



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



**CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE  
ATROPELLADA EN UN TRAMO CARRETERO DE LA  
RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADA EN ECOLOGÍA**

PRESENTA:

**YELMI SOLEDAD CRUZ HERNÁNDEZ**

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

**DRA. CORAL JAZVEL PACHECO FIGUEROA**

EN CODIRECCIÓN DE:

**DR. JUAN DE DIOS VALDEZ LEAL**

VILLAHERMOSA, TABASCO. DICIEMBRE 2025

## Declaración de Autoría y Originalidad

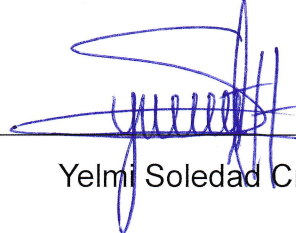
En la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, el día 04 del mes de diciembre del año 2025, los que suscriben **Yelmi Soledad Cruz Hernández** alumna del Programa de **licenciada en ecología** con número de matrícula **072G5002** adscritos a la **División Académica de Ciencias Biológicas** de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autora de la Tesis presentada para la obtención del título de **Licenciatura en Ecología** y titulada **“Caracterización de la fauna silvestre atropellada en un tramo carretero de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla”** dirigida por la **Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa** y el **Dr. Juan de Dios Valdez Leal**.

### DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente

Villahermosa, Tabasco a 04 de diciembre 2025.



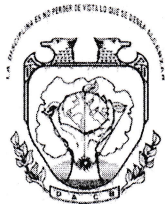
---

Yelmi Soledad Cruz Hernández



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN**

Villahermosa, Tab., a 03 de Diciembre de 2025

**ASUNTO:** Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON  
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES  
P R E S E N T E**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza a la **C. YELMI SOLEDAD CRUZ HERNÁNDEZ** egresada de la Lic. en **ECOLOGIA** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis denominado: **"CARACTERIZACION DE LA FAUNA SILVESTRE ATROPELLADA EN UN TRAMO CARRETERO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

**A T E N T A M E N T E**

**DR. ARTURO GARRIDO MORA  
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**UJAT  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**DIRECCIÓN**

C.c.p.- Expediente Alumno de la División Académica  
C.c.p.- Interesado



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

DICIEMBRE 03 DE 2025

**C. YELMI SOLEDAD CRUZ HERNÁNDEZ  
PAS. DE LA LIC. EN ECOLOGIA  
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 111 al 113 del Cap. IV 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 denominado: **“CARACTERIZACION DE LA FAUNA SILVESTRE ATROPELLADA EN UN TRAMO CARRETERO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA”**, asesorado por la Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa y Dr. Juan de Dios Valdez Leal, sobre el cual sustentará su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por el Dr. Eduardo Javier Moguel Ordoñez, Dra. Lilia María Gama Campillo, Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa, Dra. Claudia Elena Zenteno Ruiz y Dra. Ena Edith Mata Zayas.

**A T E N T A M E N T E  
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**

  
**DR. ARTURO GARRIDO MORA  
DIRECTOR**

UJAT  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

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



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**2025**  
AÑO DE LA **Mujer**  
Indígena

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN

02 de diciembre de 2025

**C. YELMI SOLEDAD CRUZ HERNÁNDEZ**

**Pasante de la Lic. en Ecología**

En cumplimiento de los lineamientos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, se implementó la revisión del trabajo recepcional (**Tesis**), a través de la plataforma Turnitin iThenticate para evitar el plagio e incrementar la calidad en los procesos académicos y de investigación en esta División Académica. Esta revisión se realizó en correspondencia con el Código de Ética de la Universidad y el Código Institucional de Ética para la Investigación.

Por este conducto, hago de su conocimiento las observaciones, el índice de similitud y el reporte de originalidad obtenido a través de la revisión en la plataforma iThenticate de su trabajo recepcional **CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE ATROPELLADA EN UN TRAMO CARRETERO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA PANTANOS DE CENTLA.**

**OBSERVACIONES:**

Se incluyó citas, se excluyó bibliografía y fuentes pequeñas (< 10 palabras), y se limitó el tamaño de coincidencias a 16 palabras.

<b>RESULTADO DE SIMILITUD</b>	<b>5 %</b>
	<b>16572 palabras, 67 páginas</b>

Finalmente, se les solicita a la **C. YELMI SOLEDAD CRUZ HERNÁNDEZ**, integrar en la versión final del trabajo recepcional, este oficio y el informe de originalidad con el porcentaje de similitud de Turnitin iThenticate.

Sin otro particular al cual referirme, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

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

**DR. ARTURO GARRIDO MORA**  
**DIRECTOR**

UJAT  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**DIRECCIÓN**

C.c.p. Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa. Directora de tesis  
C.c.p. Dr. Juan De Dios Valdez Leal. Codirector de tesis  
C.c.p. Archivo

# YELMI SOLEDAD CRUZ HERNÁNDEZ

## CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE ATROPELLADA EN UN TRAMO CARRETERO DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA ...

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:535258035

Fecha de entrega

2 dic 2025, 8:05 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

4 dic 2025, 4:50 p.m. GMT-6

Nombre del archivo

Yelmi Cruz Hernández\_TR tesis.pdf

Tamaño del archivo

1.4 MB

67 páginas

16.572 palabras

90.216 caracteres

# 5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 16 palabras)
- ▶ Abstract
- ▶ Trabajos entregados

## Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

## Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad




### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
docplayer.es		1%
2	Internet	
www.conanp.gob.mx		1%
3	Internet	
archivos.ujat.mx		<1%
4	Internet	
eprints.uanl.mx		<1%
5	Internet	
www.scielo.org.mx		<1%
6	Internet	
digital.csic.es		<1%
7	Internet	
hdl.handle.net		<1%
8	Internet	
www.faunadealava.org		<1%
9	Internet	
www.yumpu.com		<1%
10	Internet	
mascn.forestaluchile.cl		<1%
11	Publicación	
Gonzalez-Gallina, A., G. Benitez-Badillo, M. G. Hidalgo-Mihart, M. Equihua, and O. ...		<1%

12 Internet

www.researchgate.net

<1%

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México

## ANEXO 4.

### Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 04 de diciembre 2025.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTORA y AUTORES en la producción, creación y/o realización de la obra denominada **“Caracterización de la Fauna Silvestre Atropellada en un Tramo Carretero de la Reserva de la Biosfera Pantanos De Centla”** Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

### COLABORADORES

\_\_\_\_\_  
Yelmi Soledad Cruz Hernández



\_\_\_\_\_  
Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa



\_\_\_\_\_  
Dr. Juan de Dios Valdez Leal

### TESTIGOS



\_\_\_\_\_  
M.C. Ruth del Carmen Luna Ruíz



\_\_\_\_\_  
Biol. Ramiro A. Hernández Velázquez

## DEDICATORIA

Al Proyecto Indicadores de Impacto TAB-2009-C17-120755, quien otorgo el financiamiento de esta tesis.

A mis profesores consejeros Coral J. Pacheco Figueroa y Juan de Dios Valdez Leal, por todos las recomendaciones y el apoyo brindando durante la realización de este trabajo.

A todos mis sinodales por sus aportaciones y revisiones de este documento.

A mis amigos del grupo de laboratorio de Fauna por su asistencia en campo, por compartir sus conocimientos conmigo, por su disponibilidad para el trabajo y apoyo, sus consejos y sus buenos deseos, especialmente.

A mis padres, abuelitos y tías por dedicación y cariño que siempre me ofrecieron por todo su apoyo durante mi carrera.

Y a una persona muy especial que actualmente forma parte de mi presente y que me apoyo en todo momento en esta etapa final  
Mi esposo.

Y a todos aquellos que no he mencione... pero que tampoco he olvidado... especialmente a los que me daban su entusiasmo y a seguir adelante en este proyecto y poder llegar a concluirlo.

## RESUMEN

Las carreteras son esenciales para el desarrollo social y económico de un país, ya que permiten el tránsito de la población y el movimiento de productos dentro de su geografía. Sin embargo, el crecimiento de esta infraestructura puede repercutir negativamente en el estado de la biodiversidad, tanto local como regionalmente esto debido al impacto negativo que causan las infraestructuras carreteras para la fauna silvestre. La muerte por atropellamientos es el efecto más visible y fácil de medir como parte del impacto de las carreteras. La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) es un caso de estudio peculiar por la densidad de carreteras que presenta, las cuales se han estudiado por la pérdida que ocasionan en Quelonios, pero es poco conocido el efecto sobre otros grupos de vertebrados. El propósito de esta investigación fue ofrecer una línea base de información para la toma de medidas para reducción del impacto que tienen las carreteras sobre la fauna que cruza los caminos de la RBPC. Esta investigación se realizó en el tramo carretero del km 1+000 al 33+000 de la Carretera Frontera-Jonuta que está dentro de esta Área Natural Protegida.

Los recorridos del trazo carretero se realizaron dos veces a la semana durante cuatro meses (abarcado la estación lluviosa del 2011). Los registros se realizaron por recorridos a velocidad constante en un vehículo con una velocidad media de 20 km/hr y por muestreos directos de parcelas de los 33 km del tramo carretero. Se obtuvieron un total de 256 registros de atropellamientos agrupados en 41 especies. Agrupadas en cuatro anfibios, 19 reptiles, 12 aves y seis mamíferos. Los anfibios presentaron la mayor cantidad de individuos atropellados con 130 registros, seguido de los reptiles con 101 individuos. Los menos representativos fueron las aves con 15 registros y los mamíferos con 10. *Chaunus marinus*, es la especie que presenta la más alta abundancia de todos los individuos atropellados con 104 individuos, seguido de los Toloques (*Basiliscus vittatus*), con 30 individuos. Para las aves la especie más abundante es la *Aramides cajanea* con 3 registros y *Coendu mexicanus* con 2 registros para la clase mammalia. De las especies protegidas por

la NOM-059-SEMARNAT-2010, la Iguana (*Iguana iguana*) (Pr) es la más abundante con 13 individuos; seguida de la rana berlandieri (*Lithobates berlandieri*) (Pr), y los Aspokes (*Ctenosaura similis*) con 10 individuos, que se ubican en la categoría de amenazados.

Los márgenes de las carreteras se transforman en hábitat ideales para especies que están asociadas a ciertos niveles de perturbación, tales como insectos que se agrupan en las lámparas o que son atraídos por las luces de vehículos. Esto atrae a otros animales que los usan como fuente de alimento, que se acercan a forrajearlos ocasionando que aumenten los riesgos de atropellamientos. Es posiblemente por esta causa que la abundancia de sapos comunes sea tan alta teniendo los reptiles como el grupo que presenta la mayor riqueza de especies atropellada, quizás por la preferencia de estos a usar las carreteras como fuente de calor.

---

**ÍNDICE**

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	4
III. ANTECEDENTES.....	7
3.1. Impacto de las carreteras a la fauna silvestre.....	7
3.1.1. Pérdida de hábitat.....	8
3.1.2. Efecto barrera.....	9
3.1.3. Perturbaciones.....	10
3.1.4. Colisiones con vehículos u otras causas.....	12
3.1.5. Funciones ecológicas de los márgenes.....	13
3.2. Factores que favorecen el atropellamiento.....	14
3.3. El atropello de la fauna en el contexto Internacional y Nacional.....	16
3.3.1. Fauna atropellada en carreteras de América.....	16
3.4. Fauna atropellada en carreteras México.....	20
3.5. Fauna atropellada en carreteras de Tabasco.....	23
IV. OBJETIVOS.....	24
4.1. General:.....	24
4.2. Particulares:.....	24
V. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	25
VI. METODOLOGÍA.....	28
6.1. Delimitación del sitio de muestreo.....	28
6.2. Registro por recorridos de velocidad constante del tramo.....	30
6.3. Registro por inventarios directos de parcelas.....	30
6.4. Registro por inventarios fuera de parcelas.....	32
VII. RESULTADOS.....	35
7.1. Registro por recorridos de velocidad constante del tramo.....	36
7.2. Registro por inventarios directos de parcelas.....	39
7.3. REGISTRÓ POR INVENTARIOS FUERA DE PARCELAS.....	42
7.4. VARIABLES CARRETERAS Y DEL HÁBITAT.....	44
7.4.1. Variables carreteras.....	44

---

7.4.1.1. Letreros.....	44
7.4.2. Variables de Hábitat.....	44
7.4.2.1. Vegetación aledaña al sitio de colisión.....	44
7.4.2.2. Distancia a los Cuerpos de Agua .....	46
7.4.2.3. Distancia a los Asentamientos Humanos .....	47
VIII. DISCUSIÓN.....	48
IX. CONCLUSION.....	54
X. LITERATURA CITADA .....	56
XI. ANEXOS.....	63
Anexo 1. Registro de Abundancia por muestreo de recorridos y parcelas en el tramo carretero de la RBPC. ....	63
Anexo 2. Diagrama proceso metodológico .....	66
Anexo 3. Formato de campo para el registro de la fauna .....	67
Anexo 4 formato de campo para el registro del hábitat.....	68
Anexo 5 formato de campo para el registro de las características de la carretera .....	69

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

**LISTA DE TABLAS**

	Página
Tabla 1.- Registro riqueza de especies por recorrido de velocidad constante en el tramo carretero de la RBPC.....	44
Tabla 2.- Registro riqueza de especies por muestreo de parcelas en el tramo carretero de la RBPC .....	47
Tabla 3.- Registro riqueza de especies por muestreo fuera de parcelas en el tramo carretero de la RBPC .....	50

**LISTA DE FIGURA**

	Página
Figura 1.- Efectos de infraestructuras de transporte sobre las poblaciones de la fauna silvestre ( Álvarez J, et al., 2006). .....	7
Figura 2.- Mapa de Ubicación de la carretera de la RBPC del tramo de los 33km de Frontera – Jonuta.....	29
Figura 3.- Esquema de ejemplo de ubicación de punto de inicio de Recorridos a Velocidad constante.....	30
Figura 4.- Esquema de la carretera (sección tipo A2) .....	31
Figura 5.- Esquema de ejemplo de registro por inventarios directo de parcela... ..	31
Figura 6. Esquema de ejemplo de registro por inventarios fuera de parcela.....	32
Figura 7.- Riqueza y Abundancia de especies por mes de recorrido de velocidad constante en el tramo carretero de la RBPC.....	36
Figura 8.- Riqueza y Abundancia de especies por clase de recorrido de velocidad Constante en el tramo carretero de la RBPC.....	37
Figura 9.- Especies en la NOM-059 de recorrido de velocidad constante en el tramo Carretero de la RBPC.....	38

Figura 10.- Riqueza y Abundancia de especies por mes por inventarios directos de parcelas. ....	40
Figura 11.- Riqueza y Abundancia de especies por clases por inventarios directos de parcelas. ....	40
Figura 12.- Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por inventarios directos de parcelas.....	41
Figura 13.- Riqueza y Abundancia de especies por mes por inventarios Fuera de parcelas. ....	43
Figura 14.- Riqueza y Abundancia de especies por grupos por inventarios Fuera de parcelas. ....	43
Figura 15.- Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 por inventarios fuera de parcelas. ....	44
Figura 16.- Vegetación de lado derecho de la carretera. ....	45
Figura 17.- Vegetación de lado izquierdo de la carretera. ....	45
Figura 18.- Distancia en (m) a los cuerpos de agua. ....	46
Figura 19.- Distancia en (m) a los asentamientos humanos. ....	47

**ANEXOS**

	Página
Anexo 1 .- Registro de Abundancia por muestreo de recorridos y parcelas en el tramo carretero de la RBPC. ....	63
Anexo 2.- Diagrama proceso metodologico. ....	66
Anexo 3.- Formato de campo para el registro de la fauna. ....	67
Anexo 4.- Formato de campo para el registro del habitat. ....	68
Anexo 5.- Formato de campo para el registro de las características de la carretera .....	69

## I. INTRODUCCIÓN

Las carreteras son infraestructuras esenciales para el desarrollo social y económico de un país, ya que facilitan el desplazamiento de la población y el transporte de productos a lo largo de su territorio (INEGI 2000). No obstante, a pesar de su importancia para el flujo económico y la movilidad humana, el crecimiento de esta infraestructura puede tener efectos negativos sobre la biodiversidad, tanto a nivel local como regional, debido al impacto que las carreteras ocasionan en la fauna silvestre (Forman y Alexander 1998, Coffin et al. 2021). Entre estos impactos, los atropellos, representan el efecto más evidente.

Las carreteras impactan a distintas escalas espaciales y temporales a la fauna. Desde el proceso de construcción de estas hay un efecto puntual sobre el microhábitat que se elimina para ello. El mayor impacto local es la mortalidad por atropellamientos, y a gran escala es la pérdida y degradación de hábitats, la contaminación, la creación de microclimas y condiciones hidrológicas alteradas (Lluel *et al.*, 2005). Adicionalmente a esto a largo plazo se tiene un incremento de actividades humanas en las zonas adyacentes, así como de focos de colonización y penetración de hábitat.

En una escala temporal se ha observado que a largo plazo efectos en la diversidad y riqueza de especies. Esta pérdida es causada por la interrupción de la conectividad, así como por el efecto barrera de las carreteras a poblaciones reducidas. El ámbito de hogar se reduce en las especies que evitan acercarse a las carreteras por ruido producido por los vehículos. La pérdida de individuos debido a la mortalidad en carreteras conduce al aislamiento de las poblaciones y a una disminución en el intercambio génico, lo que incrementa la probabilidad de extinción local. (Chacón-Rojas *et al.*, 2011, Forman y Alexander 1998, Kuncoro et al. 2024; Strasburg, 2006, Xiong et al 2025).

A nivel espacial las infraestructuras de transporte tienen efectos primarios y secundarios sobre la vida silvestre. Los primarios están agrupados en cinco categorías principales, con relación a efectos ecológicos: pérdida de hábitat, efecto barrera, mortalidad causada por atropello, molestias y contaminación, función ecológica de los márgenes (taludes y en general, bordes de las infraestructuras). Los efectos secundarios son los cambios de uso del suelo, los patrones de asentamientos humanos o el desarrollo industrial inducido por la construcción de infraestructuras de transporte. Estos efectos secundarios pueden intensificar notablemente los efectos negativos en la conservación de la diversidad biológica que genera la propia red de transporte (Lluel *et al.*, 2005).

El establecimiento de nuevos asentamientos y edificaciones puede derivar en la redefinición nuevas categorías regionales, así como la apertura de carreteras locales que facilitan el acceso. Estos efectos secundarios, aunque no son responsabilidad directa del sector de transporte, hay que tenerlos en cuenta en las Evaluaciones Ambientales Estratégicas (EAE) y en las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) (Lluel *et al.*, 2005).

Actualmente la ecología de carreteras es un campo consolidado y de gran expansión especialmente en la conservación y planificación del territorio (Dean *et al.* 2019; Forman *et al.*, 2003). En la actualidad se tiene un estudio amplio de los efectos negativos en diferentes taxones terrestres. Se ha documentado como las carreteras afectan la abundancia de sus poblaciones, su variabilidad genética y la alteración de su movimiento y reproducción (Teixeira *et al.* 2020).

La ecología de carreteras también analiza la ubicación de las vías dentro de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), ya que representan una amenaza significativa para el mantenimiento de la biodiversidad y requieren una evaluación cuidadosa. Estas infraestructuras actúan como barreras artificiales para la fauna silvestre, al impedir o restringir la dispersión de individuos entre poblaciones, lo que conduce al aislamiento y una reducción del flujo génico. En consecuencia, se incrementa el

riesgo de extinciones locales y se compromete la función de las ANP como sistemas enfocados a la conservación de la biodiversidad (Grilo et al. 2021; Strasburg, 2006).

La muerte por atropellamientos es el efecto más visible y fácil de medir (Chacón - Rojas *et al.*, 2011). Por ello es preciso identificar cuáles son las especies que sufren un efecto directo por las carreteras, para tomar acciones conjuntas y previas a la pérdida o aislamiento de sus poblaciones, ya que la riqueza y diversidad de especies atropelladas es un parámetro básico para el análisis de la ecología de una carretera.

La RBPC es un caso de estudio peculiar por la densidad de carreteras que presenta. Esta Reserva cuenta con una red de caminos y vías de comunicación bastante elaborada, ya que presenta todo un sistema de explotación petrolera. El sistema de exploración y explotación petrolera ha incrementado la cantidad de caminos (Tudela, 1992) los cuales se han estudiado por la pérdida que ocasionan en Quelonios, pero es poco conocido el efecto sobre otros grupos de vertebrados.

El propósito de esta investigación es ofrecer una línea base de información para la toma de medidas para reducción del impacto que tienen las carreteras sobre la fauna que cruza los caminos de la RBPC.

## II. JUSTIFICACIÓN

La importancia que tuvo de llevar a cabo esta investigación es que permitió, generar y aportar información sobre el tema de atropellamiento de fauna silvestre en carreteras en México. Es un tema muy poco estudiado y la información disponible actualmente es mínima. Eso nos imposibilita llevar a cabo estrategias de conservación y evaluaciones de impacto de las obras viales.

El crecimiento acelerado de las ciudades y el incremento de la población humana han impulsado una expansión constante de las redes viales, generando una fuente significativa de mortalidad para la fauna silvestre. Desde inicios de este siglo se ha reconocido que el desarrollo vial representa una amenaza creciente para las poblaciones animales debido al aumento sostenido de atropellamientos (Arroyave, 2006). En la actualidad, estudios globales permiten dimensionar con mayor precisión la magnitud de este problema. Abra et al. (2025) destacan que, a lo largo de más de un siglo, las carreteras han contribuido de manera constante a la pérdida de biodiversidad en todo el mundo, afectando tanto a especies comunes como a aquellas con algún grado de amenaza. De manera complementaria, Grilo et al. (2025) recopilan el mayor conjunto de datos globales sobre mortalidad de vertebrados terrestres por colisiones vehiculares, evidenciando que este fenómeno constituye un impacto transversal a diversos continentes y ecosistemas. En conjunto, estas investigaciones confirman que la expansión vial se ha consolidado como una de las principales amenazas contemporáneas para la biodiversidad terrestre (Abra et al. 2025; Arroyave *et al.*, 2006, Grilo et al 2025).

En las últimas décadas, la magnitud de la mortalidad de fauna silvestre asociada a las carreteras se ha documentado con mayor precisión gracias a redes de monitoreo y bases de datos globales (Abra et al 2025; Grilo et al. 2025). Las carreteras son una amenaza a la persistencia de las poblaciones de fauna en la vida silvestre (Moore et al. 2023). Estos impactos no solo reducen las poblaciones locales, sino

que también alteran la dinámica ecológica y la estructura trófica de los ecosistemas circundantes.

La Ecología de carreteras se ha consolidado como un campo interdisciplinario que analiza los efectos directos e indirectos de la infraestructura vial sobre la biodiversidad. Se ha demostrado que las colisiones vehiculares pueden igualar o incluso superar las tasas de mortalidad derivadas de otras actividades humanas, como la caza o la pérdida de hábitat (Forman y Alexander, 1998 y Hodson, 1962).

Investigaciones recientes enfatizan la necesidad de incorporar medidas de mitigación como pasos de fauna, cercados selectivos y planificación vial ecológicamente sensible desde las etapas de diseño y evaluación ambiental de los proyectos, con el fin de reducir la fragmentación del hábitat y restablecer la conectividad ecológica (Abra et al. 2025; Cleverger, 2004; Grilo et al 2025; Teixeira et al. 2025). Además, es importante realizar estudios que también relacionen el sexo, la especie, la edad y la estacionalidad con el aumento en la frecuencia de atropellamientos. Para así poder establecer estrategias y verdaderos escenarios de conservación que reduzca el impacto sobre las poblaciones de fauna silvestre que habitan cerca de carreteras (Moore et al 2023; Pozo-Motuy y Bonilla, 2009).

La construcción de carreteras y la expansión permanente de la infraestructura vial funcionan como barreras antrópicas que obstaculizan o restringen los desplazamientos de la fauna silvestre entre distintas poblaciones. Esta fragmentación limita el flujo génico, favorece el aislamiento poblacional y, en consecuencia, incrementa la probabilidad de extinciones locales. (Strasburg, 2006).

Es importante conocer las especies que están siendo atropelladas y que se encuentran en alguna categoría de riesgo o en peligro de extinción ya que esta carretera se encuentra dentro de un área natural protegida, como lo es la RBPC, que mantiene una gran riqueza biológica, en ella se alberga casi el 12% de la vegetación acuática y subacuática de México ([www.parkswatch.org](http://www.parkswatch.org)).

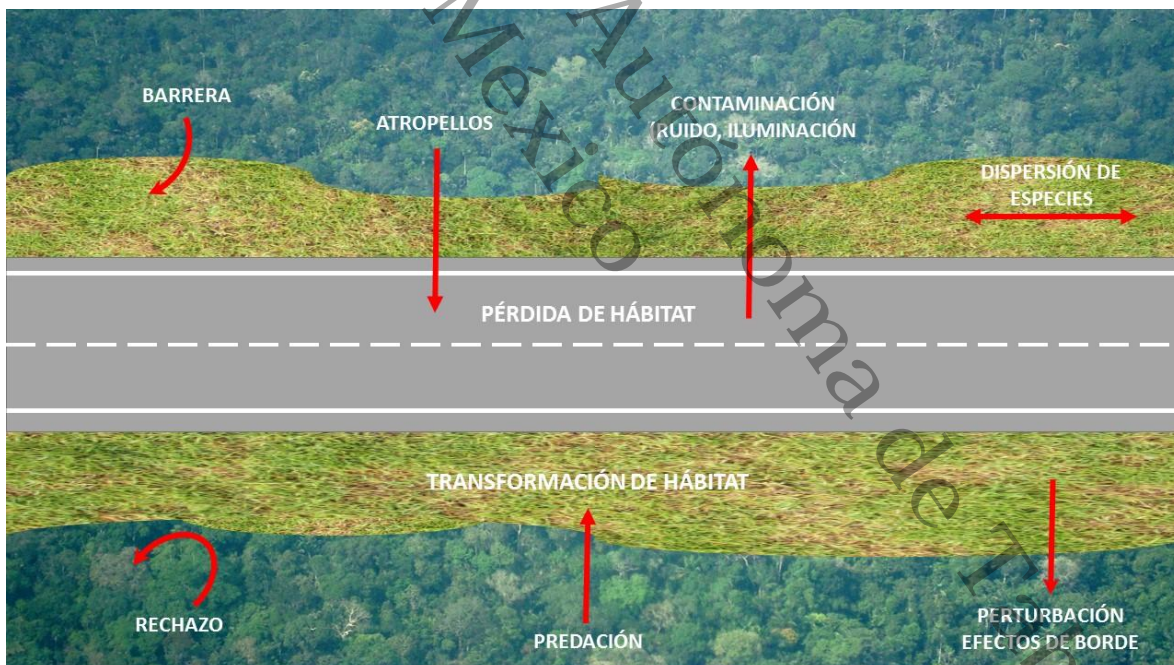
El objetivo de este estudio es determinar riqueza y abundancia de las especies que mueren en la carretera de la RBPC, para identificar las causas de su mortalidad y Determinar las variables ambientales y de la carretera que más se correlacionan con la incidencia de atropellamientos de fauna silvestre en las carreteras de RBPC.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México

### III. ANTECEDENTES

#### 3.1. Impacto de las carreteras a la fauna silvestre.

Las carreteras son consideradas de gran importancia porque representan un beneficio social y económico por lo tanto constituye un elemento importante para el desarrollo social. Pero a su vez, la apertura de estos proyectos viales es de alto impacto en la fauna silvestre, ocasionando efectos ecológicos negativos y significativos en las carreteras que impactan, fragmentando el hábitat de la fauna silvestre. Además, presentan un impacto fuerte en la persistencia de la fauna que se ve amenazada por el efecto de borde y barrera ocasionado por las carreteras. De acuerdo a (Rosell *et al.*, 2002) existen al menos cinco categorías básicas de los efectos de los caminos, los cuales se muestran en la Figura 1 y se describen a continuación:



**Figura. 1.** Efectos de las infraestructuras de transporte sobre las poblaciones de la fauna silvestre (Álvarez J, *et al.*, 2006).

### 3.1.1. Pérdida de hábitat.

Este efecto ocurre cuando se construye la infraestructura carretera y se pierde los hábitats que en ella se encuentran de forma directa. Afectando no sólo el área de la construcción de la vía de transporte sino también sus márgenes. Estos hábitats no son recuperables por la construcción permanente de la Infraestructura. Una adecuada elección del trazado puede reducir su impacto. De acuerdo con el estudio realizado por Ramos *et al.*, (2008) aunque las carreteras no se encuentren directamente sobre las áreas naturales protegidas, si se ocasiona un efecto de la pérdida de conectividad. La pérdida de conectividad en los parches de vegetación trae como consecuencia la pérdida de hábitat.

Como ejemplos podemos mencionar los siguientes. El alce (*Cervus elaphus*), es una especie bastante estudiada con la que se ha evidenciado que el incremento de caminos ocasiona un incremento en la pérdida de hábitat (Rowland *et al.*, 2005). Estudios como el de Forman *et al.*, (2003) mencionan que existe una pérdida aproximada de 1.4 hectárea de hábitat por kilómetro de carretera construido.

El jaguar es una especie cuyas poblaciones han disminuido drásticamente a lo largo de su distribución, principalmente por la pérdida del hábitat. En México sus poblaciones se mantienen numerosas aún en la Selva Maya en la Península de Yucatán (Zarza *et al.*, 2006). Un estudio sobre las preferencias en el uso del hábitat determinó que los jaguares prefieren marcadamente los ambientes forestales comparado con otros tipos de hábitat con menor cobertura forestal. Los jaguares muestran una preferencia al uso de áreas alejadas a más de 6.5 km de los asentamientos humanos y a más de 4.5 km de las carreteras. Por lo que esta es una especie que muestra su rechazo a esta infraestructura.

### 3.1.2. Efecto barrera.

El efecto barrera impide la movilidad de los organismos cuando estos rechazan la infraestructura o microhábitat que en ella se presenta, lo que trae como consecuencia limitar el potencial de los organismos para su dispersión, colonización y reproducción. Esto último debido a limita la habilidad de los organismos de encontrar parejas, incrementando la pérdida de su potencial reproductivo, lo que en un extremo puede aumentar el riesgo de extinción de determinadas poblaciones de fauna silvestre.

Aunque es menos visible que otros efectos de las vías de transporte, como el atropello de animales, el efecto barrera se considera el impacto ecológico más negativo de las infraestructuras de transporte. Esto se debe a la dificultad que tienen los animales para cruzar la vía, por encontrar obstáculos que impiden físicamente el cruce, ya sea por el vallado o por la intensidad del tráfico vehicular. Estas barreras son de igual forma provocadas por las condiciones ambientales derivadas del microclima que la carretera ofrece. También por características como el ruido, la transformación de la composición de la vegetación, o por la presencia de especies exóticas o invasoras que representan una amenaza como depredadores, para otras especies que usan la vía.

El efecto negativo de los vallados se acentúa a medida que se refuerzan con estructuras que aumentan la rigidez de la malla y evitan el libre paso de la fauna no cinegética a través del vallado. García, (1998) Obtuvo datos recogidos en los Montes de Toledo (España Central) en diferentes tipos de vallados respecto a la permeabilidad de estos fueron analizados para determinar la incidencia que tienen el tipo de valla, el tipo de hábitat y la presencia/ausencia de elementos adicionales a la malla para aumentar su impermeabilidad. Los resultados obtenidos sugieren que los vallados cinegéticos pueden actuar como factores limitantes para el desplazamiento de diversas especies.

Los canales son una barrera para mamíferos de talla mediana y grande. En la zona de los páramos del norte de España, Morales (2000), realizó un estudio en un canal de 24 km de longitud. En el canal se encontró un promedio anual de 44 a 80 mamíferos ahogados entre 1994 y 1998, mayoritariamente corzos (*Capreolus capreolus*). Para reducir los ahogamientos de reses se construyeron una serie de pasarelas, puentes estrechos y túneles. Las pasarelas de 2, 2,5 y 3,6 m fueron frecuentadas habitualmente por mustélidos, zorros y perros, pero apenas por los ungulados silvestres, durante la primavera y el verano de 1998. Los puentes de obra, (de 5 y 7,5 m) son muy utilizados por rebaños de ovejas, personas y vehículos. El frecuente uso de ambos tipos de puente por carnívoros silvestres, el tránsito humano y de rebaños de ovejas, y la escasa ocultación entre la vegetación natural, podrían ser posibles causas de su escasa efectividad para el cruce por los ungulados hacia la ribera del Carrión, por lo que los canales siguen siendo una barrera para los ungulados.

### 3.1.3. Perturbaciones.

Dentro de las perturbaciones que ocasionan se encuentran los impactos por contaminantes químicos (generados por el tráfico, o en zonas de climas fríos por la sal que utilizan en invierno). La modificación de las condiciones de temperatura de la vía, así como atrae a algunos ejemplares especialmente ectotérmicos, también por sus alteraciones, algunas especies los repelen. La contaminación ambiental por los gases y fluidos de los vehículos, son tóxicos a la fauna local. La contaminación visual producidos por las luces del tráfico vehicular también ocasiona alteraciones al ecosistema, ocasionando la atracción de algunas especies, que también se ven paralizadas por la luz y son más fácilmente colisionadas (Coffin et al. 2021).

El ruido genera el desplazamiento, reducción de áreas de actividad y un bajo éxito reproductivo, de la fauna, asociándose a el aumento de las hormonas del estrés, modifica comportamientos e interferencias en la comunicación, especialmente en las temporadas reproductivas, entre otros (Forman y Alexander, 1998).

Las alteraciones por ruido se producen principalmente según el tipo de tráfico, la intensidad, las características de la superficie de la carretera, la topografía, el tipo de vía y la estructura y tipo de vegetación adyacente. Las características geológicas y del terreno influyen en la magnitud y amplitud de las vibraciones. Algunas especies no se acercan a las zonas con mucho ruido. Por ejemplo, en países bajos, se observó que la densidad de aves disminuyó en los sitios donde el ruido por el tráfico superaba los 50 dBA, mientras que las aves forestales son sensibles a niveles de ruido tan bajos como los 40 dBA, algunas especies nidifican en zonas con altos niveles de ruido, pero con menor éxito reproductivo (Lluel *et al.*, 2005).

Las **luces artificiales** pueden afectar al ritmo normal de crecimiento de las plantas, así como los comportamientos de reproducción y alimentación de las aves, influyendo también en las costumbres nocturnas de los anfibios. Las luces pueden atraer insectos, especialmente si se trata de lámparas de mercurio, y aumentando densidad de murciélagos a lo largo de las carreteras, produciendo así la mortalidad de este grupo (Lluel *et al.*, 2005). Como es evidente todos los elementos que adiciones a una carretera que con lleven a efectos directos sobre la fauna silvestre. Lo que lleva a cambios en patrones y comportamientos reproductivos (Arroyave *et al.*, 2006).

Las carreteras ocasionan cambios en sus inmediaciones por lo que se crearán condiciones con mayor temperatura, menor humedad, mayor radiación y susceptibilidad al viento. Teniendo en consecuencia ecosistemas fragmentados y con condiciones bióticas y abióticas alteradas tanto en los fragmentos como en la matriz circundante (Laverde, 2016). En el caso de las carreteras este efecto se presentará en las inmediaciones o borde de la vía.

El efecto de borde ocasionado por el ruido, cambio del microclima, contaminación estructura tanto de la comunidad de flora como de fauna (Delgado et al. 2004). El ruido tiene un efecto que puede ir de los 25m hasta un kilómetro de distancia de la carretera (Amábilis-Sosa y Benítez, 2014) El efecto de borde ocasionado por las

carreteras puede ir de los 200m y hasta los 3,000m (Forman et al 1997; Forman et al. 2000; Laurence 2015). Lo que implica mecanismos como la disminución y fragmentación del hábitat disponible; aumento de la mortalidad por colisión, rección de la conectividad del paisaje y por último en conjunto lleva a la disminución y aislamiento de poblaciones (Coffin et al. 2021).

Las evidencias del efecto en las poblaciones, es variable, sin embargo, se considera que tienen vulnerables a la estocasticidad ambiental y demográfica (Moore et al 2023). Las especies que habitan bosques y pastizales tienen densidades poblacionales más reducidas entre más cerca estén de la vía (Reijnen *et al.*, 1996).

#### **3.1.4. Colisiones con vehículos u otras causas.**

Este tipo de impacto es muy visible afectando una gran cantidad de especies, desde pequeñas aves y murciélagos hasta grandes mamíferos, anfibios y reptiles. Otra causa son los diferentes atractivos que tienen las carreteras para ciertos animales (Rossell *et al.*, 2002 y Arroyave *et al.*, 2006). Funcionan como un nuevo elemento dentro del hábitat y es una trampa de calor que se convierte en un lugar adecuado para algunas especies. Principalmente para el grupo de los reptiles por su comportamiento y actividades en el medio natural. Ejemplos que se mencionan a continuación:

Los reptiles, incluyendo serpientes, lagartos e iguanas, son organismos ectotérmicos que dependen de fuentes externas de energía térmica para mantener su homeostasis. En consecuencia, estos individuos suelen desplazarse hacia las carreteras para aprovechar la radiación térmica retenida por el pavimento, tanto durante el fotoperiodo como en el intervalo nocturno. (Cupul, 2002).

Otro factor de atracción hacia las carreteras es la disponibilidad de recursos alimenticios, derivada principalmente de los residuos orgánicos arrojados en las vías. Estos desechos actúan como fuentes de alimento para diversas especies de

fauna silvestre que se aproximan para consumirlos, incrementando así el riesgo de atropellamiento (Cupul, 2002).

Diversas especies de fauna se ven atraídas hacia las carreteras por diferentes recursos disponibles en su entorno. Algunas aves ingieren pequeños granos de arena ubicados en los márgenes de las vías para facilitar la trituración y digestión de semillas en el tracto gastrointestinal. De igual manera, ciertos mamíferos se aproximan para consumir las sales aplicadas con el propósito de descongelar el hielo sobre el pavimento, mientras que los ciervos y otros herbívoros aprovechan la vegetación que se desarrolla en las zonas adyacentes. Además, especies carroñeras como buitres, cuervos, coyotes y mapaches se encuentran en riesgo al acudir a las carreteras para alimentarse de los organismos muertos en ellas. (Arroyave *et al.*, 2006). Otra causa está asociada a las trampas que forman los distintos elementos de las carreteras, como los son los pozos o cunetas con paredes verticales.

### **3.1.5. Funciones ecológicas de los márgenes.**

Los márgenes de las carreteras se transforman en hábitat ideales para especies que están asociadas a la perturbación. Un ejemplo son las colonias de topillos (*Chionomys nivalis*) instaladas en césped de mediana concentración de insectos en lámparas, acumulación de ratas en las alcantarillas. Esto genera que estos animales igualmente estén en riesgo de ser dañados; también son fuente de alimento para otras especies que se acercan a forrajearlos ocasionando que aumenten los riesgos de atropellamientos. Por otro lado, estos sitios se transforman en corredores biológicos o como vectores para la dispersión de especies invasoras.

### 3.2. Factores que favorecen el atropellamiento.

La ocurrencia de atropellamientos en las carreteras no presenta una distribución aleatoria, sino que obedece a un patrón espacial agregado influenciado por múltiples factores relacionados con las características de la vía, las condiciones del hábitat circundante y las particularidades ecológicas de cada especie. (Clevenger *et al.*, 2003).

La tasa y la frecuencia de atropellamientos presentan una correlación significativa con diversos factores tanto ambientales como antrópicos, entre los que se incluyen el volumen y la velocidad del tránsito vehicular, el ancho de la vía, los patrones de comportamiento de las especies y la composición de la cobertura vegetal (Arroyave *et al.*, 2006).

El incremento en el flujo vehicular podría considerarse un factor directamente asociado al aumento en la incidencia de atropellamientos de fauna silvestre. Ejemplos:

- En el estado de Florida (EE. UU.), la población de oso negro (*Ursus americanus floridanus*), actualmente catalogada como especie amenazada, presentó una tasa de mortalidad vial de aproximadamente 2 a 3 individuos por año en 1972. Sin embargo, dicha cifra se incrementó de manera significativa hasta alcanzar 44 individuos en 1989, como consecuencia del aumento en el volumen del tránsito vehicular en la región. (Noss, 2002).
- Mazerolle (2003) observó que las poblaciones del sapo *Bufo americanus* mostraron un incremento asociado a la presencia de tráfico vehicular. No obstante, para las especies de anuros *Rana clamitans*, *Rana pipiens* y *Rana sylvatica*, se registró un aumento en la mortalidad al intentar cruzar carreteras con niveles de tránsito de intensidad moderada, lo que evidencia la variabilidad en la respuesta de las diferentes especies frente a la perturbación ocasionada por las vías de comunicación.

Los resultados obtenidos indican que la densidad poblacional de las especies no responde de manera exclusiva al flujo vehicular, sino que está condicionada por múltiples factores ecológicos y ambientales, como la disponibilidad de hábitat, la estacionalidad y el comportamiento de las especies. En este sentido, para determinar con mayor precisión la influencia directa del tránsito vehicular sobre las poblaciones, es indispensable realizar experimentos de campo controlados que permitan aislar las variables asociadas y cuantificar su efecto específico en la mortalidad y dinámica poblacional. (Arroyave *et al.*, 2006).

Las elevadas velocidades de los vehículos en las autopistas aumentan de forma significativa la probabilidad de atropellamiento de fauna silvestre, ya que reducen el tiempo de reacción tanto de los conductores como de los animales al intentar cruzar la vía. Desde una perspectiva ecológica, este fenómeno genera un impacto directo sobre las poblaciones al incrementar la mortalidad no natural, alterar los patrones de desplazamiento y contribuir a la fragmentación del hábitat. La disminución en la conectividad entre poblaciones puede, a su vez, afectar procesos ecológicos esenciales como la dispersión, la reproducción y el flujo genético, repercutiendo en la viabilidad a largo plazo de las especies afectadas. Ejemplos:

Según el estudio desarrollado por Gunther, Biel y Robison (2001) en el Parque Nacional Yellowstone (Estados Unidos), la implementación de señalización dirigida a la reducción de la velocidad vehicular evidenció una disminución significativa en la frecuencia de atropellamientos de fauna silvestre. Dichos resultados confirman la efectividad de las medidas de gestión vial como estrategia de mitigación para reducir la mortalidad de especies asociada al tránsito vehicular.

Según Cupul (2002), una serie de patrones estacionales de conducta —entre ellos migraciones estacionales, conductas de cortejo y apareamiento, picos reproductivos, variaciones en la densidad poblacional y episodios de búsqueda alimentaria— incrementan la probabilidad de que los individuos entren en contacto con las vías. Estas respuestas temporales del comportamiento explican episodios

estacionales de mayor mortalidad en carretera, lo que subraya cómo los ciclos biológicos de las especies interactúan con la presión antrópica del tránsito para elevar la vulnerabilidad poblacional en periodos concretos del año.

### **3.3. El atropello de la fauna en el contexto Internacional y Nacional.**

Diversas investigaciones realizadas a nivel global han documentado tanto los efectos directos como los indirectos que las infraestructuras viales ejercen sobre individuos y poblaciones de vertebrados. No obstante, dado que la expansión de las redes de transporte ha experimentado un crecimiento acelerado en las últimas décadas, la función ecológica de las carreteras continúa siendo un tema relativamente poco abordado en la literatura científica. En consecuencia, gran parte de los impactos asociados a estas estructuras permanecen escasamente documentados, y aún se desconoce la magnitud con la que tales efectos podrían generalizarse entre diferentes especies. Es probable, sin embargo, que los impactos derivados de las carreteras actúen de manera acumulativa y presenten interacciones sinérgicas que incrementen su influencia sobre los ecosistemas. (Adán et al., 2007).

#### **3.3.1. Fauna atropellada en carreteras de América.**

En carreteras del Sur de la provincia de Huesca se analizaron datos recogidos durante 1998 y 1999 de murciélagos encontrados muertos por atropello. Se realizaron recorridos aleatorios en automóvil por las carreteras a una velocidad máxima de 80 Km/h haciendo paradas donde se detectaba la presencia de restos que hicieran presumir pudiera tratarse de algún murciélago. Una vez localizado el cadáver se realizaban paradas, y se recogían los restos para su posterior identificación. Los restos que se iban acumulando fueron recopilados sirviendo posteriormente de eficaz herramienta en la clasificación de ejemplares dudosos pudiendo de esta forma realizar la identificación también por comparación con los restos de ejemplares claramente identificados. Se registró un total de 42 ejemplares de 12 especies; conociéndose la presencia en la zona estudiada de 17 especies.

Dos son las especies claramente más afectadas por su carácter más antropófilico y que representan el 71,42% del total de los ejemplares. La mortandad varía según la especie, el ambiente, la época del año y la velocidad a la que se circula por las diferentes carreteras, siendo la época post-reproductora y los tramos de carreteras de aproximación a los núcleos urbanos en los que se observa una mayor mortandad.

Tanto la cantidad de ejemplares muertos por esta causa como el número de especies que se ven afectadas ponen de manifiesto que la muerte de quirópteros por atropello es más habitual de lo que en un principio se podría pensar, pudiendo resultar un factor en la incidencia que tiene el tráfico rodado sobre estos animales (Bafaluy, 2000).

En Colombia, Delgado, (2007) documentó la mortalidad de mamíferos registrada en la vía el Escobero (Envigado, Antioquia) y realizó un registro de los mamíferos encontrados muertos en la carretera de la vía el Escobero, durante 56 veces que se transitó por la vía, registrando los mamíferos más observados fueron los marsupiales con el 34.6%, los roedores con 34.5% y los carnívoros 20.6%, resultando que la especie más afectada por los atropellos fue el tlacuache (*Didelphis marsupialis*).

Chacón (2011) llevó a cabo un estudio en un transecto de 850 metros de una carretera nacional ubicada en el Valle Central de Costa Rica, con una duración de dos meses. El análisis consistió en el registro sistemático de todos los vertebrados muertos encontrados sobre la vía y sus márgenes, siempre que presentaran evidencias físicas compatibles con atropellamiento (aplastamiento, exposición de órganos u otras lesiones traumáticas). En los casos posibles, los ejemplares fueron identificados hasta el nivel de especie; sin embargo, el estado de los cuerpos dificultó la determinación taxonómica en ciertos individuos. En total, se documentaron trece vertebrados muertos: dos mamíferos, tres reptiles, tres aves y cinco anfibios. De los 16 recorridos efectuados, en 11 se registraron individuos

atropellados (68,75%), y solo en dos ocasiones se observaron más de dos casos por recorrido. La familia más afectada correspondió a Bufonidae, con cinco registros. Adicionalmente, se cuantificó el flujo vehicular—incluyendo automóviles, motocicletas y camiones— durante intervalos de diez minutos, observándose un incremento del tránsito en la carretera secundaria cuando la vía principal permanecía abierta. En España, Frías (1999) llevó a cabo un estudio en una carretera que atraviesa un ambiente pseudoestepario en la región central del país, con el propósito de analizar la mortalidad de aves por atropellamiento. El trabajo se basó en datos recolectados entre julio de 1989 y mayo de 1997, complementados con la realización de 155 transectos lineales que abarcaron un total de 1,237 kilómetros. Los recorridos se efectuaron en motocicleta a una velocidad constante de 25 km/h, durante el periodo matutino (10:00–12:00 h), retirando de la vía todos los ejemplares encontrados para evitar duplicidades en el conteo. Cada transecto se recorrió en ambos sentidos, cubriendo así la totalidad de la superficie vial y sus márgenes.

En total, se registraron 590 aves pertenecientes a 53 especies, de las cuales 587 se encontraron muertas y tres heridas; el 4,57% (27 individuos) no pudo ser identificado. Entre las especies afectadas, 17 correspondieron a aves no paseriformes y 36 a paseriformes. Las especies con mayor incidencia de atropellamiento fueron el mochuelo común (*Athene noctua*), la perdiz común (*Alectoris rufa*) y los gorriones común y moruno (*Passer domesticus* y *P. hispaniolensis*), que en conjunto representaron el 41,5% de las víctimas registradas. La mayor tasa de mortalidad por kilómetro recorrido se observó durante la época reproductiva, lo que sugiere una relación entre el incremento de la mortalidad y la inexperiencia de las aves juveniles, así como con el aumento del flujo vehicular en dicho periodo.

En Colombia, Vargas-Salinas et al. (2011) evaluaron las variaciones en la estructura y composición de los ensamblajes de anfibios y reptiles a lo largo de un tramo de 2,4 km de la vía Buga–Buenaventura, el cual atraviesa la Reserva Forestal Bosque

de Yotoco. El estudio se desarrolló entre febrero y julio de 2006, mediante dos recorridos semanales orientados al registro de vertebrados muertos sobre la carretera. El segmento monitoreado incluyó 400 metros adicionales fuera de los límites legales de la reserva, completando un total de 2,4 km evaluados. Para cada individuo encontrado —muerto o en estado de descomposición— se registró la fecha de observación y se realizó la identificación taxonómica hasta el nivel de género o especie cuando fue posible. Las carcasas fueron retiradas tras su registro para evitar duplicidades en el conteo.

El estudio estimó una tasa de mortalidad promedio de un vertebrado cada 3–4 días, siendo los anfibios y reptiles los grupos más afectados, representando aproximadamente el 50% de los registros (serpientes: 0,047 individuos/día/km). Los resultados sugieren que los anfibios presentan una mayor sensibilidad a las perturbaciones asociadas a la infraestructura vial en comparación con los reptiles. En total, se identificaron ocho especies de anfibios y trece de reptiles.

En Argentina, Barri (2010) llevó a cabo un relevamiento preliminar con el objetivo de cuantificar el número de especies e individuos de mamíferos silvestres de talla mediana y grande muertos por colisión vehicular en tres tramos de carreteras nacionales adyacentes a áreas naturales protegidas. El muestreo se efectuó recorriendo cada tramo seleccionado en un vehículo a una velocidad comprendida entre 10 y 20 km/h por debajo del límite mínimo permitido (60 km/h en carreteras nacionales), realizando los trayectos de ida y vuelta en un lapso de 24 horas. Previo a cada recorrido, se consultó el pronóstico meteorológico con el fin de asegurar condiciones óptimas de visibilidad y ausencia de precipitaciones, efectuando los desplazamientos durante la mañana (a partir de las 9:00 h). Durante el recorrido de ida, se registraron en planillas todos los individuos muertos localizados sobre la vía, documentando su posición exacta. En la jornada siguiente, se repitió el procedimiento en sentido contrario, siguiendo la misma metodología para corroborar los registros y contabilizar nuevos eventos de atropellamiento.

Los resultados obtenidos por Barri (2010) permitieron estimar que las carreteras argentinas adyacentes a áreas naturales ejercen un efecto potencialmente negativo sobre la mastofauna silvestre. Las colisiones vehiculares se constituyen en un factor adicional de mortalidad dentro de la dinámica poblacional de las especies nativas, pudiendo, en determinados casos, aumentar el riesgo de extinción local. Los hallazgos del estudio indican que los atropellamientos representan una amenaza significativa para la conservación de poblaciones de mamíferos medianos y grandes en riesgo, tales como el gato montés (*Leopardus geoffroyi*), el zorro colorado (*Lycalopex culpaeus*), el zorro chilla (*Lycalopex griseus*) y la mara (*Dolichotis patagonum*). En especies cuyas poblaciones presentan tamaños reducidos, la evidencia disponible sugiere que, para mantener su viabilidad poblacional, resulta tan relevante como la restauración del hábitat la reducción de los factores de mortalidad de origen antrópico, entre ellos las colisiones vehiculares.

#### **3.4. Fauna atropellada en carreteras México.**

En Oaxaca, Grosselet et al. (2007) llevaron a cabo un monitoreo de fauna silvestre atropellada a lo largo de un tramo carretero ubicado en el sur del estado. El estudio se desarrolló durante el otoño de 2007, mediante recorridos diarios realizados en bicicleta dos veces al día, con el propósito de registrar e identificar los vertebrados atropellados. En los casos en que el estado de los cadáveres lo permitió, los individuos fueron identificados taxonómicamente y clasificados por grupo. Cada registro fue marcado con pintura junto al cuerpo para evitar duplicidades, monitoreándose de manera continua un segmento de 1,2 km de longitud.

En total, se contabilizaron 221 vertebrados atropellados, evidenciando uno de los niveles de impacto más elevados documentados por colisión vehicular sobre fauna silvestre. Los resultados subrayan la necesidad de continuar desarrollando investigaciones de este tipo en México, donde la información sobre la magnitud del impacto vial en la biodiversidad aún es limitada, a pesar de la extensa red carretera nacional y su potencial influencia sobre las comunidades faunísticas.

En Veracruz, Morales *et al.*, (1997), realizaron un análisis cualitativo y cuantitativo de vertebrados atropellado en un tramo de ocho kilómetros de carretera asfaltada localizada en la región de los Tuxtlas, al sureste del estado de Veracruz. Durante 24 periodos de muestreo de cinco días, con una semana de interrupción y por un periodo de dos años, se revisó cada lado del camino y colectaron y/o fotografiaron los animales atropellados. Los cadáveres fueron removidos del pavimento para evitar el recuento. Se realizó un mapeo de los sitios muestreados con el fin de establecer las áreas de mayor impacto. Registrando un total de 468 vertebrados atropellados que incluyen 73 especies. Destacan los reptiles con 30 especies y 166 individuos. Las especies de vertebrados con más individuos accidentados fueron; la lagartija (*Sceloporus teapensis*) con 28; el tlacuache (*Didelphis marsupialis*), con 73; el sapo (*Bufo marinus*) con 102 individuos. La mayor cantidad de organismos arrollados se agrupan entre los meses de marzo-agosto; se discute esta variabilidad estacional en relación a las condiciones climáticas y distribución de los cadáveres en la carretera de acuerdo a los ambientes circundantes.

En Veracruz, Morales *et al.*, (1997) realizaron muestreos periódicos en el tramo de carretera comprendido entre la población de Catemaco, Veracruz y la entrada al Parque de la Flora y Fauna Silvestre Tropical (carretera a Coyame), durante 12 meses en un transecto de poco más de 8 kilómetros de carretera asfaltada. Los ambientes que circundan esta carretera corresponden a: acahuales (bajos y selváticos), pastizales, zonas de cultivo y áreas de asentamientos humanos, incluyendo también combinación de ambientes como pastizal- acahual, los resultados obtenidos muestran un registró total de 198 ejemplares de vertebrados superiores atropellados, incluyendo 49 especies diferentes. Destacan los reptiles con 65 ejemplares y 22 especies, la más frecuente fue (*Sceloporus variabilis*) 18 individuos: los mamíferos con 62 ejemplares y 10 especies, siendo el más frecuente, por mucho, el tlacuache (*Didelphis marsupialis*), con 42 individuos encontrados; los anfibios con 50 ejemplares y 7 especies (*Bufo marinus*) destaca por su mayor frecuencia 30; por último, las aves, con 21 ejemplares y 10 especies, siendo la más frecuente (*Nyctidromus albicollis*) 7 individuos. La mayor cantidad de organismos

encontrados fueron ubicados en áreas donde la vegetación circundante era acahual (150 ejemplares) y en menor cantidad en pastizal (84 ejemplares).

En el estado de Veracruz, González (2011) analizó la riqueza y abundancia de vertebrados atropellados a lo largo de un tramo de 14 km de la carretera Amozoc–Cantona–Perote, comprendido entre los kilómetros 90 y 103+820, el cual atraviesa dos tipos de ambientes: Llano y Malpaís. El estudio se desarrolló durante 29 días efectivos distribuidos entre el segundo semestre de 2010 y el primero de 2011. En total, se registraron 963 organismos atropellados, estimándose una diversidad Gamma de 162 especies, y valores de diversidad Alfa de 36 para el ambiente Malpaís y 32 para Llano, con índices de Shannon (H) de 0.97 y 0.76, y de dominancia (D) de 0.195 y 0.388, respectivamente. Los valores de diversidad Beta indicaron una similitud del 97.88% y una complementariedad de Bray-Curtis de 0.143 entre ambos ambientes.

Adicionalmente, se efectuaron muestreos mediante trampeo en zonas adyacentes a la carretera con el propósito de evaluar la correlación entre la riqueza y abundancia de roedores atropellados y el estado de las poblaciones naturales. Con un esfuerzo de 648 noches/trampa y 29 días de búsqueda en carretera, se registraron nueve especies de roedores por trampeo frente a 16 especies identificadas como atropelladas. En términos de abundancia, se capturaron 252 individuos vivos frente a 736 encontrados muertos por colisión vehicular. Ocho especies fueron comunes a ambos métodos de muestreo, lo que resultó en una complementariedad del 46.6% y una similitud de Bray-Curtis de 0.40. El autor discute posibles factores que pudieron influir en los resultados y plantea recomendaciones metodológicas para investigaciones futuras.

En el mismo Veracruz, Ruíz-Ramírez et al. (2022), encuentra que la especie más registrada por colisiones, son los *Didelphis marsupialis*. Resaltando que la afluencia vehicular es uno de los factores más relevantes, que influye en los atropellos.

Remarcando que los registros tanto sistemáticos como incidentales son complementarios para la documentación de este tipo de impacto.

### 3.5. Fauna atropellada en carreteras de Tabasco.

En Tabasco los estudios se dirigen principalmente a registro de fauna atropellada en tramos carreteros tanto de la planicie Tabasqueña y de carreteras en áreas Naturales protegidas.

La autopista de cuatro carriles Villahermosa- Macuspana, en Tabasco, México fue estudiada por Valdez-Leal *et al.*, (2005). El estudio buscaba analizar el efecto sobre la fauna silvestre, que causaría la construcción de un bordo contra inundaciones. En el muestreo que se hizo de agosto del 2004 a mayo del 2005, en un tramo de 8km de distancia donde se existe alta incidencia de fauna atropellada. Las especies más registradas son: la iguana (*Iguana iguana*) y el tlacuache (*Didelphis marsupialis*). Debido al intenso paso de vehículos a gran velocidad, existe una gran cantidad de animales atropellados, teniendo una gran importancia que un alto porcentaje de las especies se encuentran en las listas de protección de México.

Las carreteras de la cuenca baja del río Usumacinta de octubre 2005- abril 2006 se fueron revisados un total 8,085km. Y obtuvieron un registro total de 114 animales muertos, constituyendo los mamíferos el 61.4%, las aves el 7.9% y los reptiles el 30.7%. Los resultados demostraron que los reptiles fueron más atropellados en la estación seca, que en la de lluvia ( $H= 10.165$ ,  $df= 1$ ,  $p=0.001$ ) (Pozo Montuy y Bonilla 2009).

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. General:

Caracterizar los atropellamientos de la fauna silvestre a lo largo de una carretera de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla por medio de dos métodos complementarios de muestreo.

### 4.2. Particulares:

1. Determinar la composición de fauna atropellada a lo largo del tramo del km 0+000 al 33+000 de la Carretera Frontera-Jonuta.
2. Describir las variables carreteras y de hábitat, relacionadas con los sitios con la mayor incidencia de atropellamiento.

## V. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

- Localización Geográfica

La RBPC se localiza al noreste del estado de Tabasco, abarcando 302,706 ha, que representan el 12.27% de la superficie total de la entidad. Se ubica entre las coordenadas geográficas 17° 57' 53" y 18°39' 03" de latitud norte y 92° 06' 39" y 92° 47' 58" de longitud oeste.

Sus límites extremos son al norte con el Golfo de México en la desembocadura del río San Pedro y San Pablo, y con la ciudad de Frontera; al este con los límites territoriales del estado de Tabasco con el de Campeche. Al sur con el río Los Bitzales hasta su unión con el río Grijalva y al oeste con el Arroyo Las Porfías y parte de la carretera Villahermosa - Ciudad del Carmen. Como su nombre lo indica la Reserva se encuentra en su mayor parte dentro del municipio de Centla con 225,108 ha; el de Jonuta con 65,651 ha y en menor proporción el municipio de Macuspana con 6,280 ha.

Pantanos de Centla fue decretada área natural protegida, bajo la categoría de Reserva de la Biosfera, el 6 de agosto de 1992. El área representa la cuenca hidrológica más importante de Mesoamérica por el volumen de descarga, la extensión de sus pantanos y humedales, y la riqueza biológica de su vegetación acuática. También fue inscrita en 1995 en la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, conocida como RAMSAR. Acorde al decreto se define el establecimiento de dos zonas núcleo y una de amortiguamiento. La Zona Núcleo I se ubica al sur del área ocupando una superficie de 57,738 ha. Limita al norte con el Arroyo Los Ídolos a partir del cual se dirige a la Laguna El Paquial hasta su unión con el río Usumacinta y con las lagunas Tocual, Cantemoc y Guanal; al sur limita con las Lagunas La Concepción, Tasajera y Landeros. Al este con el campo petrolero "Usumacinta" con las lagunas Cantemoc, Zarzal, El Retiro, Pichalito y Sargazal en el Arroyo Los Naranjos y el Campo Petrolero "Hormiguero". Al Oeste colinda con el río Grijalva, la laguna El Viento y el río Bitzal.

En esta zona cuenta con una mayor longitud de canales por hectárea que las otras dos zonas de manejo y esta apertura de canales está ocasionando cambios en la vegetación circundante modificando a su vez las características ambientales y biológicas del lugar (Guerra-Martínez y Ochoa-Gaona, 2008).

La Zona Núcleo II mantiene una superficie de 75,857 ha y se ubica al Norte de la Reserva. Al norte su límite se ubica a 5 km al Sur aproximadamente de la carretera Villahermosa - Ciudad del Carmen; y con el río San Pedro y San Pablo desde el Arroyo El Sábalo hasta el Arroyo Grande. Al Sur limita con el río Usumacinta desde la comunidad de San Miguel hasta Tres Brazos y con el río San Pedrito desde Quintín Arauz hasta el Arroyo Francisco del Real. Al este sus límites se encuentran a 2 kilómetros aproximadamente del río San Pedro y San Pablo, desde Arroyo Grande pasando por el Campo Petrolero El Tamarindo hasta la unión con el río Usumacinta. Al oeste con el río San Pedrito desde el Arroyo Francisco del Real hasta la ranchería San Juan.

Aunque esta actividad se ha realizado desde antes de la creación de la Reserva, la zonificación incluyó dentro de sus dos Zonas Núcleo lugares donde se encuentran 18 campos petroleros y 31 pozos en producción, sitios de exploración, pozos taponados e infraestructura que requiere de mantenimiento y tal vez nuevas obras. Si bien es cierto que no se cuenta con indicadores de los cambios en la estructura y función de los ecosistemas, por los efectos causados históricamente por PEMEX, si se pueden comparar los lugares donde se extraen los productos del petróleo y donde los ecosistemas no han sido afectados por la deforestación, alteración de flujos de agua, contaminación, creación de infraestructura e incidentes por derrames.

Según el conteo de población y vivienda de 1995 en la RBPC se encuentran 16,293 habitantes, de los cuales el 68% corresponden al municipio de Centla, el 20% a Macuspana y el 12% a Jonuta—todos habitando de forma legal (INEGI, 1996). La población se distribuye en 72 comunidades dispersas, algunas de las cuales son de

menos de 500 habitantes. Un porcentaje importante (46.8) está representado por población indígena que se agrupa en 19 comunidades, entre ellas Tres Brazos, Chichicastle y Quintín Arauz. La lengua predominante es la maya-chontal. Se estima que 4,159 personas desarrollan actividades primarias como la pesca y agricultura.

La tenencia de la tierra se encuentra de la siguiente forma, los terrenos ejidales ocupan el 53.1% del total del área protegida (se distribuyen en la zona núcleo y de amortiguamiento), los terrenos nacionales se encuentran dispersos por toda el área, pero en mayor proporción en las zonas núcleo I y II y representan el 20.6%, la propiedad privada cuenta con el 15.4% y agrupa alrededor de 800 propietarios, la zona federal con 6.8%, las zonas envolventes con 2.1% y las tierras sin especificar el 2% (INE, 2000). Las principales vías de comunicación terrestre asociadas al área de estudio comprenden la carretera Villahermosa–Frontera–Ciudad del Carmen, que delimita la porción norte y occidental de la RBPC, y, hacia el sur, la carretera Villahermosa–Ciudad PEMEX–Jonuta–Palizada. En cuanto a las vías secundarias, destacan las terracerías de la carretera Frontera–Jonuta, la cual atraviesa la RBPC en sentido norte–sur por su zona central, así como un ramal de esta misma ruta que se extiende paralelamente al cauce de los ríos San Pedro y San Pablo (INE, 2000).

En la región este, se ubica la carretera Villahermosa–Buenvista–Boca de Chilapa, que recorre cerca de 22 km de la margen izquierda del río Grijalva y, al sur de la carretera a Ciudad PEMEX–ranchería Bitzal que recorre la margen derecha del río Bitzal (INE, 2000) y otros caminos dentro de la reserva que han ido construyendo Petróleos Mexicanos para llegar a puntos de exploración.

Entre las vías de acceso más relevantes se encuentra el camino denominado La Pera, con una longitud aproximada de 15 km, el cual penetra en la Zona Núcleo II, ubicada al norte de la Reserva. En la actualidad, el uso de los ríos como medio principal de comunicación ha disminuido significativamente, manteniéndose únicamente con fines familiares o de acceso a parcelas y carreteras. La navegación fluvial, aunque en desuso, aún permite el ingreso a la RBPC desde la ciudad de

Villahermosa a través del río Grijalva o desde Jonuta mediante el río Usumacinta; ambos cuerpos de agua se interconectan dentro del área natural a través de una red de arroyos, canales y lagunas (INE, 2000).

## VI. METODOLOGÍA

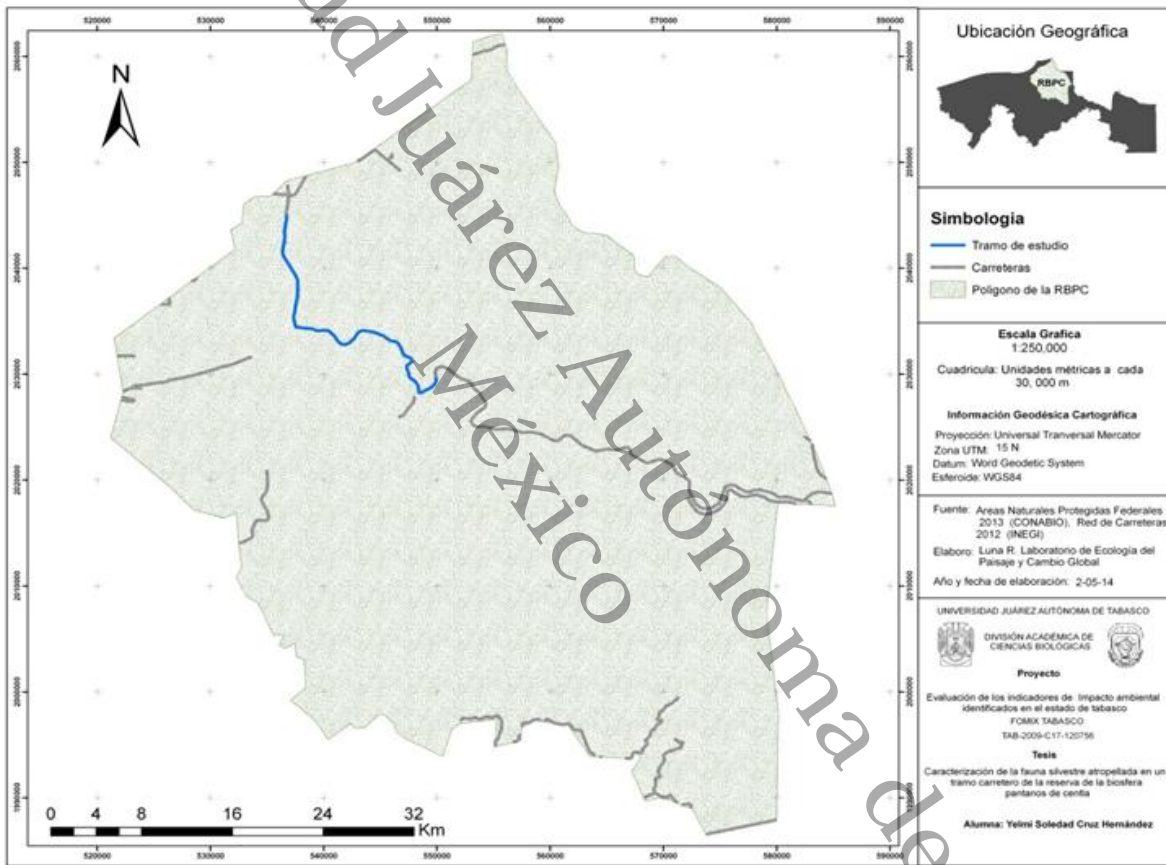
Esta investigación se realizó en el tramo carretero del km 1+000 al 33+000 de la Carretera Frontera-Jonuta que está dentro de un Área Natural Protegida RBPC.

Los recorridos del trazo carretero se realizaron dos veces a la semana durante cuatro meses (abarcado la estación lluviosa), y se utilizaron 3 tipos de registro: recorridos de velocidad constante del tramo, inventarios directos de parcelas y registro de inventarios fuera de parcelas. El registro fue un día para recorridos, y el siguiente para inventarios directos de parcelas y registro de inventarios fuera de parcelas. En los tres se realizaron el inventario de los animales atropellados, registrándolos en un formato de campo, así como las variables del hábitat aledaño del punto de atropellamiento.

### 6.1. Delimitación del sitio de muestreo.

Se realizó la revisión cartográfica de la carretera que atraviesa la RBPC de Frontera a Jonuta. Posteriormente se seleccionó como parte del proyecto de investigación la primera sección de carretera para la realización del muestreo (Ver Figura 2). La selección de este sitio obedece a dos puntos clave 1) Facilidad de acceso en horas de la mañana para realizar el muestreo; 2) Alta densidad de población (Plan de manejo), por lo que se tiene un mayor flujo vehicular y se estima una mayor amenaza a la fauna. Por lo que se delimitaron únicamente los primeros 33 km de la carretera Frontera-Jonuta ocupando las coordenadas de inicio  $18^{\circ} 29' 49.28''$  N,  $92^{\circ} 39' 7.14''$  O y la final  $18^{\circ} 21' 26.53''$  N,  $92^{\circ} 31' 38.40''$  O.

El tramo carretero presenta las siguientes características ambientales, tales como zonas bajas como manglares, río, y canales. A lo largo del mismo se ubican la presencia de algunos asentamientos humanos pequeños. Y en función de la facilidad de la logística para los muestreos, se determinó que, en los 33 km, se tenía un número representativo de parcelas y recorridos, con espaciamentos mínimos, por lo que la sección fue únicamente de esa medida.



**Figura 2.** Mapa de Ubicación de la Carretera de la RBPC del tramo de los 33 km de Frontera a Jonuta.

## 6.2. Registro por recorridos de velocidad constante del tramo.

Para los recorridos de velocidad constante, se colocaron los puntos de inicio de cada recorrido al azar, debido que durante los atropellamientos parte de las evidencias se pierden por el forrajeo de carroñeros, o por el mismo flujo vehicular, que desaparecen las carcasas. Para evitar el error por la hora de muestreo se dio inicio a las 7:00 am, pero se seleccionó al azar el punto de inicio del recorrido.

Por lo que para disminuir este efecto se propuso colocar el punto de inicio de esa manera, el cual podría iniciar en el km 0+000 o al final en el km 33+000 del tramo carretero, que serán evaluados para cada día de muestreo y se ubicaron en un mapa los diferentes puntos de inicio del tramo (Ver figura 3).



**Figura 3.** Esquema de ejemplo de ubicación de punto de inicio de Recorridos a Velocidad Constante.

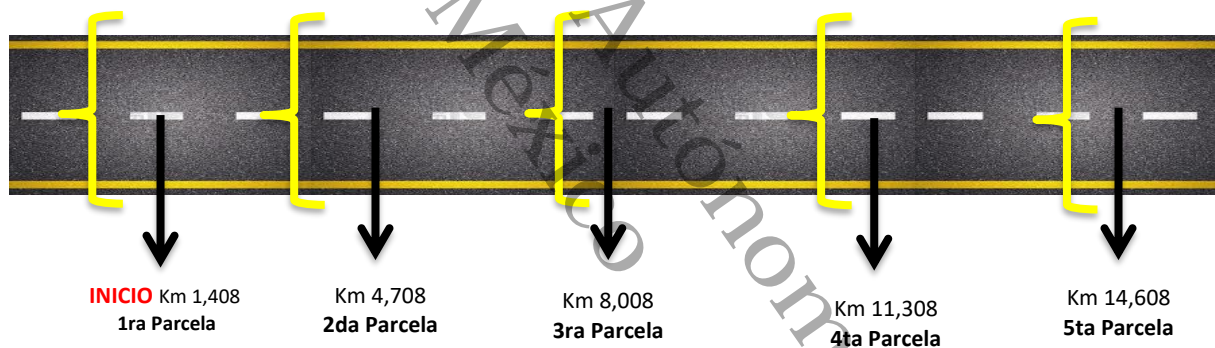
## 6.3. Registro por inventarios directos de parcelas

Para el muestreo de las parcelas, estas se localizaron a intervalos de 3 km, con parcelas de 300 m de largo por el ancho de calzada de la carretera de siete metros comprendiendo los dos metros y medio del término de la carretera hacia afuera para incluir el acotamiento obteniendo el ancho total de los 12 metros del ancho de corona de la carretera (Ver figura 4), de los 33 km del trazo carretero. El punto de inicio de cada parcela, igualmente se determinó previamente por una lista de números aleatorios, en donde se seleccionó un número que correspondió al punto de inicio de la primera parcela, reiniciando en el punto señalado como de inicio, hasta completar las 10 parcelas (Saenz y Pacheco 2011; Comunicación personal), (ver ejemplo Figura 5). El espacio entre las parcelas fue medido por medio del odómetro del vehículo, y los metros fueron medidos por medio de un odómetro manual.



**Figura 4.** Esquema de una carretera (sección tipo A2)

(Fuente: Comunicaciones y Transportes 2022).

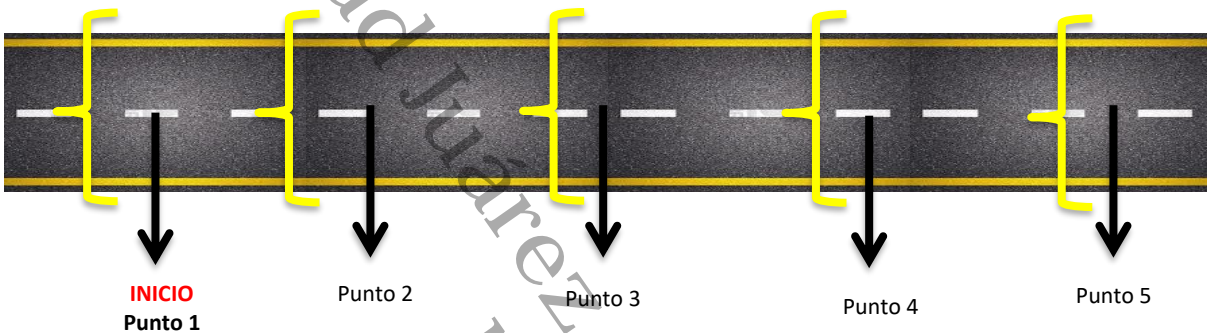


**Figura 5.** Esquema de ejemplo de registro por inventarios directos de parcela.

(Elaboración propia).

#### 6.4. Registro por inventarios fuera de parcelas.

Para el registro por inventarios fuera de parcelas, este se realizó en conjunto el mismo día que se muestreo el de inventarios directos de parcelas, el cual se iniciaba cuando se finalizaba cada parcela entre los espacios de los 3 km que se dejaban de parcela a parcela, (Ver figura 4), hasta completar los 10 puntos de registros de los 33 km del trazo carretero que fue evaluado.



**Figura 6.** Esquema de ejemplo de registro por inventarios fuera de parcela.

(Elaboración propia)

##### a. REGISTRO DE ANIMALES ATROPELLADOS.

Los registros se realizaron por recorridos a velocidad constante y por muestreos directos de parcelas.

El muestreo por recorridos de velocidad constante se definió como recorridos a una velocidad promedio de 20 km/h en un vehículo automotor (Colino, 2011 y Sáenz *et al.*, 2011). Durante el recorrido dos personas observan la carretera para identificar posibles individuos atropellados. Cada encuentro con un animal se detiene el vehículo y se registran todos los datos previamente acordados. Se reanuda el recorrido, y se hace el levantamiento de todos los datos hasta llegar al punto final.

Para llevar el registro de la fauna atropellada se utilizó un formato (Ver Anexo 3) con los campos de fecha, hora, coordenadas, tipo de carretera, especie atropellada, edad, sexo, número de animales atropellados, asentamientos humanos, vegetación, cuerpo de agua, señalamientos (Colino, 2011; Sáenz *et al.*, 2011).

La identificación de la fauna atropellada se realizó por medio de comparación con las Guías de campo siguientes: Guía de anfibios y reptiles de la Biosfera de Sian Ka'an y zonas aledañas (Calderón *et al.*, 2008), Anfibios de la región de Calakmul, Campeche, México (Cedeño *et al.*, 2006), *A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world* (Lee C. J, 2000) y Aves de México (Peterson y Chalif 1989).

En caso de no poder realizar la identificación el material no se colectó, sólo se tomaron fotografías a los individuos (Lara-Gómez, 2008), las cuales se analizaron en gabinete con un grupo de expertos. En los casos en que no se logró determinar a nivel de especie, se dejaron como grupo taxonómico.

Para el registro por parcelas se realizó un recorrido detallado de cada parcela de 300 m de longitud y un ancho total de corona de (12 m), (Saenz y Pacheco 2011; comunicación personal). En ese recorrido se tomaron los registros de todos los animales atropellados (Ver Anexo 2), así como las características del hábitat aledaño a la carretera de la parcela (Ver anexo 3).

Este registro se realizó caminando para recorrer a detalle toda el área de la parcela. Para cada parcela se tomó la hora de inicio y hora de término, al igual que las coordenadas en el inicio y fin de la misma. Adicionalmente se registró cada individuo localizado, del cual se tomaron los datos ya mencionados anteriormente en el formato de campo (Anexo 4). Posteriormente se tomaron fotografías para cada parcela del inicio y fin, de la vegetación de ambos lados de la carretera y de los organismos que se registren dentro de la misma. El procedimiento de identificación fue el mismo que para los Recorridos de Velocidad Constante.

Así mismo se tomaron los mismos datos para el registro de inventarios fuera de parcelas el cual se realizó por recorridos a una velocidad promedio de 20 km/h en un vehículo automotor (Colino, 2011 y Sáenz *et al.*, 2011). Durante el recorrido dos personas observan la carretera para identificar posibles individuos atropellados.

Cada encuentro con un animal se detiene el vehículo y se registran todos los datos previamente acordados. Se reanuda el recorrido, y se hace el levantamiento de todos los datos hasta llegar al punto final.

#### **b. ANALISIS DE DATOS.**

Para analizar los datos se elaboró una base de datos con tres secciones. En la primera se agruparon todos los datos de la fauna localizada como atropellada durante los recorridos de velocidad constante. Los cuales además están asociados a las características de cada punto de muestreo en cuanto a su hábitat aledaño a la carretera, distancia a los cuerpos de agua más cercanos, distancia a los asentamientos humanos más cercanos y características de la carretera; así como el tipo y distancia de la señalética más cercana. La segunda sección contiene igualmente el mismo esquema de datos, pero agrupados por parcelas de muestreo. Se determinó la riqueza de especies y sus abundancias por grupo taxonómicos. Realizando el análisis en algunos casos hasta especie.

## VII. RESULTADOS

Se realizaron un total de 17 recorridos obteniendo un total de 561 km. En parcelas se muestrearon un total de 140 que representan 1,680.000 m<sup>2</sup>. Ambos sistemas revisados del mes mayo al mes de septiembre.

Se obtuvieron un total de 455 registros (**Ver Anexo 1**). Lo que representa el 12.33% de la riqueza de aves, mamíferos, anfibios y reptiles de la RBPC (Programa de manejo reserva de la biosfera pantanos de Centla, mayo 2000).

**Tabla 1.** Registro de Riqueza de especies por tipo de muestreo en el Tramo carretero de la RBPC.

TIPO DE MUESTREO	TOTAL	VELOCIDAD CONSTANTE	PARCELAS	FUERA DE PARCELA
Especies	47	41	23	29
Familia	29	26	15	17
Orden	12	12	6	6
Clase	4	4	4	4

**Tabla 2.** Registro de Riqueza de especies por grupo faunístico en el Tramo carretero de la RBPC.

GRUPO FAUNISTICO	TOTAL	VELOCIDAD CONSTANTE	PARCELAS	FUERA DE PARCELA
AVES	20	12	4	8
MAMIFEROS	7	6	1	3
REPTILES	23	19	14	14
ANFIBIOS	6	4	6	5

### 7.1. Registro por recorridos de velocidad constante del tramo

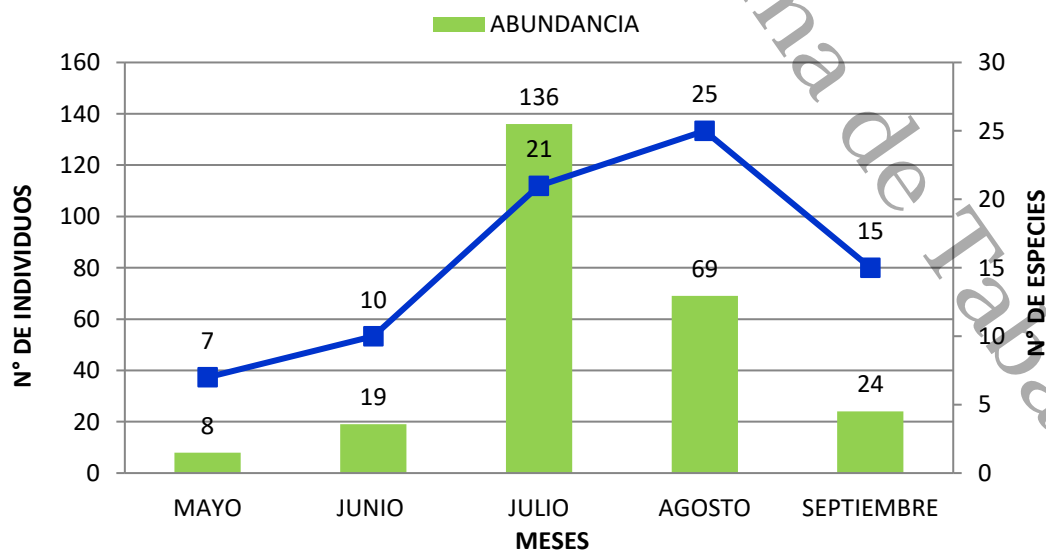
Se encontraron un total de 256 registros, Distribuidos en 41 especie, 26 familias, 4 clase, 12 orden.

**Tabla 3.** Registro Riqueza de especies por recorrido de velocidad constante en el Tramo carretero de la RBPC.

MES	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
	<b>Riqueza</b>				
Especies	7	10	21	25	15
Familia	7	8	12	17	14
Orden	3	5	4	8	9
Clase	3	3	3	4	4

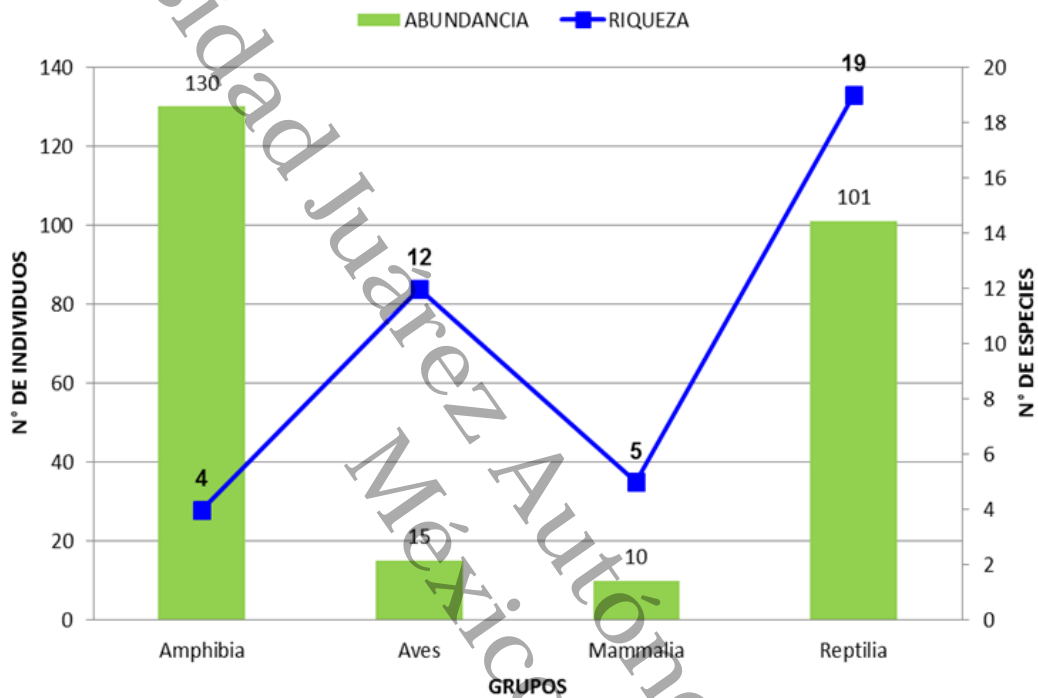
La especie más abundante fue *Chaunus marinus* con 104 individuos. El orden que presento la mayor abundancia fue **Anura** con 130 individuos seguida de la **Squamata** con 83 individuos fueron los órdenes más representativos.

En los meses donde se registró mayor abundancia de atropellos fueron en el mes de julio con 136 individuos y agosto con 69 individuos. Obteniendo en esos meses la mayor riqueza de especies reportando que para el mes de agosto se obtuvo una riqueza mayor con 25 especies y en julio con 21 especies (Ver Figura 7).



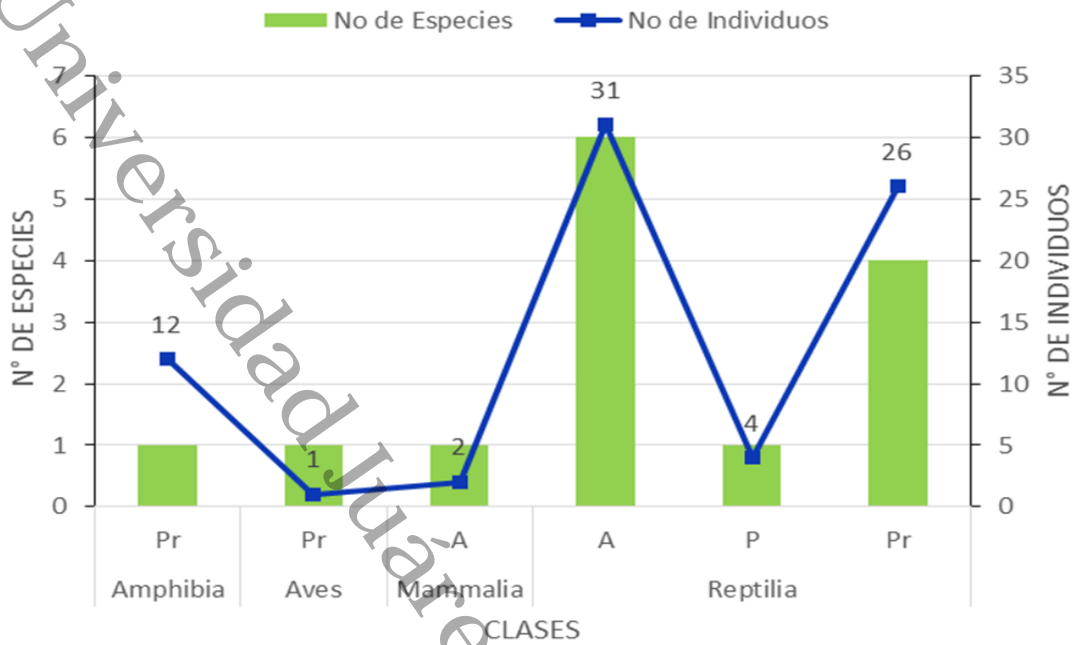
**Figura 7.** Riqueza y Abundancia de especies por mes de recorrido de velocidad constante en el tramo carretero de la RBPC.

Para el registro por recorridos, las clases más abundantes fueron Amphibia con 130 individuos seguida de la clase de Reptilia 101 individuos. Obteniendo que para la riqueza se registró igual la clase Reptilia con 19 especies y Aves con 12 especies. (Ver Figura 8).



**Figura 8.** Riqueza y Abundancia de especies por clase de recorrido de velocidad Constante en el tramo carretero de la RBPC.

De las especies protegidas por la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, se encuentran siete especies en categoría (A), una especie en categoría (P) y seis especies en la categoría de (Pr) (*Kinosternon acutum*, *Kinosternon leucostomum*, *Trachemys scripta*, *Iguana iguana*, *Tigrisoma mexicanus* y *Lithobates berlandieri*) es la más abundante con 12 individuos. (Ver Figura 9).



**Figura 9.** Especies en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** de recorrido de velocidad constante en el Tramo Carretero de la RBPC.

## 7.2. Registro por inventarios directos de parcelas.

Se encontraron un total de 86 registros en los inventarios realizados por parcela. Distribuidos en 23 especie, 15 familias, 4 clases, 6 orden.

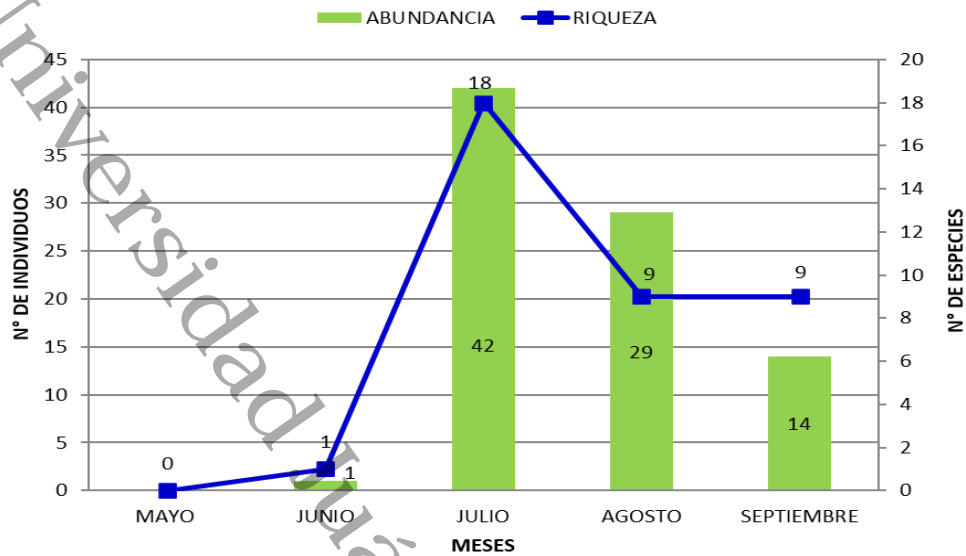
**Tabla 4.** Registro Riqueza de especies por muestreo de parcelas en el Tramo carretero de la RBPC.

MES	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
	<b>Riqueza</b>				
Especies	0	1	18	9	9
Familia	0	1	12	6	6
Orden	0	1	5	3	4
Clase	0	1	3	4	3

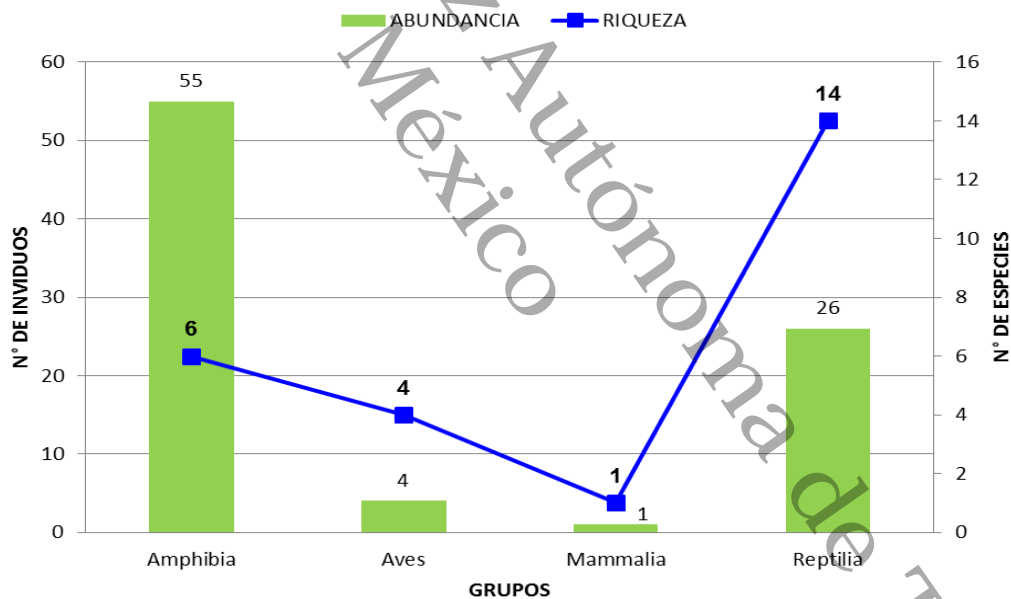
Para el registro por inventarios directos de parcelas se reporta que la especie más abundante fue nuevamente (*Chaunus marinus*) con 33 individuos. Obteniendo el orden Anura con 54 individuos, seguida de la Squamata con 21 individuos que presentaron la mayor abundancia igual para el muestreo por recorridos.

En los meses donde se registró mayor abundancia de atropellos para el registro por inventarios directos de parcelas fueron nuevamente en los meses de julio con 42 individuos y agosto con 29 individuos. Obteniendo en esos meses la mayor riqueza de especies reportando que para el mes de julio se obtuvo una riqueza mayor con 18 especies y para los meses de agosto-septiembre se registró la misma riqueza con 9 especies (Ver Figura 10).

En las parcelas, las clases más abundantes fueron Amphibia con 55 individuos seguida de la clase de Reptilia 26 individuos al igual que fue para el muestreo por recorridos. Para la riqueza se registraron las mismas clases Reptilia con 14 especies y Amphibia con seis especies. (Ver Figura 11).

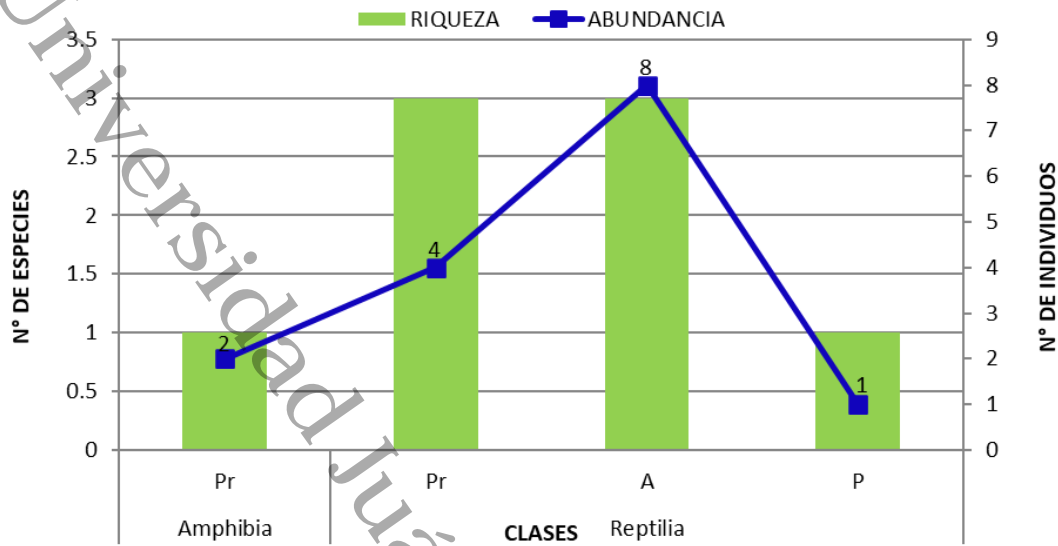


**Figura 10.** Riqueza y Abundancia de especies por mes por inventarios directos de parcelas.



**Figura 11.** Riqueza y Abundancia de especies por clases por inventarios directos de parcelas.

De las especies protegidas por la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, que se reportaron para el muestreo por inventarios directos de parcelas se encuentran tres especies en categoría (A), una especie en categoría (P) y cuatro especies en la categoría de (Pr) (*Kinosternon acutum*, *Trachemys scripta*, *Iguana iguana* y *Lithobates berlandieri*). (Ver Figura 11).



**Figura 12.** Especies en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** por inventarios directos de parcelas.

### Registro de animales atropellados

La especie más abundante fue un anfibio, el sapo marino (*Chanus marinus*), con 137 registros. Las especies menos abundante fueron *Zenaida asiatica*, *Turdus grayi*, *Tigrisoma mexicanus*, *Kinosternon leucostomum*, *Cnemidophorus depii*, *Philander opossum*, *Geothlypis poliocephala*, *Contopus virens*, *Tyrannus melancholicus*, *Bothrops asper*, *Procyon lotor*, *Caracara cheriway*, *Coragyps atratus*, *Drymobius margaritiferus*, *Mabuya brachypoda*, *Laterallus ruber*, *Thryothorus maculipectus* obteniendo un solo registro de atropello y la que se repitió en todos los meses fue la especie *Chanus marinus* siendo de igual manera la especie más abundante, (Ver anexo 1).

### 7.3. REGISTRÓ POR INVENTARIOS FUERA DE PARCELAS

Se encontraron un total de 113 registros en los inventarios fuera de parcela. Distribuidos en 29 especie, 17 familias, 4 clases, 6 orden.

**Tabla 5.** Registro Riqueza de especies por muestreo fuera de parcelas en el Tramo carretero de la RBPC.

MES	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
	<b>Riqueza</b>				
Especies	0	1	14	13	18
Familia	0	1	11	9	15
Orden	0	1	4	5	6
Clase	0	1	3	4	4

Para el registro por inventarios fuera de parcelas se reporta que la especie más abundante fue nuevamente (*Chaunus marinus*) con 36 individuos. Obteniendo el orden **Anura** con 50 individuos, seguida de la **Squamata** con 34 individuos que presentaron la mayor abundancia.

En los meses donde se registró mayor abundancia por inventarios fuera de parcelas la mayor abundancia de atropellos fue en los meses de julio con 38 individuos, agosto con 40 individuos y septiembre con 33 individuos. Y obteniendo la mayor riqueza de especies, en los meses de julio y septiembre reportando que para el mes de julio se obtuvo una riqueza de 14 especies y considerando que para el mes de septiembre fue el mes con mayor riqueza de especies con 18 especies. (Ver Figura 12).

Se reporta que para el registro de fuera de parcelas las clases más abundantes fueron nuevamente Amphibia con 50 individuos seguida de la clase de Reptilia 48 individuos al igual que fue para el muestreo por recorridos y parcelas. Para la riqueza se registró nuevamente la clase Reptilia con 14 especies, Aves con 7 especies y Amphibia con 6 especies. (Ver Figura 13).

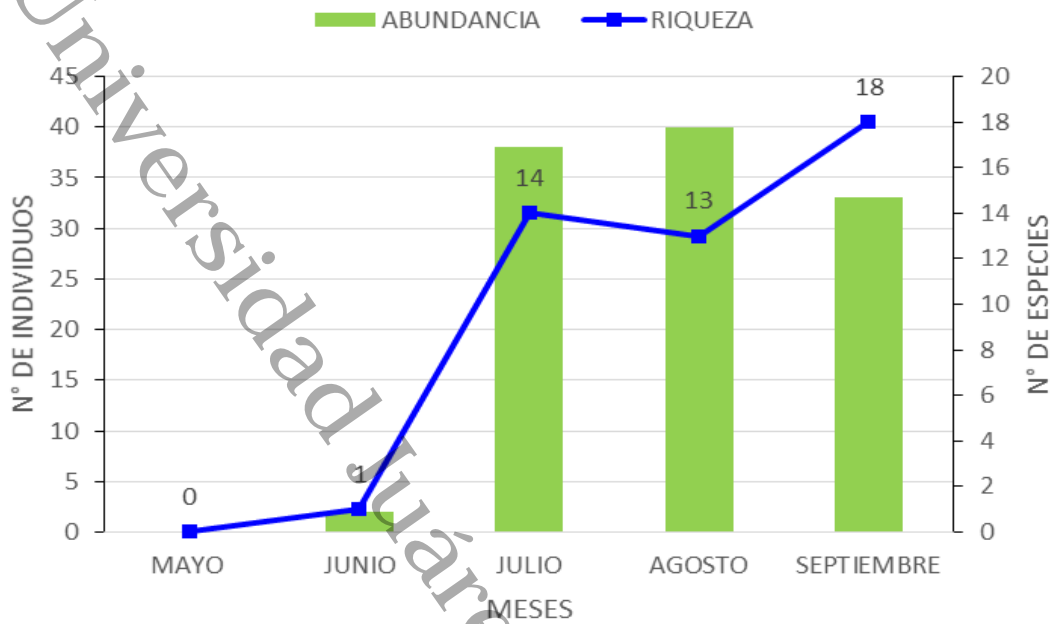


Figura 13. Riqueza y Abundancia de especies por mes por inventarios fuera de parcelas.

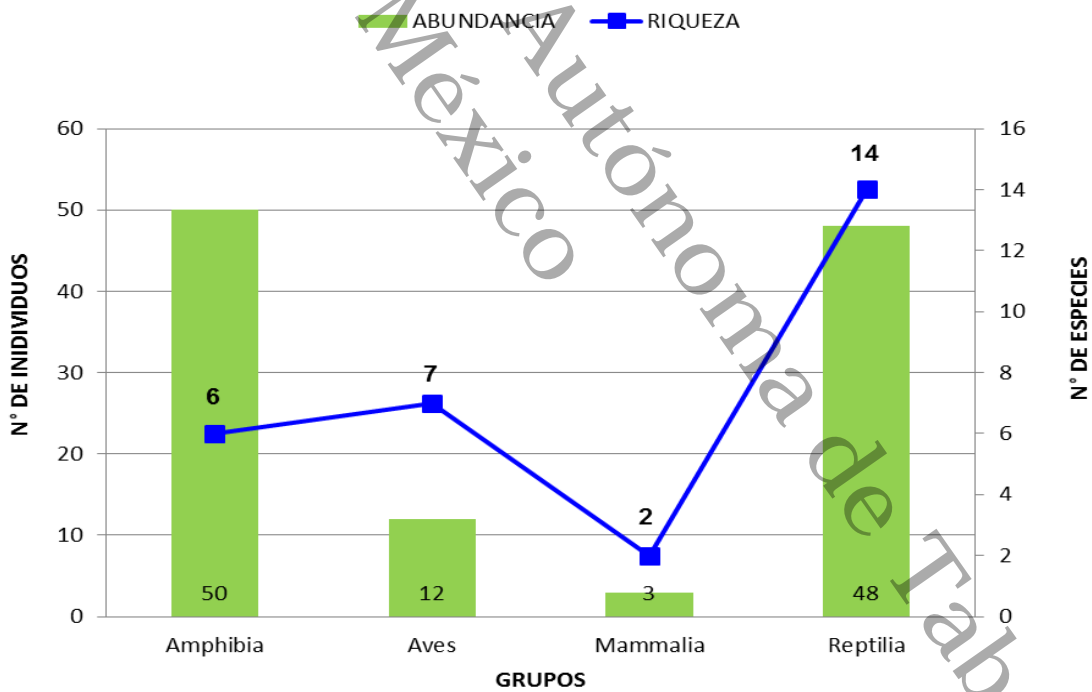
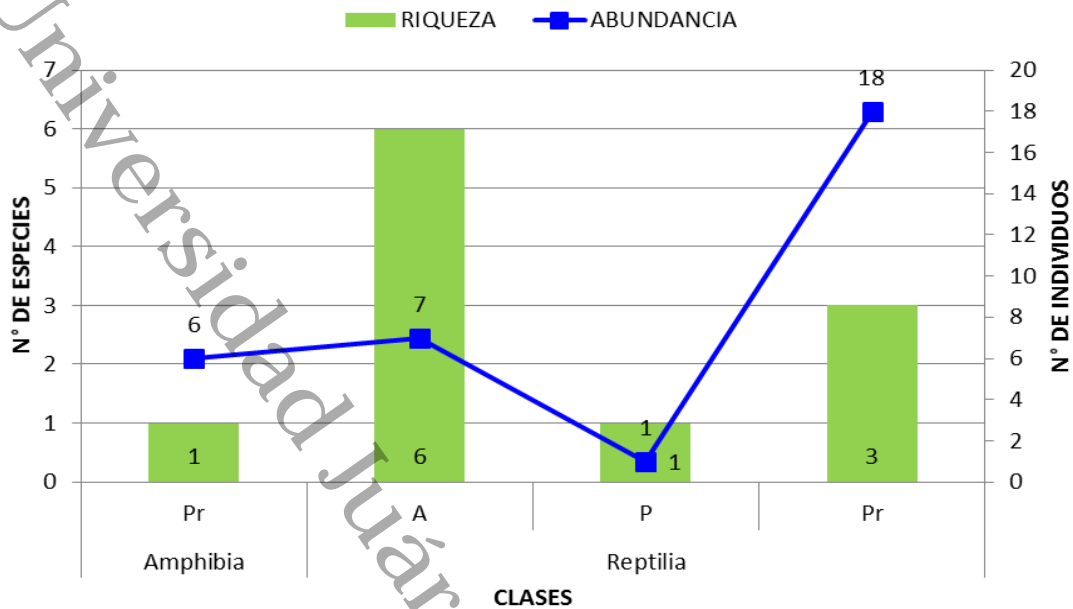


Figura 14. Riqueza y Abundancia de especies por grupos por inventarios fuera de parcelas.

Las especies protegidas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, son en total 12, y se distribuyen en las categorías indicadas en la Figura 14.



**Figura 15.** Especies en la **NOM-059-SEMARNAT-2010** por inventarios fuera de parcelas.

## 7.4. VARIABLES CARRETERAS Y DEL HÁBITAT

### 7.4.1. Variables carreteras.

#### 7.4.1.1. Letreros.

De los 342 registros obtenidos solo el 1.3% presentaba un letrero alrededor del punto de colisión. De acuerdo a los muestreos por Recorridos de velocidad constante se encontraron 4 letreros alrededor del punto de colisión el cual corresponde al 1% y en los recorridos de inventarios directos de parcela se encontró que el 0% de los registros, no había letreros cercanos al punto de colisión.

### 7.4.2. Variables de Hábitat.

#### 7.4.2.1. Vegetación aledaña al sitio de colisión.

En las siguientes (Ver Figura 15 y 16), se observa la variable de vegetación de ambos lados de la carretera de lado derecho y del izquierdo de la carretera nos indica que en cuanto a los parámetros de riqueza y abundancia señala que el pastizal fue la clase más predominante en la cual se encontró mayor registro de atropellos.

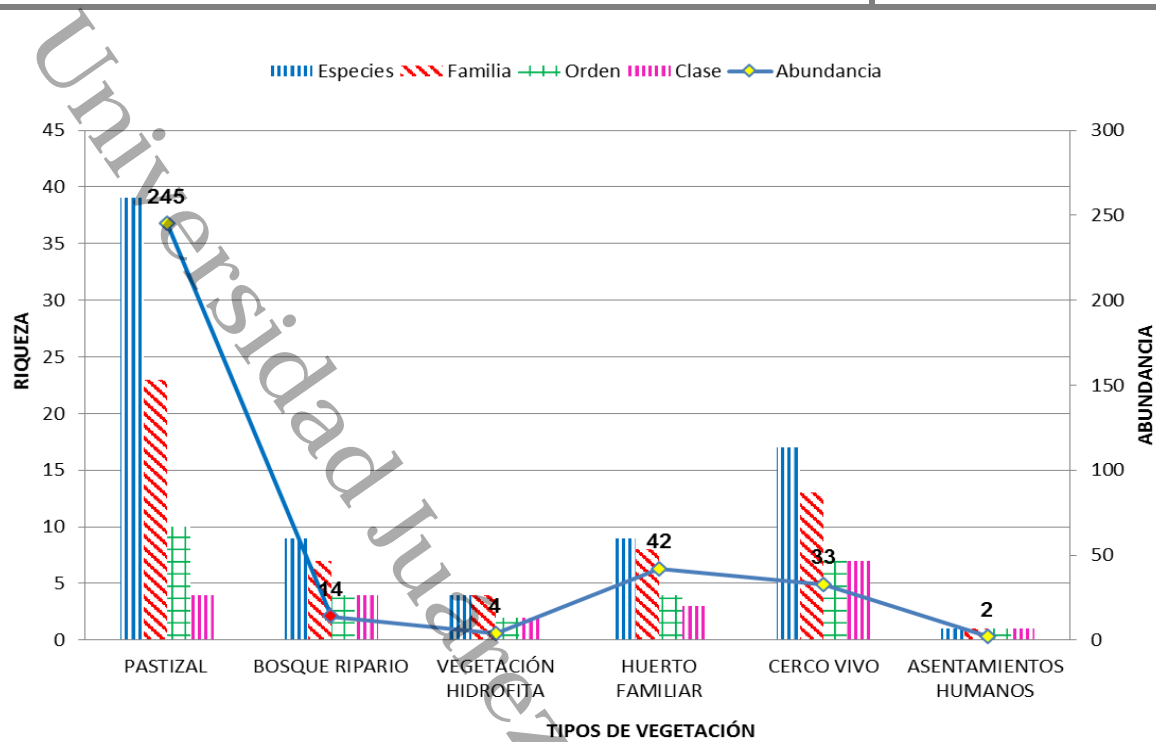


Figura 16. Vegetación de lado derecho de la carretera.

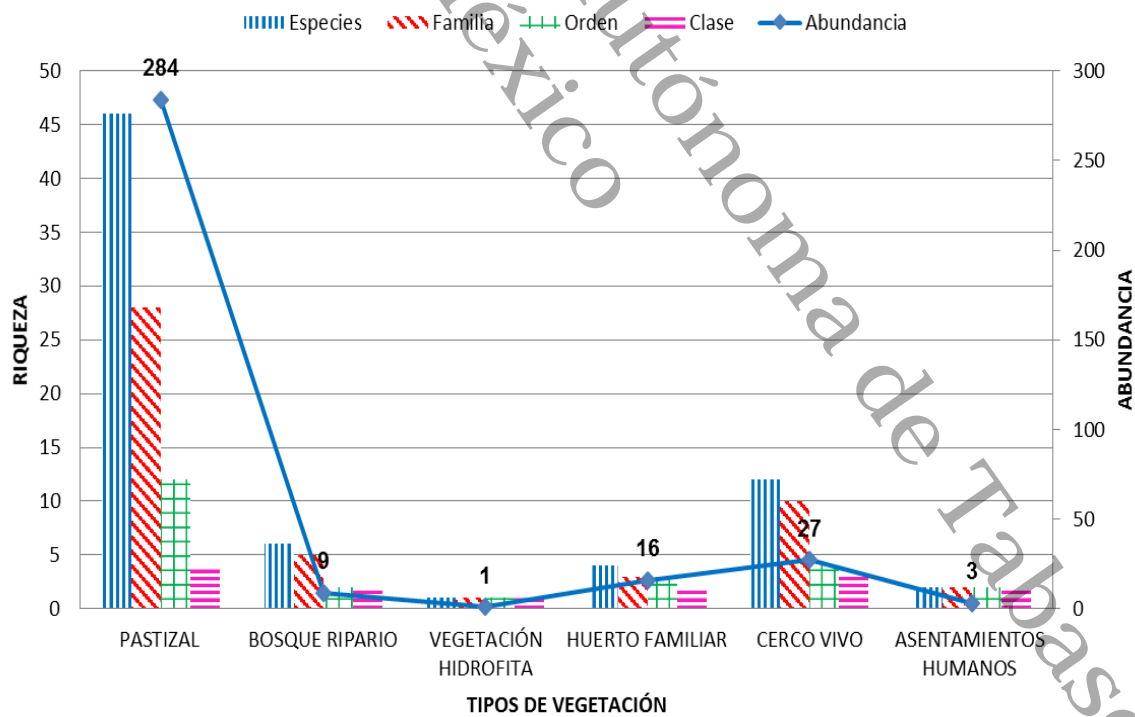


Figura 17. Vegetación de lado izquierdo de la carretera.

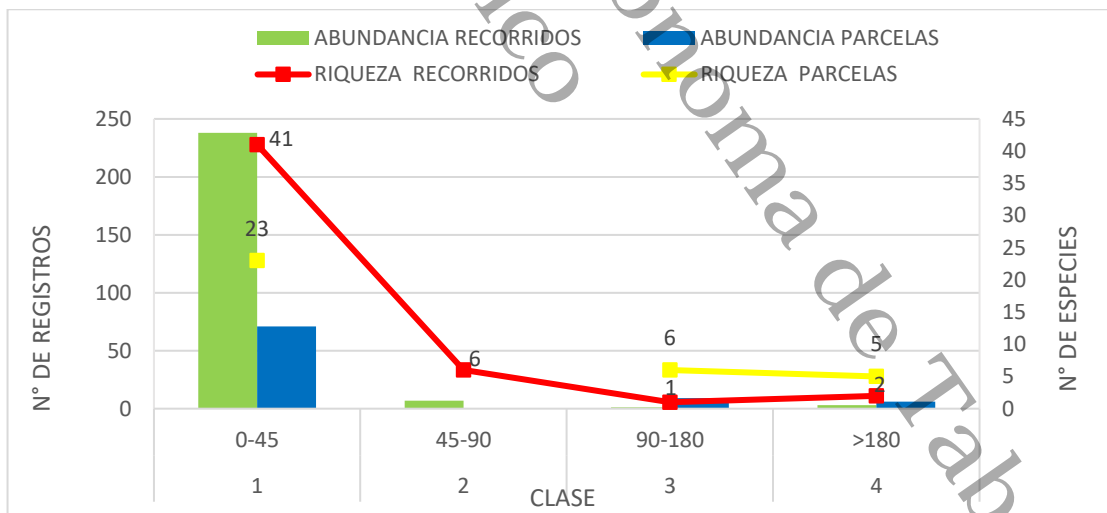
#### 7.4.2.2. Distancia a los Cuerpos de Agua

Los recorridos presentaron el mayor número de registro en la clase 1 del rango que va de (0-45m) de distancia, en cuanto a las parcelas se encontró en la misma clase el mayor de registros de atropellamientos como se muestra en la (Tabla 6). Ambas coincidieron en el mismo rango la mayor abundancia de registros.

**Tabla 6.** Número de registros por rangos de distancia a cuerpos de agua.

CLASES	RANGOS	REGISTROS	
		RECORRIDOS	PARCELAS
1	0-45	238	71
2	45-90	7	
3	90-180	1	9
4	>180	3	6

Se observa en la Figura 17, que los atropellos en su mayoría fueron registrados muy cerca de cuerpos de agua ubicándose en la clasificación 1 que va de los 0 m a 45 m de distancia de la carretera. Registrándose aquí mismo en esta clasificación el mayor número de especies encontradas.



**Figura 18.** Distancia en (m) a los cuerpos de agua

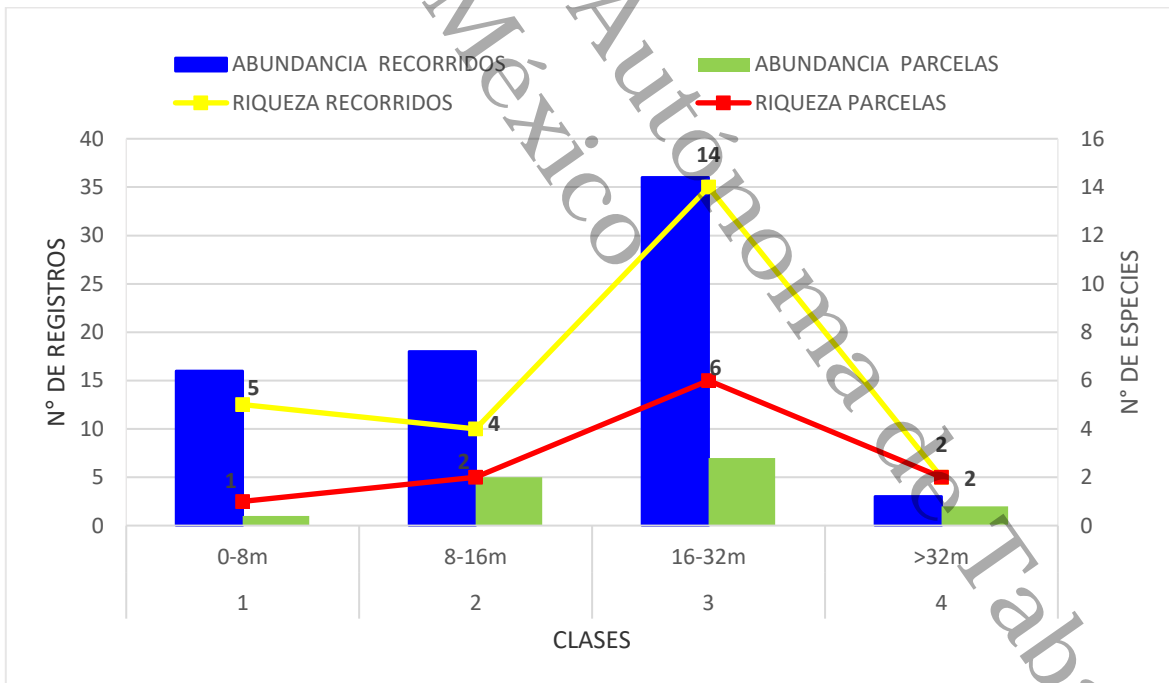
### 7.4.2.3. Distancia a los Asentamientos Humanos

Los recorridos presentaron el mayor número de registro en la clase 3 del rango que va de (16-32m) de distancia, en cuanto a las parcelas se encontró en la misma clase el mayor registro de atropellamientos como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 7.** Número de registros por rangos de distancia a los Asentamientos Humanos.

CLASES	RANGOS	REGISTROS	
		RECORRIDOS	PARCELAS
1	0-8	16	1
2	08-16	18	5
3	16-32	36	7
4	>32	3	2

La mayor riqueza y abundancia de atropellos se registró en la clase 3, indicando que a esa distancia se encontraron mayores registros de atropellos entre un rango de 16 y 32 m de distancia de los asentamientos humanos (Figura 18).



**Figura 19.** Distancia en (m) a los Asentamientos Humanos.

## VIII. DISCUSIÓN

La fauna silvestre atropellada en la RBPC presenta una composición dominada principalmente por el grupo de anfibios y reptiles. Esta composición es diferente a la encontrada en otros estudios de humedales como el de Pozo Montuy y Bonilla (2009) en donde domina el grupo de mamíferos. Este contraste probablemente se debe a que tiene recorridos a velocidades promedio de 45 km/hr con una máxima de 60 km/hr, y en este caso fue 20 km/hr y con parcelas recorridas a pie; lo que evidencia que a velocidades altas la detectabilidad de los anfibios es mínima. Por otra parte, Espinoza *et al.* (2012) reporta que el grupo de aves el más alto en el humedal que muestreo. Sin embargo, el esfuerzo de muestreo de ellos es superior a los dos años y con registros tres veces al mes, por lo que se considera que, con esfuerzos elevados, se pueden registrar otras tendencias de abundancia. Ya que los humedales son un refugio para gran cantidad de anfibios permanentemente, pero también de aves, especialmente en temporadas reproductivas o migratorias. Por lo que es necesario que en estudios futuros se incrementen los muestreos para abarcar todas las temporadas de picos de visitación de las especies residentes y migratorias en los humedales.

Los diversos estudios que analizan la incidencia de atropellos sobre todos los grupos de vertebrados en humedales presentan abundancias diferentes (Pozo Montuy y Bonilla 2009, Grosselet *et al.* 2007, Omena J. *et al.* 2012). Las diferencias pueden deberse a muchos factores como: la metodología, temporalidad y características bióticas y abióticas del medio (Espinoza *et al.*, 2012). Diversas investigaciones se han llevado a cabo utilizando vehículos que circulan a velocidades comprendidas entre 20 y 30 km/h; sin embargo, este rango puede limitar la detección de individuos o especies de reducido tamaño, los cuales tienden a pasar inadvertidos durante los muestreos. (PMVC-CODA, 2003). La temporalidad tiene cambios en abundancia, en la composición de especies presentes en las zonas de estudio de acuerdo a su residencia temporal o permanente. Las características bióticas como el tipo de vegetación afectan directamente la composición de especies; así como las abióticas tales como los terrenos

pedregosos o planos. Por tal razón van a darse ciertas variantes en la composición y abundancia de especies en los diferentes estudios.

La temporalidad también influye en patrones estacionales de conducta (por ejemplo, cortejo, apareamiento, migración, búsqueda de alimento, etc.) lo que influye en la abundancia de atropello en función a la temporada y especie (Cupul, 2002). Diversos estudios han documentado que las tasas de mortalidad por atropellamiento en aves y mamíferos tienden a incrementarse tras el periodo reproductivo, cuando los individuos juveniles, debido a su inexperiencia y limitada capacidad de respuesta ante estímulos externos, se desplazan con mayor frecuencia hacia las vías de tránsito. (Carr y Fahrig 2001). Asimismo, se ha observado que las especies con mayor movilidad o amplitud en sus rangos de desplazamiento presentan una susceptibilidad más elevada a este tipo de mortalidad, en comparación con aquellas que mantienen territorios más restringidos o con menor movilidad intraespecífica; (Mora *et al.* 2012).

Los márgenes de las infraestructuras pueden tener un valor positivo o negativo para las diferentes especies que visitan las carreteras. Son positivos al formar un nuevo hábitat para algunas especies e incluso funcionar como corredor. Tienen un valor negativo ya que pueden conducir a los animales a lugares donde la mortalidad es mucho más alta o incluso propiciar la propagación de especies invasoras debido a las corrientes de aire creadas por el tráfico o las semillas que quedan adheridas a los vehículos (Paniagua *et al.*, 2007). En el caso de las carreteras de la RBPC, tienen ambos valores ya que para anfibios ofrecen nuevos microhábitats como el caso de los pastizales que al inundarse son atractivos para anfibios. Ese incremento de anfibios es atractivo para serpientes que, al depredarlos, mueren colisionados.

Los márgenes de las carreteras se transforman en hábitat ideales para especies que están asociadas a ciertos niveles de perturbación, tales como insectos que se agrupan en las lámparas o que son atraídos por las luces de vehículos (Lluel *et al.* 2005). Esto atrae a otros animales que los usan como fuente de alimento, y al

acercarse a forrajearlos aumentan su riesgo de atropellamiento. Es posiblemente por esta causa que la abundancia de sapos comunes sea tan alta. Coincidiendo con otros estudios en los que reportan los anfibios como el grupo más abundante y que es atropellado por sus movimientos lentos para cruzar las carreteras (Carr y Fahrig 2001, Chacón 2011, Coffin 2007, Monjé-Najera 1996 y Grosselet *et al.*, 2007). Los sapos comunes son muy abundantes en estos sitios ya que toleran altos niveles de perturbación y se asocia a cuerpos de agua en zonas con influencia humana (Herrera *et al.*, 2004).

Los reptiles son el grupo que presenta la mayor riqueza de especies atropellada, quizás por la preferencia de estos a usar las carreteras como fuente de calor o búsqueda de alimento. Las carreteras funcionan como un nuevo elemento dentro del hábitat y es una trampa de calor que se convierte en un lugar adecuado para algunas especies (Rossell *et al.*, 2002; Arroyave *et al.*, 2006). Este fenómeno resulta particularmente relevante para los reptiles, ya que, al ser organismos ectotérmicos, dependen de fuentes externas para regular su temperatura corporal. En consecuencia, suelen aproximarse a las carreteras para aprovechar el calor que el pavimento acumula y libera tanto durante el día como en la noche. (Arroyave *et al.*, 2006). Su lento desplazamiento también favorece que sean atropellados fácilmente al estar asoleándose o descansando.

Esta riqueza de reptiles puede estar asociada a la territorialidad que presentan una gran diversidad de estos (Brattstrom, 1974). Lo que tiene en consecuencia pocos individuos en cada sitio, por estar apropiados de esa área. Este es el caso de algunas especies de lagartijas que mantienen una defensa sobre su territorio (Whiting y Miles, 2019). Por el contrario, especies generalistas como *B. vitattus*, es común sean abundantes (Percino-Daniel *et al.*, 2013), en diferentes hábitats, demostrando que las carreteras les ofrecen recursos para mantenerse.

Los anfibios es el grupo que presenta mayor abundancia de individuos atropelladas. Este grupo se considera altamente vulnerable a las perturbaciones de origen antrópico, ya que los ciclos biológicos de muchas especies dependen de la disponibilidad de cuerpos de agua temporales para completar sus procesos reproductivos. La alteración o eliminación de estos sitios, junto con el incremento de infraestructuras viales en sus áreas de distribución, puede restringir el acceso a las zonas de reproducción y aumentar significativamente la mortalidad por atropellamiento durante los desplazamientos reproductivos (Martínez y García 2001). En el cruce que las lleva a encontrarse con alimento disponible del otro lado de la carretera. O ya sea por realizar migraciones en busca de recursos que se encuentran en los lados opuestos de las carreteras (Rodda 1990, Ashley y Robison 1996, Carr y Fahring 2001, Andrews y Gibbons 2008, Citado en Vargas Salinas *et al.* 2011).

La fauna atropellada en el tramo carretero de la RBPC se encuentra principalmente asociada a la vegetación de pastizal. En este tipo de hábitat podemos encontrar pequeñas charcas de aguas ganaderas constituyen sistemas acuáticos de carácter temporal vinculados a prácticas agropecuarias tradicionales, que desempeñan funciones ecológicas semejantes a las de pequeños humedales. y que aún hoy siguen haciendo su función y actualmente estas pequeñas superficies de agua tienen un gran interés por la fauna silvestre asociada que vive en ellas como anfibios, reptiles y especies que las utilizan en la época estival cuando los arroyos se secan llegan muchas aves y mamíferos silvestre. Estos sistemas desempeñan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad, ya que constituyen hábitats clave para diversas especies. Investigaciones recientes han evidenciado su alta relevancia como sitios de reproducción para un número considerable de especies de anfibios, lo que resalta su valor ecológico dentro de los ecosistemas acuáticos temporales. (Verdiell-Cubedo *et al.*, 2012).

En áreas cercanas a cuerpos de agua (0-45 m), se presentan gran parte de los atropellos de fauna. Posiblemente por ser estos sitios los esenciales para anfibios. Este grupo de vertebrados tienen un modo de vida particular, ya que en su etapa juvenil dependen totalmente del agua para vivir, mientras que, al convertirse en adultos, sufren una importante transformación, la metamorfosis, que los convierte en organismos principalmente terrestres (Fioramonti *et al.*, 2005). Los anfibios seleccionan charcas para su reproducción en las temporadas de junio – julio, siendo por esta razón que quizás se registró esta cercanía a cuerpos de agua, ya que está en los rangos de las épocas de reproducción.

La mayor riqueza y abundancia se presenta en el rango de (16-32 m) de los asentamientos humanos. Este factor está influido principalmente porque la fauna prefiere habitar en áreas que les proporcionen alimentos, condiciones apropiadas para su reproducción y los resguarde de extremos climáticos y de depredadores. El ruido producido por el tránsito vehicular constituye uno de los factores con mayor impacto ecológico sobre la fauna, debido a que genera diversos efectos adversos, entre ellos el desplazamiento de individuos, la disminución de sus áreas de actividad y una reducción en el éxito reproductivo (Forman y Alexander, 1998) y la presencia humana es un factor crítico para emprender medidas de manejo adecuadas para su conservación. La interferencia de las actividades humanas puede incidir de manera significativa en la abundancia de las poblaciones de anfibios. Un ejemplo de ello es la especie Rana ibérica, la cual presenta una reducción en el aprovechamiento de los recursos disponibles conforme se incrementa el nivel de perturbación en su hábitat. (Rodríguez y Fernández, 2005; Arroyave *et al.*, 2006).

La RBPC es un área natural protegida de gran importancia para la biodiversidad, pero presenta una pérdida considerable de fauna por los atropellos. Esta condición requiere de especial atención, ya que el crecimiento carretero se incrementa año tras año (Anuario estadístico SCT, 2009). Y de las especies que más se registran son algunas de las que se encuentran en la categoría de amenazadas en la NOM-

059-SEMARNAT-2010, tales como *Lithobates berlandieri*, *Trigrisoma mexicanus*, *Kinosternom acutum*, *Iguana iguana* y *Trachemys scripta*, en la categoría de PR; *Coendu mexicanus*, *Boa constrictor*, *Ctenosaura similis*, *Leptophis mexicanus*, *Thamnophis proximus*, *Thamnophis marcianus*, *Staurotypus triporcartus* y *Lampropeltis triangulum* en la categoría de A; y *Claudius angustatus* que se localiza en la categoría P. Por lo que el mejoramiento y apertura de carreteras sin medidas de prevención, mitigación y protección a la fauna que ahí habita, causara un daño considerable a sus poblaciones, por el aislamiento, colisión y pérdida de su diversidad genética.

La inversión en infraestructura carretera constituye un elemento fundamental dentro de las estrategias de desarrollo nacional, al contribuir significativamente al crecimiento económico y a la articulación territorial del país. Este tipo de inversión se considera un factor determinante para mejorar la competitividad regional, reducir los tiempos de desplazamiento, incrementar la seguridad vial y favorecer el acceso equitativo de la población a servicios esenciales como la salud, la educación y otros ámbitos del bienestar social. Con el fin de orientar la funcionalidad integral de las carreteras existentes y nuevas del país, el Programa Nacional de Infraestructura (PNI) contempla la denominada “estrategia transversal sursureste”, en la que impulsa el desarrollo a través de obras de construcción y/o modernización de las vías generales de comunicación.

## IX. CONCLUSION

La RBPC es un área natural protegida de gran importancia para la biodiversidad, pero presenta una pérdida considerable de fauna por los atropellos principalmente de reptiles y de Anfibios. En los anfibios además se presenta la mayor abundancia de individuos atropellados. En este grupo de igual manera, se encuentra la especie más abundante, el sapo marino (*Rhinella marina*) con 137 registros. Esta especie es la más abundante en todos los meses de muestreo.

Los factores que registran la mayor riqueza y abundancia de colisiones son el tipo de vegetación pastizal con cuerpos de agua cercanos y asentamientos humanos a menos de 32 metros. Por lo que la presencia humana es un factor crítico para emprender medidas de manejo adecuadas para la conservación de la fauna silvestre. Es recomendable establecer una estrategia de protección a los sitios que tiene cruce de anfibios, cercanos a cuerpos de agua. Debido a que la riqueza y abundancia de estos sitios, deben encontrarse asociadas al uso para su reproducción.

La velocidad, la temporalidad y repeticiones del muestreo son factores claves en la representación de la riqueza y abundancia de registros. Por lo que debe considerarse para muestreos futuros incrementar los esfuerzos de muestreo y abarcar todas las temporadas clave de residencia de especies.

La vegetación de pastizal representa un hábitat clave principalmente porque se asocia a charcas de agua, preparadas originalmente para abrevar al ganado y que aún hoy siguen haciendo su función. Esas superficies de agua tienen un gran interés por la fauna silvestre asociada que vive en ellas como anfibios, reptiles, así como aves y mamíferos silvestres que las utilizan en la época estiaje cuando los arroyos se secan llegan muchas.

Los reptiles son los que presentan la mayor riqueza y abundancia de especies en diferentes categorías de riesgo. Los reptiles son los más amenazados, ya que además del riesgo que los llevo a estar en una categoría de protección, también son vulnerables a la amenaza carretera, quizás por la preferencia de estos a usar las carreteras como fuente de calor o búsqueda de alimento. Las carreteras funcionan como un nuevo elemento dentro del hábitat y es una trampa de calor que se convierte en un lugar adecuado para algunas especies. Principalmente para el grupo de los reptiles que requieren regular su temperatura corporal tanto el día como en la noche.

La RBPC contiene un riesgo potencial por el crecimiento y mejoramiento carretero. Es urgente una planeación que contemple los sitios de cruce de fauna, las zonas de conectividad a escala local y escala regional. La presencia de asentamientos humanos y el potencial turístico son un factor que incrementa el desarrollo de infraestructura carretera en la RBPC. Se debe planear y disminuir el riesgo para la biodiversidad que habita en esta región.

## X. LITERATURA CITADA

- Abra, F. D., Goebel, L. G., Gregory, T., Alonso, A., Grilo, C., & Huijser, M. P. (2025). A Century Documenting Roads' Toll on Global Biodiversity. *Global Ecology and Conservation*, e03859.
- Álvarez, J., Baulies, B., Delibes, de C., Echeverría, J., González, G., Manzanares, I., Pérez A., Ursua S. 2006. Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 1.O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 108 pp. Madrid.
- Adán, J. J., A. M. Ayuso y A. Rodríguez. 2007. Biodiversidad y Conservación de Fauna y flora en ambientes mediterráneos. Sociedad granatense de historia natural. Cap. 29. Efectos de las infraestructuras viarias en los vertebrados, págs.: 839-858. I.S.B.N.: 978-84-611-6913-9/.
- Amábilis Sosa, L. E., & Benítez, J. A. (2014). Efecto de borde; ruido, materia orgánica en suelo y contaminantes persistentes en las áreas naturales protegidas de Calakmul-Balamkú, Campeche. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, 7(3), 201-209.
- Arroyave, M. del P., Gómez C., Gutiérrez M.E., Múnera D.P., Zapata P.A., Vergara I.C., Andrade L.M., Ramos K.C. 2006. Impactos de las Carreteras sobre la Fauna Silvestre y sus principales Medidas de Manejo. *Revista EIA*, ISSN 1794-1237 Núm. 5p 45-57.
- Bafaluy J., 2000. Mortandad de murciélagos por atropello en carreteras del sur de la provincia de Huesca. *Galemys* 12 (1) pp. 15-23.
- Barrí R. 2010. Evaluación preliminar de la mortandad de mastofauna nativa por colisión con vehículos en tres rutas argentinas. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. ISSN 1726-2216. *Ecología aplicada* Vol. 9 No 2, pp. 161-165.
- Brattstrom, B. H. (1974). The evolution of reptilian social behavior. *American Zoologist*, 14(1), 35-49.
- Calderón-Mandujano R., H. B. Bahena y S. Calme. 2008. Guía de anfibios y reptiles de la Biosfera de Sian Ka'an y zonas aledañas. 2a edición. ECOSUR/CONABIO/COMPACT/Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. México. 110 p.
- Carr, L. y L. Fahrig. 2001. Effect of road traffic on two amphibian's species of differing vagility. *Conservation Biology* 15: 1071-1078.
- Clevenger, A. P. (2004). *Mitigating Wildlife Mortality and Habitat Fragmentation Due to Transportation Infrastructure*. Western Transportation Institute, College of Engineering, Montana State University.
- Chacón, R. C. 2011. Atropello de vertebrados en una carretera secundaria en Costa Rica. (Edición en Línea, ISSN: 1659-441X) Vol. 3(1): 81-84.

- Cedeño-Vázquez, J.R., R.R. Calderón-Mandujano y C. Pozo. 2006. Anfibios de la región de Calakmul, Campeche, México. CONABIO, ECOSUR, CONANP, PNUD, GEF, SHM A.C., Quintana Roo, México, 104 p.
- Coffin, A. 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15: 396–406.
- Coffin, A. W., Ouren, D. S., Bettez, N. D., Borda-de-Água, L., Daniels, A. E., Grilo, C., ... & Rauschert, E. S. (2021). The ecology of rural roads: Effects, management, and research. *Issues in Ecology, Report No. 23. Ecological Society of America*. 36 p., (23).
- Coffin, A. W., Ouren, D. S., Bettez, N. D., Borda-de-Água, L., Daniels, A. E., Grilo, C., ... & Rauschert, E. S. ECOLOGÍA DE VÍAS RURALES: EFECTOS, MANEJO E INVESTIGACIÓN.
- Comunicaciones y Transportes. 2022. Análisis Costo Beneficio Cimplificado ACB 3, Carretera Aguascalientes. Dirección general de Proyectos de Infraestructura Vial. Secretaría de obras Públicas. Aguascalientes. 65 p. <https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/servicios/sicaf2/Uploads/312553a/cbcurvasags-villahidalgo.pdf>
- Cupul, F. 2002. Víctimas de la carretera: fauna apachurrada. Gaceta CUC. Departamento de Ciencias. Centro Universitario de la Costa. México.
- Delgado, J. D., Arévalo, J. R., & Fernández-Palacios, J. M. (2004). Consecuencias de la fragmentación viaria: efectos de borde de las carreteras en la laurisilva y el pinar de Tenerife.
- Delgado. V., C.A. 2007. Muerte de mamíferos por vehículos en la vía del escobero, envigado (Antioquia), Colombia. *Actual Biol.* 29 (87) pp. 229-233.
- Dean, W. R. J., Seymour, C. L., Joseph, G. S., & Foord, S. H. (2019). A review of the impacts of roads on wildlife in semi-arid regions. *Diversity*, 11(5), 81.
- Espinoza A., Serrano j. A., Montori Albert. 2012. Incidencia de los atropellos sobre la fauna vertebrada en el Valle de El Paular. LIC “Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte”. Universidad de Barcelona. Facultad de Biología. pp. 209 236.
- Frías O., 1999. Estacionalidad de los atropellos de aves en el centro de España: número y edad de los individuos y riqueza y diversidad de especies. *Ardeola* 46(1), pp. 23-30
- Forman, R. T. (1998). Road ecology: a solution for the giant embracing us. *Landscape Ecology*, 13(4), III-V.
- Forman R. T. y Alexander, L. E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematic* 29:207–231.
- Forman, R. T. (2000). Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation biology*, 14(1), 31-35.
- Forman R., Sperling D., Bissonette J., Clevenger A., Cutshall C., Dale V., Fahrig L., France R., Goldman C., Heanue K., Jones J., Swanson F., Turrentine T.,

- Winter T. 2003. Road ecology: science and solutions. Island Press, Washington, Covelo y London. 481 pp.
- García F. J., Orueta F.J. y Aranda. 1998. Permeabilidad de los vallados cinegéticos de caza mayor. Efecto barrera e implicaciones para la conservación de especies amenazadas. Galemys 10 (nº especial).
- Guerra-Martínez, V y S. Ochoa-Gaona, 2008. Evaluación del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en Tabasco, México. Universidad y ciencia. vol.24 (2): 135-146.
- Goosem, M. 1997. Internal fragmentation: the effects of roads, highways and power line clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. pp. 241-255. En: *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*. W. F. Laurance y R. O. Bierregard junior (eds). University of Chicago Press, Chicago.
- Goosem M., 2002. Effects of tropical rainforest roads on small mammals: fragmentation, edge effects and traffic disturbance. *Wildlife Research*, 29(3), 277-289.
- González G. 2011. Estudio sobre Atropellamiento de Vertebrados en el Libramiento Carretero Amozoc-Cantona-Perote, Veracruz. *Revista oficial de la sociedad mesoamericana para la biología y la conservación*. Vol. 15 (2). pp. 150.
- González P. S., A. Villarino, M. M. Frean (1993) Mortalidad de vertebrados por atropello en una carretera nacional del NO de España. *Ecología* 7: 375-389.
- Grilo, C., Neves, T., Bates, J., Le Roux, A., Medrano-Vizcaíno, P., Quaranta, M., ... & Wang, Y. (2025). Global Roadkill Data: a dataset on terrestrial vertebrate mortality caused by collision with vehicles. *Scientific data*, 12(1), 505.
- Grilo, C., Borda-de-Água, L., Beja, P., Goolsby, E., Soanes, K., le Roux, A., ... & González-Suárez, M. (2021). Conservation threats from roadkill in the global road network. *Global Ecology and Biogeography*, 30(11), 2200-2210.
- Grilo, C., Neves, T., Bates, J., Le Roux, A., Medrano-Vizcaíno, P., Quaranta, M., ... & Wang, Y. (2025). Global Roadkill Data: a dataset on terrestrial vertebrate mortality caused by collision with vehicles. *Scientific data*, 12(1), 505.
- Grosselet M., Villa-Bonilla, B. y Pescador M. 2007. Afectaciones a vertebrados por vehículos automotores en 1.2 km de carretera en el istmo de Tehuantepec. *Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropics*, pp 227–231.
- Gunther, K. A., Biel, M. J., & Robison, H. L. (2001). Influence of vehicle speed and road design on wildlife-vehicle collisions in Yellowstone National Park. *Yellowstone Center for Resources, Yellowstone National Park, Wyoming, USA*.
- Herrera M., et al, 2004. Incidencia de la perturbación antrópica en la diversidad, la riqueza y la distribución de *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) en

- un bosque nublado del suroccidente colombiano. *Caldasia* Vol. 26(1) 265-274p.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA). 2000. Síntesis geográfica del Estado de Tabasco, México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D. F. México.
- INE. 2000. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México. 220 pp.
- Kattan, G. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. En: Guariguata M. y G. Kattan (eds). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Ediciones LUR, Cartago.
- Kuncoro, E., Wurarah, R. N., & Erari, I. E. (2024). The impact of road infrastructure development on ecosystems and communities. *Social, Ecology, Economy for Sustainable Development Goals Journal*, 1(2).
- Laverde, W. E. M. (2016). Análisis de la gestión ambiental en las vías 4G en construcción en Colombia. *Revista Ontare*, 4(1), 31-66.
- Langen TA, Machniak A, Crowe EK, Mangan C, Marker D, Liddle N, Roden B (2007) Methodologies for surveying herpetofauna mortality on rural highways. *Journal of Wildlife Management*. 71:1361-1368.
- Langen TA, Ogden KM, Schwarting LL (2009) Predictive hotspots of herpetofauna road mortality along highway Networks. *The Journal of Management*. 73 (1):104-114.
- Lee C. J. 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world. *The lowlands of México, Northern Guatemala, and Belize*. 402p.
- Luell, B., Bekker, HGJ., Cuperus, R., Dufek, J., Hlavac, V., Keller, V., Rosell C., Sangwine, T., Torslow, N & Wandall, B. 2005. COST 341. Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones. Servicio de Publicaciones. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. 166 pp.
- Martínez y García. 2001. Impacto de las infraestructuras del transporte sobre los vertebrados terrestres en Álava. Informe preparado para el departamento de obras públicas y urbanismo de la diputación foral de Álava. Grupo alavés para la defensa y estudio de la naturaleza Apartado de correos. 899. 01080. Vitoria-Gasteiz. 183p.
- Morales M., Villa-Cañedo., Aguilar R., Barragán M. 1997. Mortalidad de vertebrados silvestres en una carretera asfaltada de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Universidad veracruzana. La ciencia y el hombre*, N° 27. 7-23 pp.
- Mora, G., Arias, J., Reyes, A., Jiménez, A., Padilla, S., Mestre, I. G., & Sasa, M. 2012. Fenología reproductiva de anuros en humedales del bosque tropical seco de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 43(1), 29-38.

- Morales, j., Peris, S y Pedraza E. 2000. Utilización de pasos específicos de fauna y mortandad asociada en un canal de los páramos del norte de España (guardo, palencia). Dpto. Biología Animal. Campus Miguel de Unamuno. Universidad de Salamanca. E-37071. Salamanca. (peris@gugu.usal.es). *Galemys* 12 (1), 25-40 p.
- Moore, L. J., Petrovan, S. O., Bates, A. J., Hicks, H. L., Baker, P. J., Perkins, S. E., & Yarnell, R. W. (2023). Demographic effects of road mortality on mammalian populations: a systematic review. *Biological Reviews*, 98(4), 1033-1050.
- Monje-Najera, J. 1996. Vertebrate mortality in tropical highways: The Costa Rican case. *Vida Silvestre Neotropica* 5: 154-156.
- Noss, R. 2002. The ecological effects of roads. <http://www.eco-action.org/dt/roads.html> 2002. Consultada el 10 de julio de 2005.
- Noss R. f., carroll C, Borland K V., Wuertner G. 2002. A Multicriteria Assessment of the Irreplaceability and Vulnerability of Sites in the Greater Yellowstone Ecosystem. *Conservation Biology*. Vol.16, No. 4.895–908pp.
- Omena J., Pantoja L., Santos A., Ribeiro J., Aride P. 2012. Caracterización de la fauna de Vertebrados Atropellados en la Carretera BR 174, Amazonas, Brasil. *Revista Colombiana cienc Anim* 4 (2): 291-307 pp.
- Pacheco-Figueroa, C. J., Luna-Ruiz, R. D. C., Valdez-Leal, J. D. D., Saenz, J. C., Gordillo-Chávez, E. J., Moguel-Ordóñez, E., ... & Santiago-Plata, V. M. (2021). Puntos de alta siniestralidad de vertebrados en la carretera costera de Tabasco. *Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudios de caso para el sureste de México. Ecosur, Campeche*, 348-367.
- Paniagua, D., Llana, A., Echegaray. J., 2007. Impacto de las infraestructuras de transporte sobre la naturaleza en el territorio histórico de Álava. Perdida de hábitat, Perturbaciones, mortalidad de fauna por atropellos, efecto barrera impacto sobre los espacios naturales. Informe realizado por GADEN con la colaboración del Dpto. de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco, pp. 1-151.
- Peterson, R. T. y E. L. Chalif. 1989. Aves de México. Guía de campo. Impreso en México. Ed. Diana. México, D.F. 473p.
- Percino-Daniel, R., Cruz-Ocaña, E., Pozo-Ventura, W., & Velázquez-Velázquez, E. (2013). Diversidad de reptiles en dos microcuencas del río Grijalva, Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(3), 938-948. Pozo M. G. y Bonilla S. Y. M., 2009. Las carreteras y su Impacto sobre la Fauna Silvestre en una Región de la Cuenca bajan del Río Usumacinta. 252 -265 pp.
- Peris, S., Baquedano R., Sánchez A. y Pescador M. 2005. Mortalidad del jabalí (*sus scrofa*) en carreteras de la provincia de salamanca (no de España): ¿influencia de su comportamiento social?, ISSN: 1137-8700. *Galemys*, 17 (1-2): 13-23, 2005.

- PMVC-CODA. 2003. Mortalidad de vertebrados en carreteras. Proyecto provisional de seguimiento. De la mortalidad de vertebrados en carreteras (PMVC). SCV. Madrid. Documentos Técnicos de Conservación; 4
- Ramos, M., B., Ortega Pérez, E., Mancebo Quintana, S. y Otero Pastor, I. (2008): "Fragmentación de los hábitats de la Red Natura 2000 afectados por el PEIT (Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 44-60. ISSN: 1578-5157.
- Rodríguez-Prieto y Fernández-Juricic, E. 2005. Effects of direct human disturbance on the endemic Iberian frog *Rana iberica* at individual and population levels. *En: Biological Conservation* 123: 1-9.
- Ramp D., Caldwell J., Edwards K. A., Warton, D., Croft, D. B. (2005). Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia. *Biological Conservation* 126: 474-490.
- Rowland, M. J. Wisdom, B. K. Johnson, and M. A. Penninger. 2005. Effects of Roads on Elk: Implications for Management in Forested Ecosystems. Pages 42-52 in Wisdom, M. J., technical editor, *The Starkey Project: a synthesis of long-term studies of elk and mule deer*. Reprinted from the 2004 Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference, Alliance Communications Group, Lawrence, Kansas, USA.
- Rosell C., Álvarez, G., Cahill, C., Campeny, C., Rodríguez, A. 2002. "COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España", Ministerio de Medio Ambiente, Informe inédito, 317 pp. Madrid España
- Ruiz-Ramírez, L. ., González-Gallina, A. ., Soto, V., Pacheco-Figueroa, C. J., & Pech-Canché, J. M. (2022). Comparison of road-killed mammals on roads of different types of jurisdictions and traffic volume in Veracruz, México. *Therya Notes*, 3(2), 82–86. [https://doi.org/10.12933/therya\\_notes-22-75](https://doi.org/10.12933/therya_notes-22-75)
- Teixeira, F. Z., Rytwinski, T., & Fahrig, L. (2020). Inference in road ecology research: what we know versus what we think we know. *Biology letters*, 16(7), 20200140.
- Saenz J.C., T. Langen y L. Torres. 2011. Atropellamientos de Vertebrados y posibles Medidas de Mitigación en el Área de Conservación Guanacaste. En *Memorias del IV Taller Internacional de Impactos de Infraestructuras Humanas sobre la Vida Silvestre en Latinoamérica*. 27 Junio-1 Julio 2011. DACBiol-UJAT, UNA. Villahermosa, Tabasco.
- Sánchez C., Sandoval, J., Montiel, A., Hernández, E., Bonilla, O. y Villa, H. 1988. Propuesta de establecimiento y manejo de una reserva de la biosfera en los pantanos de Centla, Tabasco, México. 667-688 p. En: *Ecología y conservación del Delta de los ríos. Usumacinta y Grijalva, Memorias*. INIREB-División Regional Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco.
- SCV. 2003. Una población de sapo común y corredor está seriamente amenazada en el valle de Lozoya (Madrid). Informe inédito. Disponible en web: <http://scv-conservacion.webcindario.com/atropelloslozoya/atropelloslozoya.html>.

- Strasburg J. L. 2006. Roads and genetic connectivity. *Nature*. Vol. 440:875–876.
- Tudela, F. 1992. La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco, proyecto integrado del Golfo. El colegio de México, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados e Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social. 1era reimpresión 475p.
- Valdez-Leal, J.D., C. J. Pacheco-Figueroa y E. Moguel-Ordoñez. 2005. Fauna silvestre atropellada en la carretera Villahermosa – Macuspana, Tabasco, México. *Revista oficial de la sociedad mesoamericana para la biología y la conservación*, Vol. 9, N° 4, pag.148.
- Vargas S., Delgado O., López A., 2011. Mortalidad por atropello vehicular y distribución de anfibios y reptiles en un bosque subandino en el occidente de Colombia. *Caldasia* 33(1):121-138.
- Verdiell, Cubedo D., 2012. Inventario y estado de conservación de las charcas ganaderas en la Región de Murcia (SE Península Ibérica). Departamento de Zoología y Antropología Física, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, 30100 Murcia. *Anales de Biología* 34: 1-8 pp.
- Whiting, M. J., & Miles, D. B. 2019. 9 Chapter Behavioral Ecology of Aggressive Behavior in Lizards. *Behavior of Lizards: Evolutionary and Mechanistic Perspectives*, 289.
- Xiong, G., Yang, F., Wang, T., He, R., & Li, L. (2025). Impact of road infrastructure on wildlife corridors in Hainan rainforests. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 139, 104539.
- Zarza H. 2006. Uso de hábitat del jaguar (*Panthera onca*) en un paisaje influenciado por actividades humanas en el sur de la Península de Yucatán. Tesis Maestría en Ciencias (Ecología y ciencias ambientales), Instituto de Ecología, UNAM, México D.F.

### Comunicaciones Personales

Colino Rabanal, Víctor. 2011. [vcolino@usal.es](mailto:vcolino@usal.es)

Pacheco Figueroa, Coral.30-julio., 2011 Profesor Asociado B. DACBiol-UJAT. Villahermosa, Tabasco. México. [pachecoral@yahoo.com.mx](mailto:pachecoral@yahoo.com.mx)

Sáenz, Joel.30-julio., 2011. Director de la Maestría en Manejo y conservación ICOMVIS, Heredia Costa Rica. [jsaenz@una.ac.cr](mailto:jsaenz@una.ac.cr)

## XI. ANEXOS

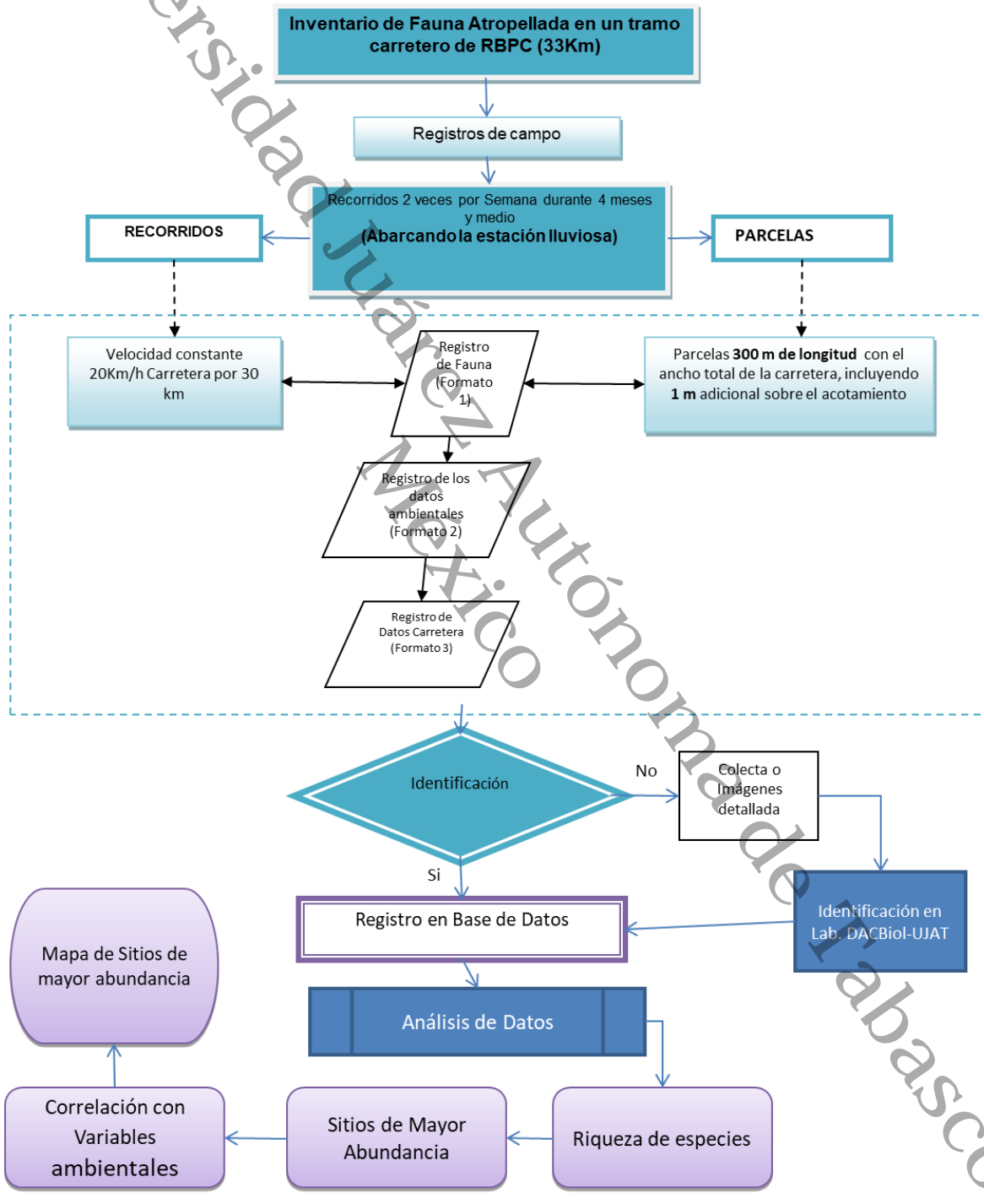
### Anexo 1. Registro de Abundancia por muestreo de recorridos y parcelas en el tramo carretero de la RBPC.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	PARCELAS	RECORRIDOS	FUERA DE PARCELAS	TOTAL
Amphibia	Anura	Bufo	<i>Chaunus marinus</i>	33	104	36	173
Amphibia	Anura	Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>	2	12	6	20
Amphibia	Anura	Hylidae	<i>Smilisca baudini</i>	5	9	2	16
Amphibia	Anura	Bufo	<i>Ollotis valliceps</i>	10	5	4	19
Amphibia	Anura	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	3		1	4
Amphibia	Anura	Hylidae	<i>Tlalocohyla loquax</i>	2			2
Aves	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	1	1		2
Aves	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiática</i>		1		1
Aves	Passeriformes	Turdidae	<i>turdus grayi</i>		1		1
Aves	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>tigrisoma mexicanus</i>		1		1
Aves	Passeriformes	Emberizidae	<i>Sporophila torqueola</i>	1	1	5	7
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis poliocephala</i>		1		1
Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>		2		2
Aves	Gruiformes	Rallidae	<i>Aramides cajanea</i>		3		3
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>		1		1
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>		1		1
Aves	Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>		1		1
Aves	Ciconiiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>		1		1
Aves	Gruiformes	Rallidae	<i>Laterallus ruber</i>	1			1
Aves	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus maculipectus</i>	1		1	2
Aves	Ciconiiformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>			1	1

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	PARCELAS	RECORRIDOS	FUERA DE PARCELAS	TOTAL
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>			2	2
Aves	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga ruticilla</i>			1	1
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>			1	1
Aves	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>			1	1
Aves	Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus spurius</i>			1	1
Mammalia	Rodentia	Erethizontidae	<i>Coendou mexicanus</i>		2		2
Mammalia	Rodentia	Muridae	<i>Sigmodon hispidus</i>		2		2
Mammalia			<i>murcielago</i>	1	2	1	4
Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Philander opossum</i>		1		1
Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>			1	1
Mammalia	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>		2	1	3
Mammalia	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>		1		1
Reptilia	Squamata	Boidae	<i>Boa constrictor</i>		5	1	6
Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	4	10	2	16
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Coniophanes bipunctatus</i>		4		4
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Leptophis mexicanus</i>		3		3
Reptilia	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	7	23	17	47
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Nerodia rhombifer</i>	1	5	1	7
Reptilia	Squamata	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	2	13	7	22
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Coniophanes imperialis</i>	1	3		4
Reptilia	Testudines	Staurotypidae	<i>Staurotypus triporcatus</i>	1	1	1	3
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Thamnophis proximus</i>	3	9	1	13
Reptilia	Testudines	Kinosternidae	<i>Kinosternon acutum</i>	1	7	5	13
Reptilia	Testudines	Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	1	5	7	13
Reptilia	Testudines	Staurotypidae	<i>Claudius angustatus</i>	1	4	1	6

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	PARCELAS	RECORRIDOS	FUERA DE PARCELAS	TOTAL
Reptilia	Testudines	Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>		1		1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Thamnophis marcianus</i>		3	1	4
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Ninia sebae</i>		2	1	3
Reptilia	Squamata	Teiidae	<i>Cnemidophorus depii</i>		1		1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Coniophanes quinquevittatus</i>	1	1	2	4
Reptilia	Squamata	Viperidae	<i>Bothrops asper</i>		1		1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Drymobius margaritiferus</i>	1			1
Reptilia	Squamata	Scincidae	<i>Mabuya brachypoda</i>	1			1
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Lampropeltis triangulum</i>			1	1
Reptilia	Squamata	Colubridae	serpiente no identificada	1			1
<b>TOTAL</b>				<b>86</b>	<b>256</b>	<b>113</b>	<b>455</b>

Anexo 2. Diagrama proceso metodológico





**Anexo 4** formato de campo para el registro del hábitat

BASE DE DATOS - CARACTERISTICAS DEL HABITAT									
MATUTINO    FECHA:									
N° PARCELA	HORA: INCIO	HORA: FINAL	COORDENADAS INICIO		COORDENADAS FINAL		CARACTERISTICAS DEL HABITAT		FOTOS
			X	Y	X	Y	Vegetación lado derecho	vegetación lado izquierdo	
ANIMAL NO IDENTIFICADO= ANI			VEGETACIÓN = V		CUERPO DE AGUA: CA		CASAS = C		NO CASAS = NC
			J= JUVENIL A= ADULTO						

**Anexo 5** formato de campo para el registro de las características de la carretera

BASE DE DATOS DE LA CARETERA				
MATUTINO    FECHA:				
CARACTERISTICAS DE LA CARRETERA	LETRERO	CUERPO DE AGUA		FOTOS
	Tipo	Distancia	Tipo	
CARRETERA    R= RECTA    C= CURVA				

## ANEXO 7

<b>Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional</b>	
<b>Título de Tesis:</b>	Caracterización de la fauna silvestre atropellada en un tramo carretero de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla
<b>Autora de la Tesis:</b>	Yelmi Soledad Cruz Hernández
<b>ORCID:</b>	<a href="https://orcid.org/0009-0004-2508-878X">https://orcid.org/0009-0004-2508-878X</a>
<b>Resumen de la Tesis:</b>	<p>Las carreteras son esenciales para el desarrollo social y económico de un país, ya que a través de ellas se da el tránsito de la población y el movimiento de productos dentro de su territorio. No obstante, el crecimiento vial puede repercutir negativamente en el estado de la biodiversidad local y regionalmente, esto por el impacto negativo que causan las infraestructuras carreteras para la fauna silvestre. La muerte por atropellamientos es el efecto más visible y fácil de medir como parte del impacto de las carreteras. La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) es un caso de estudio peculiar por la densidad de carreteras que presenta, las cuales se han estudiado por la pérdida que ocasionan en Quelonios, pero es poco conocido el efecto sobre otros grupos de vertebrados. El propósito de esta investigación fue ofrecer una línea base de información para la toma de medidas para reducción del impacto que tienen las carreteras sobre la fauna que cruza los caminos de la RBPC. Esta investigación se realizó en el tramo carretero del km 1+000 al 33+000 de la Carretera Frontera-Jonuta que está dentro de esta Área Natural Protegida.</p> <p>Los recorridos del trazo carretero se realizaron dos veces a la semana durante cuatro meses (abarcado la estación lluviosa del 2011). Los registros se realizaron por recorridos a velocidad constante en un vehículo con una velocidad media de 20 km/hr y por muestreos directos de parcelas de los 33 km del tramo carretero. Se obtuvieron un total de 256 registros de atropellamientos agrupados en 41 especies. Agrupadas en cuatro anfibios, 19 reptiles, 12 aves y seis mamíferos. Los anfibios presentaron la mayor cantidad de individuos atropellados con 130 registros, seguido de los reptiles con 101 individuos. Los menos representativos fueron las aves con 15 registros y los mamíferos con 10. <i>Chaunus marinus</i>, es la especie que presenta la más alta abundancia de todos los individuos atropellados con 104 individuos, seguido de los Toloques (<i>Basiliscus vittatus</i>), con 30 individuos. Para las aves la especie más abundante es la <i>Aramides cajanea</i> con 3 registros y <i>Coendu mexicanus</i> con 2 registros para la clase mammalia. De las especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, la Iguana (<i>Iguana iguana</i>) (Pr) es la más abundante con 13 individuos; seguida de la rana berlandieri (<i>Lithobates berlandieri</i>) (Pr), y los Aspokes (<i>Ctenosaura similis</i>) con 10 individuos, que se ubican en la categoría de amenazados.</p> <p>Los bordes de las carreteras se convierten en hábitat para especies que toleran ciertos niveles de perturbación, tales como insectos que se agrupan en las lámparas o que son atraídos por las luces de vehículos. Esto atrae</p>

## Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional

	<p>fauna que los aprovechan como fuente de alimento, por lo que, al acercarse a forrajear, aumentan el riesgo de ser atropellados. Esto se relaciona con el hecho de que los sapos son los más comúnmente colisionados. Las carreteras son igual se convierten en un hábitat que proporciona una fuente de termorregulación a los reptiles, lo que hace que se presente la mayor riqueza de especies de este grupo, atropellados sobre la carretera.</p>
<p><b>Palabras claves de la Tesis:</b></p>	<p>Atropellamiento de fauna, Ecología de carreteras, Pantanos de Centla</p>
<p><b>Referencias citadas:</b></p>	<p>Abra, F. D., Goebel, L. G., Gregory, T., Alonso, A., Grilo, C., &amp; Huijser, M. P. (2025). A Century Documenting Roads' Toll on Global Biodiversity. <i>Global Ecology and Conservation</i>, e03859.</p> <p>Álvarez, J., Baulies, B., Delibes, de C., Echeverría, J., González, G., Manzanares, I., Pérez A., Ursua S. (2006). Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 1.O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 108 pp. Madrid.</p> <p>Amábilis S., L. E., &amp; Benítez, J. A. (2014). Efecto de borde; ruido, materia orgánica en suelo y contaminantes persistentes en las áreas naturales protegidas de Calakmul-Balamkú, Campeche. <i>Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica</i>, 7(3), 201-209.</p> <p>Arroyave, M. del P., Gómez C., Gutiérrez M.E., Múnera D.P., Zapata P.A., Vergara I.C., Andrade L.M., Ramos K.C. (2006). Impactos de las Carreteras sobre la Fauna Silvestre y sus principales Medidas de Manejo. <i>Revista EIA</i>, ISSN 1794-1237 Núm. 5p 45-57.</p> <p>Bafaluy, J. (2000). Mortandad de murciélagos por atropello en carreteras del sur de la provincia de Huesca. <i>Galemys</i> 12 (1) pp. 15-23.</p> <p>Barrí, R. (2010). Evaluación preliminar de la mortandad de mastofauna nativa por colisión con vehículos en tres rutas argentinas. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. ISSN 1726-2216. <i>Ecología aplicada</i> Vol. 9 No 2, pp. 161-165.</p> <p>Brattstrom, B. H. (1974). The evolution of reptilian social behavior. <i>American Zoologist</i>, 14(1), 35-49.</p> <p>Calderón M., R., H. B. Bahena y S. Calme. (2008). Guía de anfibios y reptiles de la Biosfera de Sian Ka'an y zonas aledañas. 2a edición. ECOSUR/ CONABIO/COMPACT/Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. México. 110 p.</p> <p>Carr, L. y L. Fahrig. (2001). Effect of road traffic on two amphibian's species of differing vagility. <i>Conservation Biology</i> 15: 1071-1078.</p> <p>Clevenger, A. P. (2004). Mitigating Wildlife Mortality and Habitat Fragmentation Due to Transportation Infrastructure. Western Transportation Institute, College of Engineering, Montana State University. A report prepared for the Research and Innovative Technologies Administration U.S. Department of Transportation. 30 pp.</p> <p>Chacón R., C. (2011). Atropello de vertebrados en una carretera secundaria</p>

## Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional

- en Costa Rica. (Edición en Línea, ISSN: 1659-441X) Vol. 3(1): 81-84.
- Cedeño-Vázquez, J.R., R.R. Calderón-Mandujano y C. Pozo. (2006). Anfibios de la región de Calakmul, Campeche, México. CONABIO, ECOSUR, CONANP, PNUD, GEF, SHM A.C., Quintana Roo, México, 104 p.
- Coffin, A. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15: 396–406.
- Coffin, A. W., Ouren, D. S., Bettez, N. D., Borda-de-Água, L., Daniels, A. E., Grilo, C., ... & Rauschert, E. S. (2021). The ecology of rural roads: Effects, management, and research. *Issues in Ecology, Report No. 23. Ecological Society of America*. 36 p., (23).
- Comunicaciones y Transportes. (2022). Análisis Costo Beneficio Simplificado ACB 3, Carretera Aguascalientes. Dirección general de Proyectos de Infraestructura Vial. Secretaría de obras Públicas. Aguascalientes. 65 p.  
<https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/servicios/sicaf2/Uploads/312553acbcurvasags-villahidalgo.pdf>
- Cupul, F. (2002). Víctimas de la carretera: fauna apachurrada. Gaceta CUC. Departamento de Ciencias. Centro Universitario de la Costa. México.
- Delgado, J. D., Arévalo, J. R., & Fernández-Palacios, J. M. (2004). Consecuencias de la fragmentación viaria: efectos de borde de las carreteras en la laurisilva y el pinar de Tenerife.
- Delgado. V., C.A. (2007). Muerte de mamíferos por vehículos en la vía del escobero, envigado (Antioquia), Colombia. *Actual Biol.* 29 (87) pp. 229-233.
- Dean, W. R. J., Seymour, C. L., Joseph, G. S., & Foord, S. H. (2019). A review of the impacts of roads on wildlife in semi-arid regions. *Diversity*, 11(5), 81.
- Espinoza A., Serrano j. A., Montori Albert. (2012). Incidencia de los atropellos sobre la fauna vertebrada en el Valle de El Paular. LIC "Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte". Universidad de Barcelona. Facultad de Biología. pp. 209-236.
- Frías O., (1999). Estacionalidad de los atropellos de aves en el centro de España: número y edad de los individuos y riqueza y diversidad de especies. *Ardeola* 46(1), pp. 23-30
- Forman R. T. y Alexander, L. E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematic* 29:207–231.
- Forman, R. T. (2000). Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation biology*, 14(1), 31-35.
- Forman R., Sperling D., Bissonette J., Clevenger A., Cutshall C., Dale V., Fahrig L., France R., Goldman C., Heanue K., Jones J., Swanson F., Turrentine T., Winter T. (2003). *Road ecology: science and solutions*. Island Press, Washington, Covelo y London. 481 pp.
- García F. J., Orueta F.J. y Aranda. (1998). Permeabilidad de los vallados cinegéticos de caza mayor. Efecto barrera e implicaciones para la conservación de especies amenazadas. *Galemys* 10 (nº especial).

## Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional

- Guerra-Martínez, V y S. Ochoa-Gaona, (2008). Evaluación del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla en Tabasco, México. *Universidad y ciencia*. vol.24 (2): 135-146.
- González G. 2011. Estudio sobre Atropellamiento de Vertebrados en el Libramiento Carretero Amozoc-Cantona-Perote, Veracruz. *Revista oficial de la sociedad mesoamericana para la biología y la conservación*. Vol. 15 (2). pp. 150.
- Grilo, C., Borda-de-Água, L., Beja, P., Goolsby, E., Soanes, K., le Roux, A., ... & González-Suárez, M. (2021). Conservation threats from roadkill in the global road network. *Global Ecology and Biogeography*, 30(11), 2200-2210.
- Grilo, C., Neves, T., Bates, J., Le Roux, A., Medrano-Vizcaíno, P., Quaranta, M., ... & Wang, Y. (2025). Global Roadkill Data: a dataset on terrestrial vertebrate mortality caused by collision with vehicles. *Scientific data*, 12(1), 505.
- Grosselet, M., Villa-Bonilla, B. y Pescador M. (2007). Afectaciones a vertebrados por vehículos automotores en 1.2 km de carretera en el istmo de Tehuantepec. *Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropics*, pp 227–231.
- Gunther, K. A., Biel, M. J., & Robison, H. L. (2001). Influence of vehicle speed and road design on wildlife-vehicle collisions in Yellowstone National Park. *Yellowstone Center for Resources, Yellowstone National Park, Wyoming, USA*.
- Herrera M., A., Olaya-M, L. A., & Castro-H, F. (2004). Incidencia de la perturbación antrópica en la diversidad, la riqueza y la distribución de *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) en un bosque nublado del suroccidente colombiano. *Caldasia* Vol. 26(1) 265-274p.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA). (2000). *Síntesis geográfica del Estado de Tabasco, México*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D. F. México.
- INE. (2000). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, México*. 220 pp.
- Kuncoro, E., Wurarah, R. N., & Erari, I. E. (2024). The impact of road infrastructure development on ecosystems and communities. *Social, Ecology, Economy for Sustainable Development Goals Journal*, 1(2).
- Laverde, W. E. M. (2016). Análisis de la gestión ambiental en las vías 4G en construcción en Colombia. *Revista Ontare*, 4(1), 31-66.
- Langen, T., Machnniak A, Crowe EK, Mangan C, Marker D, Liddle N, Roden B (2007) Methodologies for surveying herpetofauna mortality on rural highways. *Journal of Wildlife Management*. 71:1361-1368.
- Langen, T., Ogden KM, Schwarting LL (2009) Predictive hotspots of herpetofauna road mortality along highway Networks. *The Journal of Management*. 73 (1):104-114.
- Lee C., J. (2000). *A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world. The lowlands of México, Northern Guatemala, and Belize*. 402p.
- Luell, B., Bekker, HGJ., Cuperus, R., Dufek, J., Hlavac, V., Keller, V., Rosell

## Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional

- C., Sangwine, T. Torslow, N & Wandall, B. (2005). COST 341. Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones. Servicio de Publicaciones. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. 166 pp.
- Martínez y García. (2001). Impacto de las infraestructuras del transporte sobre los vertebrados terrestres en Álava. Informe preparado para el departamento de obras públicas y urbanismo de la diputación foral de Álava. Grupo alavés para la defensa y estudio de la naturaleza Apartado de correos. 899. 01080. Vitoria-Gasteiz. 183p.
- Morales M., Villa-Cañedo., Aguilar R., Barragán M. (1997). Mortalidad de vertebrados silvestres en una carretera asfaltada de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Universidad veracruzana. La ciencia y el hombre, Nº 27. 7-23 pp.
- Mora, G., Arias, J., Reyes, A., Jiménez, A., Padilla, S., Mestre, I. G., & Sasa, M. (2012). Fenología reproductiva de anuros en humedales del bosque tropical seco de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 43(1), 29-38.
- Morales, J., Peris, S y Pedraza E. (2000). Utilización de pasos específicos de fauna y mortandad asociada en un canal de los páramos del norte de España (guarda, palencia). Dpto. Biología Animal. Campus Miguel de Unamuno. Universidad de Salamanca. E-37071. Salamanca. (peris@gugu.usal.es). *Galemys* 12 (1), 25-40 p.
- Moore, L. J., Petrovan, S. O., Bates, A. J., Hicks, H. L., Baker, P. J., Perkins, S. E., & Yarnell, R. W. (2023). Demographic effects of road mortality on mammalian populations: a systematic review. *Biological Reviews*, 98(4), 1033-1050.
- Monje-Najera, J. (1996). Vertebrate mortality in tropical highways: The Costa Rican case. *Vida Silvestre Neotropica* 5: 154-156.
- Noss, R. (2002). The ecological effects of roads. <http://www.eco-action.org/dt/roads.html> 2002. Consultada el 10 de julio de 2005.
- Noss R. f., carroll C, Borland K V., Wuerthner G. (2002). A Multicriteria Assessment of the Irreplaceability and Vulnerability of Sites in the Greater Yellowstone Ecosystem. *Conservation Biology*. Vol.16, No. 4.895–908pp.
- Omena J., Pantoja L., Santos A., Ribeiro J., Aride P. (2012). Caracterización de la fauna de Vertebrados Atropellados en la Carretera BR 174, Amazonas, Brasil. *Revista Colombiana cienc Anim* 4 (2): 291-307 pp.
- Pacheco-Figueroa, C. J., Luna-Ruiz, R. D. C., Valdez-Leal, J. D. D., Saenz, J. C., Gordillo-Chávez, E. J., Moguel-Ordóñez, E., ... & Santiago-Plata, V. M. (2021). Puntos de alta siniestralidad de vertebrados en la carretera costera de Tabasco. *Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas protegidas: Estudios de caso para el sureste de México. Ecosur, Campeche*, 348-367.
- Paniagua, D., Llana, A., Echegaray. J. (2007). Impacto de las infraestructuras de transporte sobre la naturaleza en el territorio histórico de Álava. Pérdida de hábitat, Perturbaciones, mortalidad de fauna por atropellos, efecto barrera impacto sobre los espacios

## Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional

- naturales. Informe realizado por GADEN con la colaboración del Dpto. de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco, pp. 1-151.
- Peterson, R. T. y E. L. Chalif. (1989). Aves de México. Guía de campo. Impreso en México. Ed. Diana. México, D.F. 473p.
- Percino-Daniel, R., Cruz-Ocaña, E., Pozo-Ventura, W., & Velázquez-Velázquez, E. (2013). Diversidad de reptiles en dos microcuencas del río Grijalva, Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(3), 938-948.
- Pozo M. G. y Bonilla S. Y. M., 2009. Las carreteras y su Impacto sobre la Fauna Silvestre en una Región de la Cuenca bajan del Río Usumacinta. 252 -265 pp.
- Peris, S., Baquedano R., Sánchez A. y Pescador M. (2005). Mortalidad del jabalí (*sus scrofa*) en carreteras de la provincia de salamanca (no de España): ¿influencia de su comportamiento social?, ISSN: 1137-8700. *Galemys*, 17 (1-2): 13-23, 2005.
- PMVC-CODA. (2003). Mortalidad de vertebrados en carreteras. Proyecto provisional de seguimiento. De la mortalidad de vertebrados en carreteras (PMVC). SCV. Madrid. Documentos Técnicos de Conservación; 4
- Ramos, M., B., Ortega Pérez, E., Mancebo Quintana, S. y Otero Pastor, I. (2008). "Fragmentación de los hábitats de la Red Natura 2000 afectados por el PEIT (Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte)", *GeoFocus (Artículos)*, nº 8, p. 44-60. ISSN: 1578-5157.
- Ramp D., Caldwell J., Edwards K. A., Warton, D., Croft, D. B. (2005). Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia. *Biological Conservation* 126: 474-490.
- Rodríguez-Prieto y Fernández-Juricic, E. (2005). Effects of direct human disturbance on the endemic Iberian frog *Rana iberica* at individual and population levels. En: *Biological Conservation* 123: 1-9.
- Rowland, M. J. Wisdom, B. K. Johnson, and M. A. Penninger. (2005). Effects of Roads on Elk: Implications for Management in Forested Ecosystems. Pages 42-52 in Wisdom, M. J., technical editor, *The Starkey Project: a synthesis of long-term studies of elk and mule deer*. Reprinted from the 2004 Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference, Alliance Communications Group, Lawrence, Kansas, USA.
- Rosell C., Álvarez, G., Cahill, C., Campeny. C., Rodríguez, A. (2002). "COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España", Ministerio de Medio Ambiente, Informe inédito, 317 pp. Madrid España
- Ruíz-Ramírez, L., González-Gallina, A., Soto, V., Pacheco-Figueroa, C. J., & Pech-Canché, J. M. (2022). Comparison of road-killed mammals on roads of different types of jurisdictions and traffic volume in Veracruz, México. *Therya Notes*, 3(2), 82-86. [https://doi.org/10.12933/therya\\_notes-22-75](https://doi.org/10.12933/therya_notes-22-75)
- Sáenz J.C., T. Langen y L, Torres. (2011). Atropellamientos de Vertebrados y posibles Medidas de Mitigación en el Área de Conservación

## Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional

- Guanacaste. En Memorias del IV Taller Internacional de Impactos de Infraestructuras Humanas sobre la Vida Silvestre en Latinoamérica. 27 Junio-1 Julio 2011. DACBiol-UJAT, UNA. Villahermosa, Tabasco.
- Sánchez C., Sandoval, J., Montiel, A., Hernández, E., Bonilla, O. y Villa, H. (1988). Propuesta de establecimiento y manejo de una reserva de la biosfera en los pantanos de Centla, Tabasco, México. 667-688 p. En: Ecología y conservación del Delta de los ríos. Usumacinta y Grijalva, Memorias. INIREB-División Regional Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco.
- Strasburg J., L. (2006). Roads and genetic connectivity. *Nature*. Vol. 440:875–876.
- Teixeira, F. Z., Rytwinski, T., & Fahrig, L. (2020). Inference in road ecology research: what we know versus what we think we know. *Biology letters*, 16(7), 20200140.
- Tudela, F. (1992). La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco, proyecto integrado del Golfo. El colegio de México, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados e Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social. 1era reimpresión 475p.
- Valdez-Leal, J.D., C.J. Pacheco-Figueroa y E. Moguel-Ordoñez. (2005). Fauna silvestre atropellada en la carretera Villahermosa – Macuspana, Tabasco, México. *Revista oficial de la sociedad mesoamericana para la biología y la conservación*, Vol. 9, N° 4, pag.148.
- Vargas S., Delgado O., López A. (2011). Mortalidad por atropello vehicular y distribución de anfibios y reptiles en un bosque subandino en el occidente de Colombia. *Caldasia* 33(1):121-138.
- Verdiell, C., D. (2012). Inventario y estado de conservación de las charcas ganaderas en la Región de Murcia (SE Península Ibérica). Departamento de Zoología y Antropología Física, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, 30100 Murcia. *Anales de Biología* 34: 1-8 pp.
- Whiting, M. J., & Miles, D. B. (2019). Chapter 9. Behavioral Ecology of Aggressive Behavior in Lizards. *Behavior of Lizards: Evolutionary and Mechanistic Perspectives*, 289.
- Xiong, G., Yang, F., Wang, T., He, R., & Li, L. (2025). Impact of road infrastructure on wildlife corridors in Hainan rainforests. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 139, 104539.
- Zarza, H. (2006). Uso de hábitat del jaguar (*Panthera onca*) en un paisaje influenciado por actividades humanas en el sur de la Península de Yucatán. Tesis Maestría en Ciencias (Ecología y ciencias ambientales), Instituto de Ecología, UNAM, México D.F.