies son fundamentales en el proceso de regeneración de la vegetación por su importancia en la

dispersión de semillas (Alves- Costa y Eterovick 2007; Amato & Estrada 2010; García-Morales *et al.* 2012; Gordillo *et al.* 2015).

Dos de los cinco felinos presentes en Tabasco se reportan en las tres ANP estudiadas. En el PEAB se registró a *Leopardus pardalis* y en el APFFCU se observó al *Leopardus wiedii*. La presencia de estas especies nos indica que las ANP están ofertando recursos suficientes para su mantenimiento. Estos felinos son buenos indicadores del estado de conservación de un sitio por sus requerimientos en ámbito hogareño, hábitat y el tipo de presas que consumen (Feldhamer *et al.* 2003; Almazán-Catalán *et al.* 2013;). Como *Odocoileus virginianus*, *Dicotyles crassus*, *Dasypus novemcinctus* y *Cuniculus paca* que habitan ahí. Pero, estas especies presa tienen una fuerte amenaza en la zona por cacería debido al consumo de su carne y el uso medicinal como los más frecuentes (Horvath *et al.* 2001, Monroy-Vilchis *et al.* 2008, 2011). Por lo que es relevante se mantengan estrategias de protección, sino estas poblaciones disminuirán haciendo desaparecer a los felinos.

En las ANP se registraron la presencia de los murciélagos *Centurio senex*, *Chrotopterus auritus*, *Mimon cozumelae*, *Trachops cirrhosus* y *Vampyressa thuyone*, dichas especies son importantes como indicadoras de la calidad del hábitat, debido a que son sensibles a la modificación del mismo (Galindo-González 2004; García-Morales *et al.* 2014). Un caso relevante es el de *C. auritus* que es carnívoro, de presas proporcionalmente de gran tamaño y bajas densidades; registrado en el PEAB, se considera que el ANP está ofreciendo un hábitat que cumple con su oferta alimenticia a pesar de ser el área que cuenta con la menor superficie respecto a las otras dos ANP.



El PEAB es un sitio de gran importancia para la Sierra del estado de Tabasco por presentar una alta riqueza, diversidad de especies y de gremios alimenticios. Representa un refugio único para las especies que se encuentran en algún estatus de protección. De las 59 especies observadas en la zona, el 23 % se encuentran incluidas en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Esto datos equivalen al 21 % de los mamíferos protegidos en Tabasco (Valdez-Leal *et al.* en prensa 2018). En contraste con otros estudios es mayor de lo encontrado en ANP particulares y federales (Hernández-Flores y Rojas-Martínez 2010; Buenrostro *et al.* 2016). Este particular incremento en el PEAB se debe a que cuenta de forma aledaña una reserva privada no registrada. Adicionalmente hay estrategias que favorecen el manteniendo de la biodiversidad, por medio de los proyectos que trabajan con la Agencia de Desarrollo Sustentable en la Microrregión Agua Blanca, lo favorece el mantenimiento de la cobertura y conectividad. Por lo que es una ANP, que a pesar de su tamaño, cuenta con aliados estratégicos en sus alrededores, con los que protege de forma más eficiente su biodiversidad.

El PEAB es la ANP que presenta las especies más relevantes para la conservación, tales como: el *L. pardalis*, el *C. auritus*, así como el *A. villosa*. Este último se encuentra dentro de las especies prioritarias para la conservación en México. Por lo que esta ANP no sólo contribuye a la conservación de la mastofauna tabasqueña sino del país.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a todos aquellos técnicos de campo, tesistas y voluntarios que apoyaron en las actividades de muestreos de campo, a la Unidad de Vinculación Productos

y Servicios (UVPyS) de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT por facilitarnos sus vehículos para el traslado a los sitios. Así como al financiamiento por parte de los proyectos de investigación financiado por CONABIO (GI-DACBIOL-02-213) y del Programa de Fomento a la Investigación 2013 (UJA-2013-1A-18).

### Literatura citada

- ALMAZÁN-CATALÁN, J. A., C. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, F. RUÍZ-GUTIÉRREZ, M. ROMERO-ALMARAZ, A. TABOADA-SALGADO, E. BELTRÁN-SÁNCHEZ, Y L. SÁNCHEZ-VÁZQUEZ. 2013. Registros adicionales de felinos del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:347-359.
- ALVES-COSTA, C. P., Y P. C. ETEROVICK. 2007. Seed dispersal services by coatis (*Nasua narica*, Procyonidae) and their redundancy with other frugivores in southeastern Brazil. *Acta Oecologica* 32:77-92.
- AMATO, R. K., Y A. ESTRADA. 2010. Seed dispersal patterns in two closely related howler monkey species (*Alouatta palliata* and *A. pigra*): a preliminary report of differences in fruit consumption, traveling behavior, and associated dipterid beetle assemblages. *Neotropical Primates* 17:59-66.
- ARANDA, J. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Ciudad de México, México.
- ARROYO CHACÓN, E., Y A. RIECHERS PÉREZ. 2013. Riqueza, abundancia y diversidad de mamíferos silvestres entre hábitats en el Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México. *Therya* 4:647-676.

- BADIL, M., A. GUILLEN, C. RODRÍGUEZ, O. LUGO, J. AGUILAR, Y M. ACUÑA.** 2015. Pérdida de Biodiversidad: Causas y Efectos. *Revista International Journal of Good Conscience* 10:156-174.
- BELLO, J.** 2004. Mamíferos del estado de Tabasco: Diversidad y especies amenazadas. *Kuxulkab' Revista de divulgación* 9:5-9.
- BOTELLO, F., SARKAR, S., Y V. SÁNCHEZ-CORDERO.** 2015. Impact of habitat loss on distributions of terrestrial vertebrates in a high-biodiversity region in Mexico. *Biological Conservation* 184:59-65.
- BRIONES-SALAS, M.** 2000. Lista anotada de los mamíferos de la región de la cañada, en el valle de Tehuacan-Cuicatlan, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 81:83-103.
- BUENROSTRO-SILVA, A., B. PINACHO-LÓPEZ, Y J. GARCÍA-GRAJALES.** 2016. Diversidad de mamíferos en una reserva privada de la Sierra Sur de Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4:111-122.
- BUENROSTRO-SILVA, A., D. S. PÉREZ, Y J. GARCÍA-GRAJALES.** 2015. Mamíferos carnívoros del Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México: riqueza, abundancia y patrones de actividad. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)* 5:39-54.
- BUENROSTRO-SILVA, A., M. ANTONIO-GUTIÉRREZ, Y J. GARCÍA-GRAJALES.** 2012. Mamíferos del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y La Tuza de Monroy, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28:56-72.
- CASTRO-LUNA, A., V. SOSA, Y G. CASTILLO-CAMPOS.** 2007. Bat diversity and abundance associated with the degree of secondary succession in a tropical forest mosaic in south-eastern Mexico. *Animal Conservation* 10:219-228.

- CEBALLOS, G., Y G. OLIVA.** 2005. Mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México.
- CHAO, A., K.M. MA, T.H. HSIEH, Y C.H. CHIU.** 2015. Online Program SpadeR (Species-richness Prediction and Diversity Estimation in R). Program and User's Guide published at <https://chao.shinyapps.io/SpadeR/>. Consultado el 6 de abril de 2018.
- CHÁVEZ, C., J. A. MOGUEL, M. GONZÁLEZ GALVÁN, Y D. M. GUIRIS.** 2011. Abundancia relativa de tres ungulados en la Reserva de la Biosfera la Sepultura, Chiapas, México. *Therya* 2:111-124.
- COLWELL, R.** 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 9.0.0. Consultado el 21 de febrero de 2018.
- CONANP (COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS).** 2015. Programa de manejo, Área de protección de flora y fauna Cañón del Usumacinta. [http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/pdf/programas\\_manejo/2015/Canon del Usumacinta. pdf](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2015/Canon_del_Usumacinta.pdf). Consultado el 10 de marzo de 2018.
- CRUZ-JÁCOME, O., E. LÓPEZ-TELLO, C. A. DELFÍN-ALFONSO, Y S. MANDUJANO.** 2015. Riqueza y abundancia relativa de mamíferos medianos y grandes en una localidad en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. *Therya* 6:435-448.
- FELDHAMER G. A., B. C. THOMPSON, J. A. CHAPMAN.** 2003. Wild mammals of North America. Biology, management and economics. 2da edición. The John Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- 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* 20:239-243.

- GALLINA, S., J. PÉREZ-TORRES, Y C. C. GUZMÁN-AGUIRRE.** 2012. Use of the paca, *Cuniculus paca* (Rodentia: Agoutidae) in the Sierra de Tabasco State Park, México. *Revista de Biología Tropical* 60:1345-1355.
- GARCÍA-MORALES, R; C. MORENO, Y J. BELLO-GUTIÉRREZ.** 2011. Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas: El número de especies efectivas de murciélagos en el sureste de Tabasco, México. *Therya* 2:205-215.
- GARCÍA-MORALES, R., L. CHAPA -VARGAS, J. GALINDO-GONZÁLEZ, Y E. I. BADANO.** 2012. Seed dispersal among three different vegetation communities in the Huasteca region, Mexico, analyzed from bat feces. *Acta Chiropterologica* 14:357-367.
- GARCÍA-MORALES, R., E. J. GORDILLO-CHÁVEZ, J. VALDEZ-LEAL, Y C. PACHECO-FIGUEROA.** 2014. Las áreas naturales protegidas y su papel en la conservación de los murciélagos del estado de Tabasco, México. *Therya* 5:725-736.
- GONZÁLEZ-SALAZAR, C., E. MARTÍNEZ-MEYER, Y G. LÓPEZ-SANTIAGO.** 2014. A hierarchical classification of trophic guilds for North American birds and mammals. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:931-941.
- GORDILLO-CHÁVEZ, E., E. MATA, R. GARCÍA-MORALES, M. MORALES, C VILLANUEVA, Y J. VALDEZ-LEAL.** 2015. Mastofauna del humedal Chaschoc-Sejá en Tabasco, México. *Therya* 6:535-544.
- GRAJALES-TAM, K. M., Y A. GONZÁLEZ-ROMERO.** 2014. Determinación de la dieta estacional del coyote (*Canis latrans*) en la región norte de la Reserva de la Biosfera Mapimí, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:553-564.
- GUZMÁN, C., Y J. BELLO-GUTIÉRREZ.** 2006. Mamíferos de Boca del Cerro Tenosique, Tabasco, México. *Kuxulkab´ Revista de Divulgación* 11:75-84.

- HERNÁNDEZ-FLORES, S., Y A. ROJAS-MARTÍNEZ.** 2010. Lista actualizada y estado de conservación de los mamíferos del parque nacional el chico, Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* 26:563-583.
- HIDALGO-MIHART, M., F. CONTRERAS-MORENO, A. DE LA CRUZ, D. JIMÉNEZ-DOMÍNGUEZ, R. JUÁREZ-LÓPEZ, S. OPORTO-PEREGRINO, Y R. ÁVILA-FLORES.** 2016. Mamíferos del estado de Tabasco, México. Pp. 441-472. 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 J. E. Sosa-Escalante, Eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. y Universidad de Guanajuato. Ciudad de México, México.
- Hill, M. O.** 1973. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology* 54:427-432.
- HORVATH, A., R. VIDAL, Y R. SARMIENTO.** 2001. Mamíferos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5:6-26.
- JOST, L.** 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- LORENZO, C., J. BOLAÑOS-CITALÁN, E. SÁNTIZ, Y D. NAVARRETE.** 2017. Diversidad y conservación de los mamíferos terrestres de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:735-754.
- MASÉS-GARCÍA, C. A., M. BRIONES-SALAS, Y J. E. SOSA-ESCALANTE.** 2016. Análisis del manejo y aprovechamiento legal de los mamíferos silvestres de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:497-507.

- MEDELLÍN, R. A., H.T. ARITA, Y O. SÁNCHEZ.** 2008. Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo, 2da edición. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Moreno, C. E.** 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Cooperación Iberoamericana Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-UNESCO ORCYT-Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España.
- MORENO, C. E., F. BARRAGÁN, E. PINEDA, Y N. P. PAVÓN.** 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1249-1261.
- MONROY-VILCHIS, O., M. ZARCO-GONZÁLEZ. RAMÍREZ-PULIDO, Y U. AGUILERA-REYES.** 2011. Diversidad de mamíferos de la Reserva Natural Sierra Nanchitla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:237-248.
- MONROY-VILCHIS, O., L. CABRERA, P. SUÁREZ, M. ZARCO-GONZÁLEZ. C. RODRÍGUEZ-SOTO, Y V. URIOS.** 2008. Uso tradicional de vertebrados silvestres en la Sierra Nanchititla, México. *Interciencia* 33:308-313.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., N. GONZÁLEZ-RUIZ, A. L. GARDNER. Y J. ARROYO-CABRALES.** 2014. List of Recent Land Mammals of Mexico. Special Publications of the Museum of Texas Tech University 63:1-69.
- RANGEL, L., J. GAMBOA Y F. ALEGRÍA.** 2004. Diversidad malacológica en la región maya. II: "Parque Estatal Agua Blanca", Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20:55-62.
- REID, A.** 2009. A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast México. 2da ed. Oxford University Press. Oxford, EE.UU.

- RETANA, O., Y C. LORENZO.** 2002. Lista de los mamíferos terrestres de Chiapas: endemismos y estado de conservación. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 85:25-49.
- RODRÍGUEZ-MACEDO, M., A. GONZÁLEZ-CHRISTEN, Y L. S. LEÓN-PANIAGUA.** 2014. Diversidad de los mamíferos silvestres de Misantla, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:262-275.
- SALAZAR, C., J., ZAVALA, O., CASTILLO, Y R. CAMARA.** 2004. Evaluación espacial y temporal de la vegetación de la Sierra Madrigal , Tabasco, México ( 1973-2003 ). *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 54:7-23.
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, C., M. DE L. ROMERO-ALMARAZ., Y C. GARCÍA ESTRADA.** 2005. Mamíferos. Pp. 283-304 en *Biodiversidad del Estado de Tabasco* (Bueno, J., F. Álvarez, y S. Santiago, eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- SANTOS-MORENO, A., Y E. RUIZ-VELASQUEZ.** 2011. Diversidad de mamíferos de la región de Nizanda, Juchitán, Oaxaca. México. *Therya* 2:155-168.
- SEMARNAT** (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 30 de diciembre de 2010. Ciudad de México, México.
- TUOMISTO, H.** 2010. A consistent terminology for quantifying species diversity? Yes, it does exist. *Oecologia* 164:853-860.
- TUOMISTO, H.** 2011. Commentary: Do we have a consistent terminology for species diversity? Yes, if we choose to use it. *Oecologia* 167:903-911.



- VALDEZ-LEAL, J., C. J. PACHECO-FIGUEROA, M. A. GUADARRAMA-OLIVERA, E. J. GORDILLO-CHÁVEZ, V. M. SANTIAGO-PLATA, L. M. GAMA-CAMPILLO, Y E. J. MOGUEL-ORDOÑEZ.** 2018. Las especies protegidas. La Biodiversidad en Tabasco. Estudio de Estado. Vol. III (Ed. D. Palma y E. Mata-Zayas) Editorial CONABIO-Gobierno del Estado de Tabasco. 257-262 (*en prensa*).
- VARGAS-MÁRQUEZ, F., S. ESCOBAR-MARAVILLAS, R. MAZA-ELVIRA, R. M. PONT-LALLI.** 2001. Áreas Naturales Protegidas de México con decretos estatales, Volumen 2. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, CONANP, México, Pp 1014.
- VELASCO, B.** 2010. Identificación de cambio en el uso del suelo y vegetación, y cálculo de la tasa de transformación del hábitat en el periodo 2000-2010: Área de Protección de Flora y Fauna cañón del Usumacinta. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegida. Ciudad de México, México.
- ZALAPA, S. S., E. G. GODÍNEZ, Y S. GUERRERO.** 2014. Mastofauna del área de Protección de Flora y Fauna la primavera, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 30:18-31.
- ZARCO-ESPINOSA, V. M., J. L. VALDEZ-HERNÁNDEZ, G. ÁNGELES-PÉREZ, Y O. CASTILLO-ACOSTA.** 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia* 26:1-17.

## **CAPÍTULO IV. Autocorrelación de la riqueza de mamíferos y el cambio del uso del suelo en tres ANP, Tabasco, México**

### **Introducción**

Una de las principales problemáticas que enfrentamos en la actualidad es la pérdida de hábitat, con su consecuente pérdida de la biodiversidad (López, 2006). El grupo de los mamíferos es uno de los más afectados ya que requieren áreas relativamente grandes para sobrevivir. La pérdida de mamíferos es de gran relevancia porque desempeñan un papel clave en los ecosistemas (Ceballos, 2007).

Este grupo es considerado como adecuado para evaluar la representatividad de las áreas protegidas (González-Maya *et al.*, 2015). Siendo los análisis de autocorrelación espacial (AE) útiles, ya que proporcionan una descripción más detallada de la estructura espacial de los datos obtenidos. Al mismo tiempo, facilitan la comprensión de los procesos ecológicos que impulsan estas variables, como son la riqueza de las especies (Legendre, 1993; Diniz-Filho *et al.*, 2003; Celemín, 2009).

Existen diversos trabajos que han evaluado el efecto del cambio de uso de suelo en las poblaciones de fauna silvestre (Sirami *et al.*, 2009; Acevedo y Delibes-Mateos, 2013; Leija-Loredo *et al.*, 2016; Lorenzo *et al.*, 2017), pero existen pocos trabajos sobre grupos de vertebrados tales como los mamíferos. El cambio de uso de suelo afecta las poblaciones de mamíferos, disminuyendo su abundancia. Lo que adicionalmente afecta a las comunidades rurales que aprovechan estas especies, viendo disminuidos sus ingresos, y disminuyendo también la biodiversidad de los ecosistemas donde estas habitan (Acevedo y Delibes-Mateos, 2013).

Este estudio evalúa la efectividad y representatividad de las áreas protegidas del estado de Tabasco, enfocada en la información sobre los cambios del uso del suelo en las áreas protegidas asociadas a información actualizada sobre la riqueza de los mamíferos. El objetivo de este estudio fue contrastar el cambio de uso del suelo con la riqueza de los mamíferos en las Áreas Naturales Protegidas en el estado. Esta información será importante para establecer criterios para la conservación y protección de estos sitios.

## Materiales y métodos

La zona de estudio se encuentra comprendida en tres ANP, que se localizan en la porción de la sierra de Tabasco la cual se encuentra descrita en los Capítulos 2 y 3 de este trabajo.

Para conocer si hay una relación entre el cambio y uso del suelo con la diversidad de los mamíferos en las tres ANP ya descritas se llevaron a cabo los siguientes análisis.

### Cambio de uso de suelo

Los datos de cambio de uso de suelo se obtuvieron del año 2000, 2008 y 2014 de cada ANP (Véase el capítulo 2).

### Riqueza de especies de mamíferos

Se calculó la riqueza específica, mediante el conteo directo de las especies por punto de muestreo en cada ANP (Véase el capítulo 3).

### Autocorrelación espacial (AE)

La autocorrelación espacial mide la similitud entre muestras para una variable dada en función de la distancia espacial (Legendre y Legendre 1998). Para las variables cuantitativas, el coeficiente I de Moran es el coeficiente más comúnmente utilizado en los análisis de autocorrelación y está dado por:

$$I = (n/S_0) \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} Z_i Z_j}{\sum_{i=1}^n Z_i^2}$$

Donde  $S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$ , es la suma de elementos de la matriz de pesos. Las observaciones  $z$  son las desviaciones de la media  $(x_i - \bar{x})$  ó  $(x_j - \bar{x})$  donde  $x_i$  es el valor de la variable en una unidad espacial determinada y  $x_j$  es el valor de la variable en otra localización, normalmente las vecinas a  $x_i$ . Habitualmente, en la matriz, se les asigna el valor de 1 a los vecinos de cada unidad espacial y 0 al resto. La frecuencia de Moran generalmente varía entre -1.0 y 1.0, para la máxima autocorrelación negativa y positiva, respectivamente.

### **Procedimiento de análisis**

Se presenta la necesidad de relacionar el cambio de uso de suelo, con la diversidad de mamíferos, desde la perspectiva espacial, se propone usar pruebas de AE, en particular, emplear la I de Moran para dos variables, que nos habla del grado de correlación o similitud espacial entre las variables. A diferencia de una prueba de correlación o covarianza normal, la AE tiene la ventaja de incluir la ubicación de los datos en el análisis, lo que es de importancia al estudiar fenómenos o elementos naturales (Lee, 2017).

Para esto es necesario relacionar la información de los sitios de muestreo con el cambio de uso de suelo en el área circundante, primero porque las trampas, redes y transectos, son elementos lineales y puntuales, que carecen de área, y segundo, considerando que el objeto de estudio son organismos vivos capaces de desplazarse distancias considerables y que desarrollan sus actividades en áreas más o menos extensas. La forma más sencilla de hacer esto, es generar un búfer en torno a las coordenadas de muestreo. Para el caso de los transectos y las trampas sherman se genera el búfer de la línea que conecta las coordenadas de inicio y final. La distancia de 250 metros se determinó en función al área que se determina como de influencia de un punto de muestreo.

Como muchos puntos están a menos de 250 m de los límites de las ANP, se hace necesario digitalizar las zonas faltantes de cada año para cubrir el búfer. Otro conflicto importante que se debe resolver es el existente entre la dimensionalidad de los datos, pues el cambio de uso de suelo es un proceso con una dimensión temporal inherente, mientras que la diversidad se evaluó a partir de muestreos realizados en 2014-2015. Por eso se decide evaluar el cambio entre los usos digitalizados para cada año (2000, 2008 y 2014). Se agruparon las categorías con el menor número posible. Y se asignó un valor numérico a cada categoría de cambio pues la I de Moran opera con valores cuantitativos (Tabla 19).

Los valores se asignaron partiendo de que usos más “naturales” son más favorables para la diversidad de mamíferos, y que, consecuentemente, los cambios en esa dirección son más favorables:

**Tabla 20.** Valores asignados a la cobertura vegetal.

Categoría de cambio	Indicador de cambio
natural sin cambios	6
antrópica a natural	5
natural a natural	4
antrópica a antrópica	3
natural a antrópica	2
antrópica sin cambios	1

Para generalizar un sólo valor del indicador de cambio se recurrió a calcular su promedio ponderado por la fracción de área que cada uno representa dentro del búfer para cada punto de muestreo. En el caso de las redes, transectos y las trampas, tanto el valor de riqueza como el indicador de cambio ponderado se asociaron al centroide de los puntos de inicio y final de cada muestreo.

Se asociaron estos nuevos puntos (el punto original para redes, y los centroides en los otros casos) cada uno a un valor de riqueza y el indicador de cambio para cada periodo (2000-2008, 2008-2014 y 2000-2014). Posteriormente los datos se cargaron en el software GeoDa para calcular la I Moran. Se usó una matriz de pesos generada en el mismo software con una métrica de distancia euclideana de 1000 m.

La I de Moran se calculó para cada ANP y para cada periodo. Para ello se usó el indicador de cambio del periodo como variable independiente y la riqueza como variable dependiente en los tres casos.

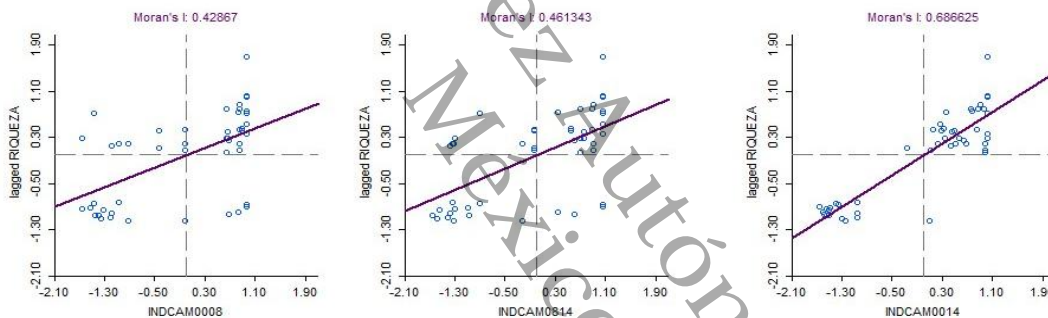
## Resultados

Los resultados de autocorrelación muestran datos particulares en cada ANP.

### Autocorrelación espacial PEAB

La relación del cambio del suelo y la riqueza de los mamíferos (Mapa 1, Anexo 2), muestran un patrón espacial positivo en los tres periodos para el PEAB. En donde la I-Moran muestra una tendencia al agrupamiento de las unidades espaciales, por lo que la autocorrelación para el PEAB es positiva, y se asume que es significativa para los tres periodos de años analizados (Figura 15).

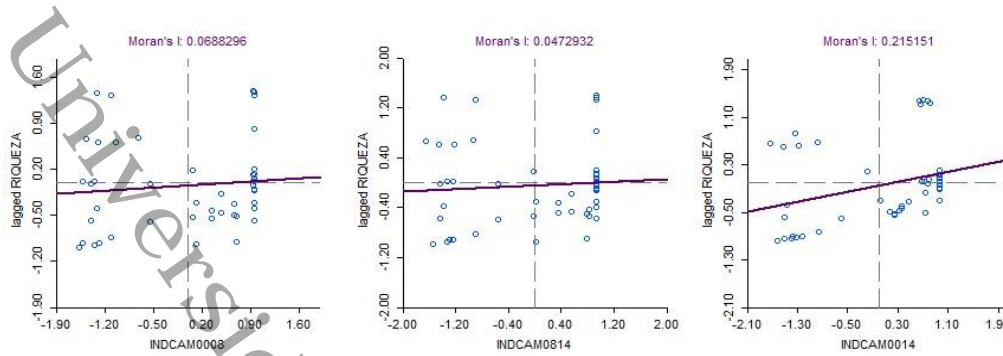
La comparación de los tres periodos, muestra que el año 2000-2014 presento el valor más alto de AE con 0.686 en comparación con los años 2000-2008 (0.428) y 2008-2014 (0.461), en donde se muestra una AE similar.



**Figura 15.** Autocorrelación espacial en el PEAB en relación al cambio del uso del suelo y la riqueza de mamíferos.

### Autocorrelación espacial PEST

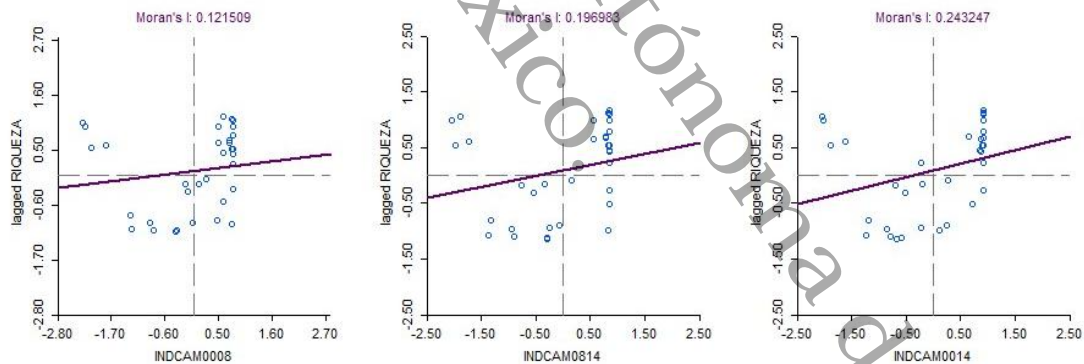
La comparación de los tres periodos en el PEST (Mapa 2, Anexo 2), muestra que el año 2000-2014 presento el valor más alto de AE con 0.215 lo cual muestra una correlación de I-Moran positiva, cosa distinta para los años 2000-2008 (0.068) y 2008-2014 (0.047), el cual la I-Moran obtuvo valores bajos al agrupamiento de las unidades espaciales, pero con tendencia positiva, sin embargo, no es significativo y no se puede asumir que sea una correlación (Figura 16).



**Figura 16.** Autocorrelación espacial en el PEST en relación al cambio del uso del suelo y la riqueza de mamíferos.

### Autocorrelación espacial APFFCU

La comparación de los tres periodos en el APFRFCU (Mapa 3, Anexo 2), muestra que el año 2000-2014 presento el valor más alto de AE con 0.243 lo cual muestra una correlación de I-Moran positiva, cosa distinta para los años 2000-2008 (0.121) y 2008-2014 (0.196), el cual la I-Moran obtuvo valores bajos al agrupamiento de las unidades espaciales, pero con tendencia positiva, sin embargo, no es significativo y no se puede asumir que sea una correlación (Figura 17).



**Figura 17.** Autocorrelación espacial en el APFFCU en relación al cambio de uso del suelo y la riqueza de mamíferos.

### Discusión y Conclusión

Ignorar la autocorrelación espacial puede llevar a sobrestimar los efectos ambientales sobre las especies (Haining, 1990; Legendre, 1993; Lichstein *et al.*, 2002), sin embargo, hay pocos ejemplos en la ecología que aborda este tema en el contexto de regresión (Klute, 2002). Nosotros analizamos la autocorrelación en el análisis especie-ambiente a través del índice de I-Moran que encajan con software ampliamente disponible.

Estos modelos se han utilizado para conocer la estructura de los bosques y para evaluar cómo se relacionan con la variación espacial con la riqueza de especies (Vieira *et al.*, 2008). Nuestros resultados muestran que el modelo autorregresivo, que se utiliza para analizar la estructura espacial de la riqueza y el cambio de la cobertura del suelo, muestra resultados distintos para cada ANP.

El PEAB resultó ser el área con valores más significativos en relación con las variables analizadas (riqueza y cambio de cobertura). De las tres ANP es el sitio más pequeño en superficie, sin embargo, es la que presenta mayor porcentaje de cobertura natural. Es el ANP con mayor riqueza de especie reportada hasta el momento en el estado. Por lo que es el sitio con mayor asociación entre su riqueza de especies y su cambio de cobertura.

El PEAB es el ANP con mayor superficie natural hasta el momento en el estado, esto es favorable para la diversidad de mamíferos que se han registrado en este sitio. Otros factores que influyen en la alta riqueza de especies y mayor conservación de la vegetación en el PEAB, es la asociada a un área destinada a la conservación, además, se encuentra ubicada en la Microrregión Agua Blanca, que le ha favorecido para mantener su cobertura y la conservación de este grupo.

Aunque se muestrearon las tres ANP con los mismos métodos y el mismo esfuerzo de muestreo, el PEST y APFFCU registraron una autocorrelación positiva, pero con valores bajos. En estos sitios se evaluaron los cambios de la vegetación obteniendo tendencias diferentes al PEAP, ya que en este se observan ganancias en la Selva, contrario a estas ANP que presentan pérdidas de la cobertura natural y un incremento de pastizales. Asimismo, en estas dos ANP se obtuvieron valores de riqueza de especies bajos. Por lo que podemos sugerir que entre más natural sea la cobertura de una ANP mantendrá una mayor diversidad.



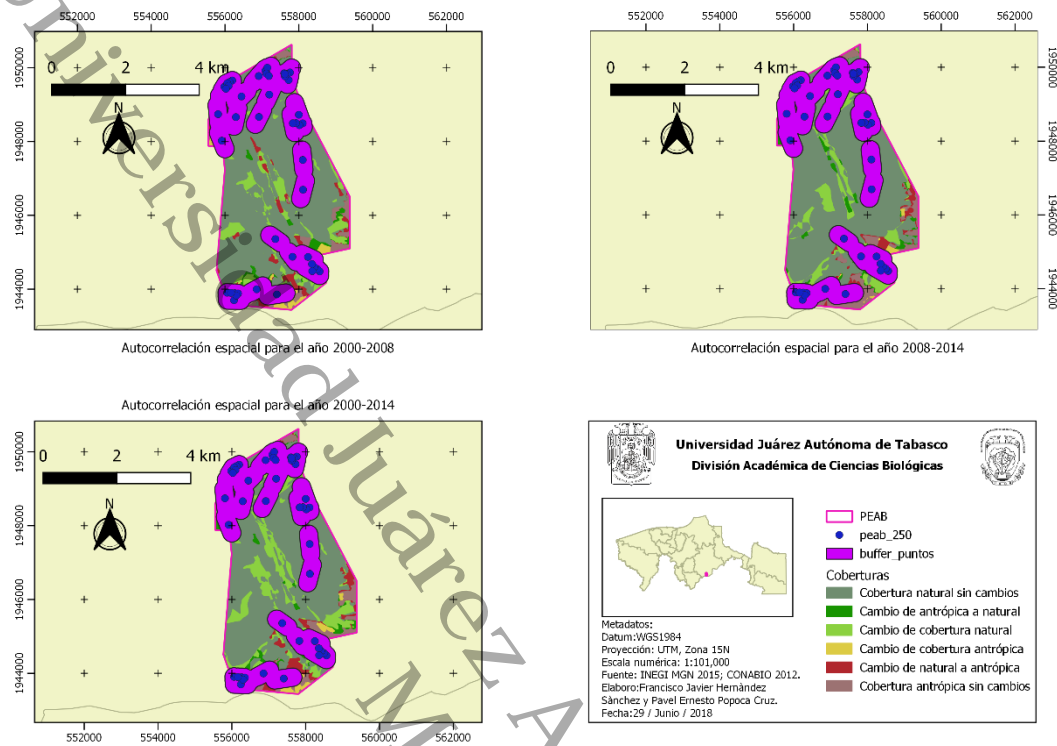
Cabe resaltar que el PEST Y APFFCU son sitios con mayor superficie en comparación del PEAB. Lo que puede tener una influencia en el valor de autocorrelación. Por consiguiente, si se incrementaran los puntos de muestreo y se ampliara su distribución espacial en el PEST Y APFFCU, esto incrementaría su representatividad, y en consecuencia los valores de I-Moran podrán ser más certeros.

#### Literatura citada

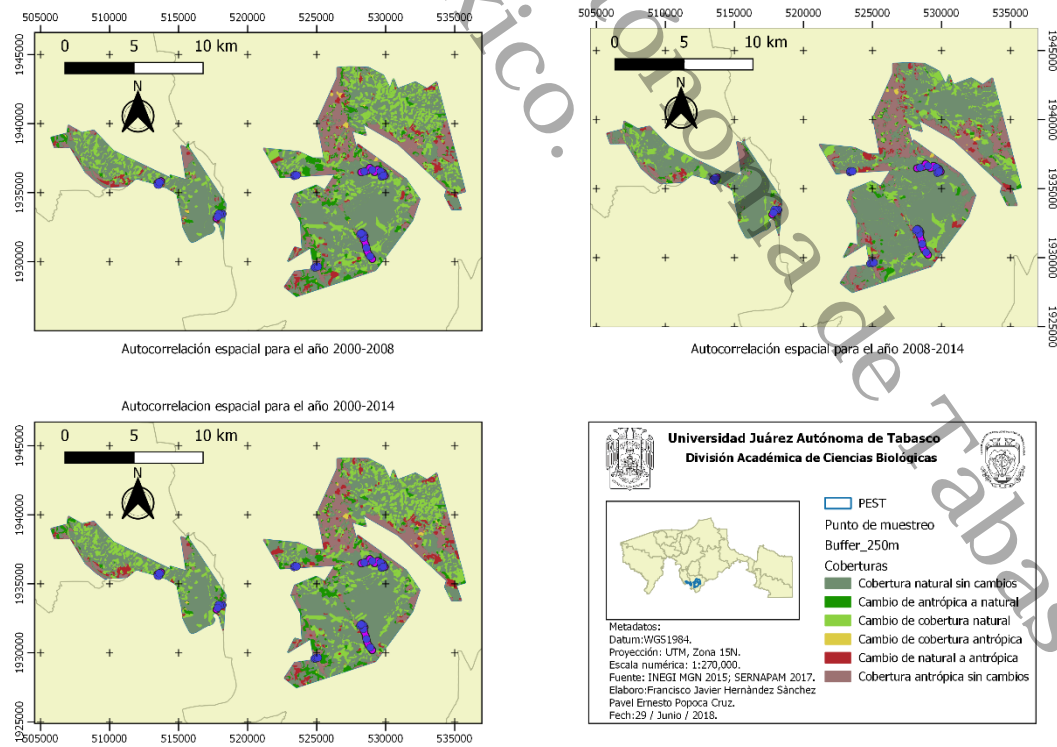
- Acevedo, P., y Delibes-Mateos M.** (2013). Efectos de los cambios en los usos del suelo en las especies cinegéticas en el sur de España: repercusiones para la gestión. *Ecosistemas*, 22(2):33-39.
- Ceballos, G.** (2007). Conservation Priorities for Mammals in Megadiverse Mexico : The Efficiency of Reserve Networks. *Ecological Applications*, 17(2). 569-578.
- Celemín, J. P.** (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial: Importancia, estructura y aplicación. *Revista Universitaria de Geografía*, 18(1), 11-31.
- Diniz-Filho, J. A., Bini, L. M., y Hawkins, B. A.** (2003). Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, 12(1): 53-64.
- González-Maya, J. F., Viquez L. R., Belant J. L. y Ceballos G.** 2015. Effectiveness of protected areas for representing species and populations of terrestrial mammals in Costa Rica. *PLoS ONE*, 10(5), 1-16.
- Haining, R.** (1990). Spatial data analysis in the social and environmental sciences. Cambridge University Press.
- Klute, D. S.** (2002). Autologistic regression modeling of American woodcock habitat use with spatially dependent data. *Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale*, 335-343.
- Lee, S. I.** (2017). Correlation and spatial autocorrelation, in Shekhar, S., Xiona, H., and Zhou, X., eds., *Encyclopedia of GIS*, Volume 1, 2nd edition, New York: Springer, 360-368.
- Legendre, P.** (1993). Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm?. *Ecology*, 74:1659-1673

- Legendre, P., y Legendre, L.** 1998. Numerical ecology. *Developments in Environmental Modelling*, 20: 235-245.
- Leija-Loredo, E. G., Reyes-Hernández, H., Reyes-Pérez, O., Flores-Flores, J. L., y Sahagún-Sánchez, F. J.** (2016). Cambios en la cubierta vegetal, usos de la tierra y escenarios futuros en la región costera del estado de Oaxaca, México. *Madera y bosques*, 22(1): 125-140.
- Lichstein, J. W., Simons, T. R., Shriver, S. A., y Franzreb, K. E.** (2002). Spatial autocorrelation and autoregressive models in ecology. *Ecological monographs*, 72(3): 445-463.
- López, E.** (2006). Patrones de cambio de uso del terreno en la Cuenca del Lago de Cuitzeo. Ph. D. Dissertation, UNAM México.
- Lorenzo, C., Sántiz, E. C., Bolaños-Citalán, J., y Navarrete-Gutiérrez, D.** (2017). Influences of long-term changes in land cover on mammal populations: an example from Mexico. *Oryx*, 1-8.
- Sirami, C., Seymour, C., Midgley, G., y Barnard, P.** (2009). The impact of shrub encroachment on savanna bird diversity from local to regional scale. *Diversity and Distributions*, 15(6), 948-957.
- Vieira, C. M., Blamires, D., Diniz-Filho, J. A., Bini, L. M., y Rangel T. F.** (2008). Autoregressive modelling of species richness in the Brazilian Cerrado. *Brazilian Journal of Biology*, 68(2), 233-240.

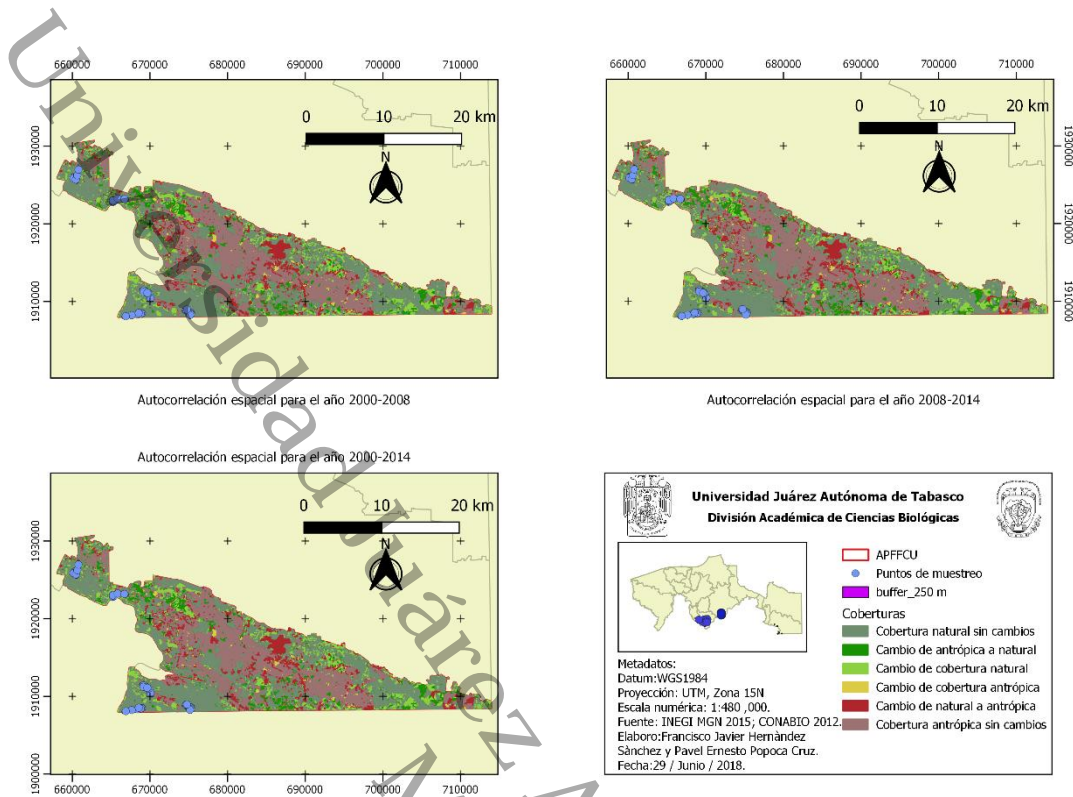
Anexo 2



Mapa 7. Autocorrelación de cambios de la vegetación y la riqueza de especies en el PEAB.



Mapa 8. Autocorrelación de cambios de la vegetación y la riqueza de especies en el PEST.



Mapa 9. Autocorrelación de cambios de la vegetación y la riqueza de especies en el APFFCU.