



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTONÓMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



MORTALIDAD DE ANFIBIOS Y REPTILES POR COLISIONES CON
VEHÍCULOS, EN UN TRAMO DE LA CARRETERA FEDERAL 180,
FRONTERA-CD. DEL CARMEN, TABASCO, MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA

ESMERALDA MARCELO GUADARRAMA

ASESORES

Dra. CORAL JAZVEL PACHECO FIGUEROA

M. en C. JUAN DE DIOS VALDEZ LEAL

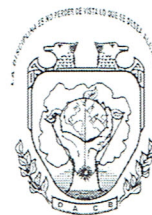
Villahermosa, Tabasco. México. Abril del 2015



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN



ABRIL 16 DE 2015

C. ESMERALDA MARCELO GUADARRAMA
PAS. DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"MORTALIDAD DE ANFIBIOS Y REPTILES POR COLISIONES CON VEHÍCULOS, EN UN TRAMO DE LA CARRETERA FEDERAL 180, FRONTERA-CD. DEL CARMEN, TABASCO, MÉXICO"**, asesorado por la Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa y M. en C. Juan de Dios Valdez Leal sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por la Dra. Claudia Elena Zenteno Ruiz, M. en C. Eduardo Javier Moguel Ordoñez, Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa, Dra. Lilia María Gama Campillo y Dr. Luis José Rangel Ruiz.

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

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

ATENTAMENTE
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ
DIRECTORA



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

CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **"MORTALIDAD DE ANFIBIOS Y REPTILES POR COLISIONES CON VEHÍCULOS, EN UN TRAMO DE LA CARRETERA FEDERAL 180, FRONTERA-CD. DEL CARMEN, TABASCO, MÉXICO"**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

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

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

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 16 de Abril de 2015.

AUTORIZO

ESMERALDA MARCELO GUADARRAMA

Dedicatoria

A mis padres

Al Sr. Andrés y a la Sra. Evangelina

Por apoyarme siempre,

Y ser incondicionales.

Todo mi respeto y gratitud

Solo para ustedes.

A mi hija

Monse

Gracias por esperarme,

No toda la ausencia

Fue distancia

A mi hermoso regalo

Ya deseo conocerte

A ti amor

Héctor

Al fin te encontré

Los amo

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin la beca otorgada (No. 489397) por el Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para realizar los estudios de posgrado. A la UJAT, División Académica de Ciencias Biológicas por permitirme realizar mis estudios de posgrado satisfactoriamente y a los profesores investigadores que son parte de formación profesional.

Agradezco al Proyecto Mortandad de Fauna Silvestre en carreteras de la Planicie Tabasqueña. Clave: UJAT-2013-IB-42. Financiamiento: Programa de Fomento a la Investigación 2013, por el financiamiento otorgado a la realización de esta investigación.

Al M. en C. Eduardo J. Moguel Ordoñez a través de la COVINSE-DACBiol-UJAT, por las facilidades otorgadas en los monitoreos con equipo y materiales.

A los miembros del comité tutorial, la Dra. Claudia E. Zenteno Ruiz, M. Eduardo J. Moguel Ordoñez, Dr. Coral J. Pacheco Figueroa, Dra. Lilia M. Gama Campillo y al Dr. Luis José Rangel Ruíz, gracias por su ayuda y comentarios realizados en cada uno de los capítulos que integran este trabajo.

De manera muy especial le agradezco al Mtro. Juan de Dios y a la Mtra. Coral como les suelo llamar, por aceptarme como profesionista en el campo laboral, gracias a eso parte de mi experiencia profesional es por esa oportunidad que me dieron. Por creer en mí a lo largo de esos años y que ahora como alumna de posgrado, les agradezco por la oportunidad, el apoyo y las enseñanzas que me han brindado a lo largo de este tiempo como asesores de tesis e investigadores. Gracias por la amistad y confianza que me han brindado y por esos ánimos que siempre me dan para seguir superándome profesionalmente. Gracias Coral eres un ejemplo a seguir. Como leí por ahí este es el fin del principio.

Quiero agradecer a la gente que me recibió en Costa Rica durante mi estancia académica en el Instituto en Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS), en especial a Joel Sáenz, por facilitarme los trámites, por su rápida y oportuna respuesta a mis dudas sobre mi estancia, por sus asesorías y la disposición para revisar el documento, así como su valioso aporte para mejorar la calidad del escrito. También le agradezco al Dr. José Manuel Mora quien impartió el curso de

Manejo de vida silvestre y a los compañeros de la generación XXIV, en especial a Lina, a todos ellos por hacer esta experiencia más placentera.

A Manuel Spínola y Samuel Oporto por toda la ayuda prestada para los análisis estadísticos y encontrarle respuesta a los análisis de estos objetivos.

A Elías J. Gordillo y a Claudia C. Martínez García por su apoyo y ayuda en la digitalización del área de estudio, gracias por su tiempo y asesorías.

En la realización de trabajo de campo recibí apoyo de un gran número de personas, que tuvieron esa disposición de desmadrugarse por días consecutivos y otros como voluntarios (y en los días lluviosos con hartas hojas por llenar) y a los que mostraron ese interés por aprender un poquito más sobre los anfibios y reptiles: Eder, Fanny, Jeho, Ivan, Magui, Tafoya, Dulce, Mane, Alexdie, Luis Alberto, Aldo, Debora, Ady, Víctor, Basilio, Toño, Ruth y a mis compañeros de la maestría Samuel, Blanca, y Leonardo. A todos y cada uno de ustedes les estoy muy agradecida por su apoyo, gracias por pasar momentos muy gratos en cada salida.

A Elías J. Gordillo Chávez y a su papá, que me dieron las referencias de los dueños de los terrenos del área de estudio. A cada uno de los dueños de los terrenos que nos permitieron llevar a cabo los muestreos en sus propiedades y a los encargados de ellos gracias por todas las facilidades otorgadas. Y en especial a doña Isla por darnos alojamiento a lo largo de todo el trabajo de campo.

Agradezco a estas chicas que formaron parte de esta generación MCA: Irene, Rosita, Blanca, Gaby, Shirley, Liz y Elsa más que compañeras, gracias por su amistad, confianza y por los muy gratos momentos compartidos durante esos dos años. A Santa y Yessi por su amistad y apoyo en tiempos difíciles. Richie, Hilda y Claudia excelentes amigos, animándome a seguir siempre con una sonrisa por delante.

A mis padres por su apoyo invaluable, sin ellos este sueño no habría podido realizarse. Gracias Nina por tus consejos de seguir siempre adelante, animando a seguir sin voltear atrás, aun después de tropezar. Finalmente agradezco a todas y cada una de las personas que de una u otra manera, me apoyaron para la culminación de este trabajo.



CONTENIDO

INIDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE TABLAS	VI
INTRODUCCION	1
Capítulo I. Impactos ecológicos de las carreteras en anfibios y reptiles.	2
Ecología de carreteras	2
Herpetofauna, carreteras y tráfico	3
Consideraciones para el muestreo de colisiones de anfibios y reptiles.	6
OBJETIVOS	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
LITERATURA CITADA	9
Capítulo II. Mortalidad de anfibios y reptiles por colisiones en un tramo de la carretera Federal 180, Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.....	14
INTRODUCCIÓN	14
MATERIALES Y MÉTODOS	18
Área de estudio	18
Colecta de datos	20
Análisis de resultados	20
RESULTADOS	21
Composición de la herpetofauna atropellada	21
Anfibios	21
Reptiles	22
DISCUSIÓN	25
CONSIDERACIONES	30
LITERATURA CITADA	31

Capítulo III. Anfibios y reptiles asociados a los bordes de un tramo de la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.....	39
INTRODUCCION.....	39
MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
Área de estudio.....	42
Selección de sitios de muestreos.....	44
Análisis cartográfico.....	44
Muestreo de las parcelas.....	46
Determinación de especies.....	46
Análisis de datos.....	47
RESULTADOS	48
Composición de anfibios y reptiles en la vegetación adyacente a la Carretera.	48
DISCUSIÓN.....	53
CONSIDERACIONES.....	55
LITERATURA CITADA.....	55
ANEXOS.....	61
Anexo 1. Anfibios y reptiles colisionados.....	61
Anexo 2. Anfibios y reptiles observados en los bordes de la carretera	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio y localización del tramo de 2km en la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.	19
Figura 2. Curva de acumulación de especies de los 36 días de muestreo a) anfibios b) reptiles; registrados como colisionados en Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.....	24
Figura 3. Ubicación del área de estudio y localización del tramo de 2km en la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.	43
Figura 4. Ubicación de las parcelas en las áreas adyacentes a la carretera.	45
Figura 5. Curva de acumulación de especies durante el periodo de muestreo en los bordes del tramo de estudio Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México. ..	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles registrados como colisionados en Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.....	22
Tabla 2. Listado de especies registradas en los tres tipos de vegetación en los bordes en la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.....	49
Tabla 3. Riqueza, diversidad y dominancia de la herpetofauna registradas por tipos de vegetación en los bordes en la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.	52

INTRODUCCION

Las amenazas antropogénicas a la diversidad biológica y de nuestro mundo natural son variadas y numerosas. La manera en que el ser humano utiliza los recursos naturales del mundo induce a impactos en el resto de las especies que habita en nuestro planeta (Gascón *et al.* 2007). Es así que la modificación del hábitat sigue siendo la principal huella ecológica de las actividades humanas causadas por el cambio de uso del suelo, sin considerar los efectos negativos sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas (Gascón *et al.* 2007; Suazo-Ortuño 2009).

La expansión de infraestructuras lineales; como las carreteras, líneas de transmisión eléctricas y tuberías de gas (Trombulak y Frissell 2000; Coffin 2007; Van der Ree *et al.* 2011), están ocasionando una reducción en la cantidad y calidad de hábitat disponibles para la biodiversidad, tanto local como regionalmente (Spellerberg 1998; Forman y Alexander 1998; Forman 2000; Trombulak y Frissell 2000; Forman y Sperling 2003; Eigenbrod *et al.* 2009).

Hoy en día, los anfibios y reptiles están siendo afectados por factores directos e indirectos, que reducen la viabilidad de las poblaciones y los hacen vulnerables a la extinción (Gibbons *et al.* 2000; Urbina 2005). La destrucción y deterioro de hábitat, es una de las mayores amenazas para la supervivencia de estos organismos (Crump 2003), aunado con la cercanía a carreteras o áreas urbanas, potencia la mortalidad de los individuos, impidiendo la colonización o la culminación de su ciclo de vida (Dodd y Smith 2003).

La mortalidad de anfibios y reptiles por colisiones con vehículos puede ser impresionante y muy pocos le ponen atención, por lo tanto su conservación no es una tarea fácil. No solo estamos enfrentando la disminución de anfibios y reptiles a nivel global (Gibbons *et al.* 2008), sino que cada vez somos más dependientes de las carreteras y transporte para el desarrollo económico (Gibbs *et al.* 2008). Para

comprender mejor como los paisajes fragmentados por carreteras pueden tener efectos ecológicos perjudiciales (Jochimsen *et al.* 2004), en este apartado revisaremos algunos términos, sobre uno de los elementos del paisaje que impone una serie de efectos negativos, como son las carreteras, haciendo especial énfasis sobre el efecto que tiene sobre los anfibios y reptiles.

Capítulo I. Impactos ecológicos de las carreteras en anfibios y reptiles.

Ecología de carreteras

El término *Ecología*, significa el estudio de las interacciones entre los organismos vivos y el ambiente, y *carretera* que de manera simple es una vía abierta para el paso de vehículos, la combinación de ambas describe la esencia de la ecología de carreteras (*Road ecology*), disciplina que surge por cuestiones ambientales y la conservación de la biodiversidad (Forman y Alexander 1998; Forman y Sperling 2003). En particular, el objetivo de la ecología de carreteras es proporcionar a los diseñadores de carreteras, alternativas sobre cómo evitar, minimizar o mitigar los impactos ambientales negativos del transporte sobre la biodiversidad en general, así como también determinar qué especies son más vulnerables a los efectos negativos de las carreteras y datos sobre la persistencia de los individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas (Forman y Sperling 2003; Van der Ree *et al.* 2011).

Estudios recientes muestran que una vez construidas las infraestructuras y especialmente la red de carreteras tienen una multitud de efectos sobre el medio natural (Bissonette 2002; Ramp *et al.* 2005). Estos efectos (directos e indirectos) de las carreteras se han reconocido y descrito desde hace más de 60 años. La mayoría de los especialistas coincide en que los principales efectos de las carreteras de todo tipo es que afectan a los ecosistemas terrestres y acuáticos en siete formas generales: (1) aumento de la mortalidad a partir de la construcción de carreteras, (2) aumento de la mortalidad

por colisión con vehículos (*atropellos*), (3) la modificación de la conducta animal, (4) la alteración del medio físico, (5) la alteración del ambiente químico, (6) la propagación de especies exóticas, y (7) mayor alteración y uso de hábitat por los humanos (Trombulak y Frissell 2000; Forman 2000; Bissonette 2002).

Las carreteras mejoran la conectividad entre las zonas rurales y las densamente pobladas, por lo tanto son la última manifestación de la urbanización, que se produce en etapas progresivas a través de múltiples escalas temporales y espaciales (Andrews y Jochimsen 2007). Además, la construcción de nuevas carreteras facilitan el uso y la modificación de los hábitats adyacentes por los seres humanos (Forman y Alexander 1998; Trombulak y Frissell 2000), para la caza, la recolección y la observación de la vida silvestre (Andrews *et al.* 2006). Lo que contribuye indirectamente a impactos adicionales sobre la fauna silvestre, entre ellos los anfibios y reptiles (Colino y Lizana 2012).

Sin embargo, estos conflictos han llevado a investigadores a cuantificar el efecto más visible que las carreteras tienen sobre la fauna silvestre (Jochimsen *et al.* 2007) los atropellos (*roadkill*), que son los animales muertos que se encuentran en los caminos a causa de colisiones con vehículos (Gottdenker *et al.* 2001). De hecho, en algún momento durante las últimas tres décadas, las colisiones han superado a la caza como principal causa de muerte en vertebrados originada por actividades humanas (Forman y Alexander 1998; Andrews *et al.* 2008).

Herpetofauna, carreteras y tráfico.

Es necesario identificar qué características biológicas hacen susceptible a los anfibios y reptiles, para una mejor comprensión de como las carreteras y el tráfico afectan directa e indirectamente a los individuos, poblaciones y comunidades, a través de la mortalidad directa, pérdida y fragmentación de hábitat y alteraciones de los ecosistemas (Jochimsen *et al.* 2004; Andrews *et al.* 2006).

Los anfibios y reptiles son organismos vertebrados que pertenecen a las clases Amphibia y Reptilia. En conjunto a estos organismos se les da el nombre de *herpetofauna* (del griego *herpeton* “animal que se arrastra”). Estos organismos ocupan muchos de los hábitats existentes en los ecosistemas y los ciclos de vida de una gran proporción de la herpetofauna dependen de las condiciones ecológicas que ofrecen los humedales. La diferencia fundamental entre los anfibios y reptiles es que estos últimos, presentan adaptaciones para la vida silvestre, dependiendo menos de un ambiente húmedo inmediato como es el caso de los anfibios (Aguirre y Cázares 2009).

Se tiene documentado a las carreteras, como una amenaza para casi todas las especies de herpetofauna. Sobre la base de la probabilidad, sería de esperar que habrá una mayor tasa de mortalidad si una carretera cruza en las rutas de migración, especialmente cuando las carreteras interceptan humedales o se construyen a lo largo de cuerpos de agua (Forman *et al.* 1998; Langen *et al.* 2007; Gibbs 2008; Govindarajulu 2011). La herpetofauna (anfibios, serpientes, lagartos y tortugas), a menudo se reportan como atropellados (Fahrig *et al.* 1995; Houlahan y Findlay 2003). Hay varias razones por las que estos grupos pueden ser particularmente propensos a la mortalidad en carreteras en comparación con otros vertebrados.

En primer lugar, muchos anfibios y reptiles son de movimientos relativamente lentos, aumentando así el riesgo de mortalidad en los cruces de carretera, lo que puede conducir a tasas extremadamente altas de mortalidad (Hels y Buchwald 2001). En segundo lugar, la herpetofauna también tiende a requerir movimientos estacionales entre los diferentes hábitats, por ejemplo, para buscar alimento, pareja o sitios para la reproducción (Haxton 2000; Roe *et al.* 2006; Semlitsch 2000, estos movimientos aumentan la posibilidad de tener contacto con las carreteras (Steen y Gibbs 2004). En tercer lugar, los anfibios y reptiles pueden ser abundantes (Burton y Likens 1975) y en algunas especies esta alta abundancia se debe principalmente porque al ser ectotérmicos, permite una mayor absorción de energía para el crecimiento en lugar de utilizar la energía para mantenerse calientes (Gibbs *et al.* 2008). Además los hábitos

sedentarios de muchas especies de estos grupos, son muy acentuados, lo que significa que van a estar expuestos a las perturbaciones en su entorno durante largos periodos y que van a tener pocas oportunidades de escapar de condiciones inadecuadas en el espacio ni en el tiempo (Strategy for Monitoring the Effectiveness of BMPs, 2004).

Ancho de la carretera, los niveles de tráfico y las velocidades de los vehículos, afectan las tasas de mortalidad (Forman *et al.* 1998). El tráfico vehicular se considera como el factor antropogénico que afecta a la mortalidad de anfibios y reptiles en carreteras (Fahrig *et al.* 1995; Mazerolle 2004) y con la proliferación mundial de las carreteras y el uso de vehículos, se ha encontrado correlación entre el aumento de las muertes de herpetofauna y las áreas de mayor intensidad de tráfico (Fahrig *et al.* 1995). Seiler (2003) presenta un modelo conceptual sobre los efectos del tráfico, el mismo incluye a los animales que pueden cruzar la carretera, los que evitan la carretera o su borde por el nivel del tráfico, ruido y movimiento vehicular y, aquellos que se atreven a cruzar la carretera y son víctimas de atropellos. Este modelo concluye que con un Tránsito Promedio Diario (TPD) bajo (< 2500 vehículos por día) la proporción de las tasas de mortalidad es relativamente baja, así como el número de animales que se resisten acercarse a la carretera. A medida que el volumen vehicular se incrementa (TPD = 2500 a 10000 vehículos / día), se espera que la mortalidad sea alta y la proporción de cruces exitosos comienza a decrecer dramáticamente. Bajo tráfico mayores (TPD = > 10000 vehículos / día) solo una pequeña proporción de cruces son exitosos, una gran proporción de animales que se acerca a la carretera es repelida por el disturbio y el tráfico pesado, por lo que la mortalidad debida al tráfico ocurre rara vez. A medida que la investigación sobre los impactos de la carretera se ha enfocado de manera desproporcionada en los mamíferos y aves, todavía se sigue aprendiendo acerca de algunos de los efectos directos en la herpetofauna.

Consideraciones para el muestreo de colisiones de anfibios y reptiles.

La carretera generalmente tiene dos efectos en poblaciones de anfibios y reptiles: evasión o muerte (Forman y Alexander 1998). Para cuantificar este efecto se necesita precaución y cautela en la interpretación de estos datos (Andrews y Jochimsen 2007), ya que el método de recolección de datos sobre colisiones, parece ser fácil y muy obvia. Sin embargo, tanto los estudios a corto y largo plazo, muestran una importancia relativa de los anfibios y reptiles colisionados. Si bien, se han publicado una gran cantidad de estudios con resultados subestimados, debido a diferencias en los protocolos de muestreo (Puky 2006).

Es por eso que los investigadores están buscando métodos precisos para la localización de puntos de mortalidad (Evink 2002; Forman *et al.* 2003; Langen *et al.* 2007), especialmente en cuanto a la duración y el momento de los inventarios (Puky 2006). Es preciso tomar en cuenta la presencia de depredadores y aves carroñeras, la topografía y el tipo de vegetación en los bordes de la carretera, las condiciones meteorológicas o el momento del día (Colino y Lizana 2012).

La definición de un esfuerzo de muestreo apropiado, es fundamental para representar adecuadamente la riqueza de mortalidad en carreteras. En el caso de los estudios de seguimiento se centran en la riqueza de vertebrados total, el esfuerzo mínimo debe incluir muestras semanales o más frecuentes, por períodos de más de un año. En regiones con estacionalidad ambiental pronunciado, la prioridad es muestreos quincenales durante un período de al menos un año. Cuando el objetivo es la identificación de las especies más afectadas, muestras quincenales durante un año es suficiente (Bager y Da Rosa 2011).

Como todo diseño de muestreo depende de los objetivos, si el objetivo es la localización de puntos negros, las encuestas realizadas en vehículos son ideales, ya que nos permiten recorrer distancias mayores en menos tiempo, sin embargo este método

subestima el número de individuos por la falta de detección. Para detectar el mayor número posible de individuos atropellados o acercarse al número real, los recorridos a pie son ideales, ya que estos recorridos, intentan determinar los mínimos rastros que se localicen en el sitio, al hacer una revisión sistemáticamente, esto para garantizar que la muestra del tramo sea completo y uniforme (Langen *et al.* 2007; 2009). Con estos métodos podremos detectar los patrones espaciales y temporales, así como también podremos implementar de medidas mitigadoras para reducir la mortalidad de anfibios y reptiles en las carreteras (Langen *et al.* 2007).

Otro factor que hay que tomar en cuenta, es el tiempo que tardan los anfibios y reptiles colisionados en las carreteras, en comparación con las otras clases de vertebrados (Puky 2006). En el caso de los anfibios, los restos de los cadáveres apenas permanecen unas horas en la carretera. Teniendo en cuenta que la mayor parte de colisiones se producen por las noches (Langen *et al.* 2007) y en carreteras con cierto tráfico estos han desaparecido a tempranas horas (Colino 2012). Para eso, los horarios en los cuáles se pueden encontrar cadáveres frescos, serán las primeras horas del día, de ser posible antes o después de la salida del sol (Langen *et al.* 2007).

Langen *et al.* (2007), recomiendan la realización de inventarios preliminares a lo largo de la temporada activa de anfibios y reptiles en un área, para optimizar los tiempos de estudio de las especies de mayor amenaza. Actualmente se han señalado que los registros de fauna atropellada pueden ser usados como fuente de información de especies (Gottdenker *et al.* 2001), ya que sirven como referencia para especies que posiblemente bajo otros métodos de muestreo sería imposible registrar (González 2011), de ahí la importancia de este método.

Los esfuerzos por mitigar los efectos negativos de las carreteras son ahora más comunes en nuevos proyectos de construcción. Para la mitigación efectiva de los efectos de la carretera, es importante identificar las especies cuyas poblaciones son más susceptibles de ser atropelladas en los caminos y como se encuentran las especies que

habitan las áreas adyacentes a la carretera. Por lo que el propósito de este estudio fue evaluar el impacto que tiene un tramo de 2 km en Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco sobre los anfibios y reptiles. Esta investigación nos permitió detectar las especies que están siendo afectadas por la carretera y el tráfico, estos resultados serán la base para proponer medidas de mitigación que permitan reducir la mortalidad de estos grupos taxonómicos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el impacto sobre los anfibios y reptiles en un tramo de 2 km de la Carretera Federal 180, Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

Objetivos específicos

- ✓ Estimar la riqueza y abundancia de anfibios y reptiles colisionados con vehículos, en un tramo de dos km.
- ✓ Estimar la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles, en las áreas adyacentes de un tramo de dos km.

LITERATURA CITADA

- Aguirre LG, Cázares, HE (2009) Técnicas de campo para el inventario y monitoreo de anfibios y reptiles. En: Breviario para describir, observar y manejar humedales. Moreno-Casasola P., Warner B. G. (Eds.). Serie consultable no. 1. RAMSAR, Instituto de Ecología A. C. CONAP, US Fish and Wildlife Service, US. Satate Department. Xalapa, Ver. México. pp. 406.
- Andrews KM, Jochimsen DM (2007) Ecological Effects of Roads Infrastructure on Herpetofauna: Understanding Biology and Increasing Communication. Road Ecology Center. UC Davis: Road Ecology Center. pp. 567-582.
- Andrews KM, Gibbons JW, Jochimsen DM (2008) Ecological effects of roads on amphibians and reptiles: A literature Review. Herpetological Conservation. 3:121-143.
- Andrews KM, Gibbons JW, Jochimsen DM (2006) Literature synthesis of the effects of roads and vehicles on amphibians and reptiles. Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of Transportation. Washington, D.C. pp. 151
- Bager A, Da Rosa CA (2011) Influence of sampling effort on the estimated richness of road-killed vertebrate wildlife. Environmental Management. 47:851-858.
- Bissonette L (2002) Scaling roads wildlife: The Cinderella principle. Z. Jagdwiss. Supplement. 48: 208-214.
- Burton TM, Likens GF (1975) Salamander populations and biomass in the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. Copeia 175: 541-546.
- Coffin, AW (2007) From roadkill to road ecolgy: A review of the Ecological effects of roads. Journal of Transport Geography 15 (2007) 396-406.

- Colino RVJ, Lizana M (2012) Herpetofauna and roads: a review. *Basic and Applied Herpetology*. 26:5-31.
- Crump ML (2003) Conservation of amphibians in the New World tropics. In: Semlitsch, R.D. (ed.) *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution. USA, pp. 53-69.
- Dodd Jr CK, Smith J (2003) Habitat destruction and alteration: Historical trends and future prospects for amphibian. In: Semlitsch, R.D. (ed.) *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution. USA, pp. 94-112.
- Eigenbrod F, Hecnar SJ, Fahrig L (2009) Quantifying the road-effect zone: threshold effects of a motorway on anuran populations in Ontario, Canada. *Ecology and Society* 14(1): 24.
- Evink GL (2002) Interactions between roadways and wildlife ecology. National cooperative highway research program synthesis 305. Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.
- Fahrig L, Pedlar JH, Pope SE, Taylor PD., Wegner JF (1995) Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation*. 73: 177-182.
- Forman RTT (2000) Estimate of the Area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology*. 14: 31-35.
- Forman RTT, Sperling D (2003) *Road Ecology Science y Solutions*. Island Press. USA. pp. 481.
- Forman RTT, Alexander LE (1998) Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29:207-231.
- Gascon C, Collins JP, Moore RD, Church DR, McKay JE, Mendelson JR III (eds) (2007) *Amphibian Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. pp. 64.

- Gibbons JW, Scott DE, Ryan TR, Buhlmann KA, Tuberville TD, Metts BS, Greene JL, Mills T, Leiden y, Poppy S, Winne T (2000) The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *Bioscience*, 50:653-666.
- Gibbs JP, Patrick DA, Leopold DJ, Ducey PK (2008) Effects of New York State Roadways on amphibians and reptiles: A research and adaptive mitigation Project. University transportation research center. pp. 206.
- González-Gallina A (2011) Atropellamiento de Fauna en el Libramiento Carretero de Amozoc-Cantona-Perote. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. A.C. Pp. 82.
- Gottdenker N, Wallace RB, Gómez H (2001) La importancia de los atropellos para la ecología y conservación: *Dinomys branickii* un ejemplo de Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 35: 61-67.
- Haxton T (2000) Road mortality of snapping turtles, *Chelydra serpentina*, in central Ontario during their nesting period. *Canadian Field Naturalist* 114:106-110.
- Hels T, Buchwald E (2001) The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99:331-340.
- Jochimsen DM, Peterson CR, Andrews KM, Gibbons JW (2004) A literature review of the effects of roads on amphibians and reptiles and the measures used to mitigate those effects. Final Report to Idaho Fish and Game Department and the USDA Forest Service. pp. 79.
- Langen TA, 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 TA, Ogden KM, Swarting LL (2009) Predictive hotspots of herpetofauna road mortality along highway Networks. *The Journal of Management*. 73 (1):104-114.
- Laurance WF (2010) Habitat destruction: death by a thousand cuts. Chapter 4. En: Sodhi N. S., Ehrlich P. R. (Eds.). *Conservation Biology for All*. Oxford University Press. New York. EE.UU.
- Mazerolle MJ (2004) Amphibian road mortality in response to nightly variations in traffic intensity. *Herpetologica* 60:45–53.
- Puky M (2006) Amphibian road kills: a global perspective. IN: *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*, Eds. Irwin CL, Garrett P, McDermott KP. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: pp. 325-338.
- Ramp D, Caldwell J, Edwards KA, Warton D, Croft DB (2005) Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia. En: *Biological Conservation* 126. Pp. 474-490.
- Roe, JH, Gibson J, Kingsbury BA (2006) Beyond the wetland border: estimating the impact of roads for two species of water snakes. *Biological Conservation* 130:161-168.
- Semlitsch RD (2000) Principles for management of aquatic-breeding amphibians. *Journal of Wildlife Management* 64:615-631.
- Spellerberg IF (1998) Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7: 317-333.
- Steen DA, Gibbs JP (2004) Effects of roads on the structure of freshwater turtle populations. *Conservation Biology* 18:1143-1148.

- Suazo-Ortuño I (2009) Efectos de la conversión del Bosque Tropical caducifolio a mosaicos agrícolas sobre ensamblajes herpetofaunísticos. Tesis doctoral. UNAM. 117pp.
- Trombulak SC, CA Frissell (2000) Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology*.14: 18-30.
- Urbina-Cardona, JV, Reynoso, VH (2005) Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en la Reserva de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Capítulo 15. En: G. Halffter, J. Soberón, P.Koleff & A. Melic (eds.) *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma*. CONABIO, SEA, DIVERSITAS & CONACyT. Volumen 4. Editorial Monografías Tercer Milenio, Zaragoza, España. pp.191207.
- Van der Ree R, Jaeger JA G, van der Grift EA, Clevenger AP (2011) Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales. *Ecology and Society* 16(1): 48.

Capítulo II. Mortalidad de anfibios y reptiles por colisiones en un tramo de la carretera Federal 180, Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

INTRODUCCIÓN

Los caminos son una amenaza que tienen efectos negativos sobre la persistencia de los anfibios y reptiles (Vos y Chardon 1998; Carr y Fahrig 2001, Karlson *et al.* 2014). Se han identificado una serie de amenazas implicadas en la declinación de poblaciones de anfibios y reptiles (Gibbons *et al.* 2000, Collins y Stofer 2003), que tienen un origen estructural de cambio en el hábitat o de efecto directo en sus poblaciones (Gardner *et al.* 2007).

La deforestación y fragmentación son consideradas estructurales y las que afectan a las poblaciones de anfibios y reptiles sin modificar necesariamente la estructura del hábitat, son el cambio y uso del suelo, el cambio climático, la contaminación y el desarrollo de carreteras (Sala *et al.* 2000; Sanderson *et al.* 2002; Alkemade *et al.* 2009; Suazo-Ortuño 2009). La herpetofauna se ve dañada por las vías de comunicación al disminuir su dispersión (Gibbs 1998), aumentando la mortalidad (Fahrig *et al.* 1995, Carr y Fahrig 2001) y reduciendo su diversidad genética (Reh y Seitz 1990).

El crecimiento carretero es exponencial, desde hace varios años, y ha contribuido a la disminución generalizada de las poblaciones de anfibios y reptiles, sin una solución oportuna (Gibbons *et al.* 2000, Stuart *et al.* 2004, Jochimsen *et al.* 2014). Hasta principios del Siglo XX se empezaron a realizar estudios que involucran a la herpetofauna y los problemas con los caminos. Fue entonces que a partir de la última década (2001 al 2010) el ritmo de publicaciones en las carreteras supera a las décadas anteriores (Andrews y Jochimsen 2007).

La herpetofauna, experimenta los niveles más altos de mortalidad en vías terrestres más que otros grupos taxonómicos (Ashley y Robinson 1996; Smith y Dodd 2003; Glista *et al.* 2009). A nivel mundial, se tienen el registro de estudios realizados bajo la misma metodología (recorridos a pie), González *et al.* (1993) contabilizaron 23 especies en la carretera nacional N-120 en España. En Ontario, Canadá se registraron 17 especies (Ashley y Robinson 1996). En el Condado de Hernando, Florida Enge y Wood (2002) registraron 228 serpientes de 18 especies. En una extensa red de carreteras al norte de Nueva York, Estados Unidos se detectaron 16 especies de anfibios y reptiles (Langen *et al.* 2007). En Latinoamérica (Quintero-Ángel *et al.* 2012), se registraron en los Andes Central de Colombia, 105 serpientes de 10 especies.

La apertura de nuevas vías de comunicación terrestre como condición para impulsar el desarrollo de la economía regional, es hoy uno de los elementos que influye en la pérdida de la biodiversidad en México, no solo por los factores ecológicos, sino por las numerosas muertes de animales por colisiones con automóviles en los caminos. Actualmente México, cuenta con una red de carreteras y caminos, aproximadamente de 374,262 km, según la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (2013). Mientras que, este tipo de infraestructura en el estado de Tabasco, se ha incrementado en la búsqueda de lograr un mayor desarrollo y competitividad. En la década de los noventas el Estado contaba con 6,604 km de caminos y 723 puentes, para una población de 1, 502,000 tabasqueños; actualmente la red carretera del estado cuenta con 10,710 km (INEGI 2012; Plan de Desarrollo de Tabasco 2013). De acuerdo a lo anterior y al creciente aumento de la red de las vías de comunicación, su permeabilidad a la fauna que migra está disminuyendo rápidamente (Gibbs *et al.* 2008).

En México, desde 1991 se empezaron a hacer investigaciones, sobre mortalidad en carreteras, que dan una idea de su impacto sobre la fauna silvestre mexicana (González-Gallina *et al.* 2013). Sin embargo, para el grupo de anfibios y reptiles, se tienen referencias que corresponden a trabajos que pueden considerarse de fácil acceso, reuniones y artículos publicados en revistas científicas en línea. Calderón-Mandujano y

Luja (2004), evaluó la mortalidad de ofidios en carreteras registrando 33 especies y 132 individuos, sin embargo gran parte de este trabajo se realizó con los organismos depositados en la colección y no se cuentan con datos precisos ya que muchas de ellas eran donaciones de investigaciones que las encontraban mientras realizaban otros trabajos (Calderón-Mandujano 2012 *com. pers.*). Otro estudio, realizado por Morales-Mávil (1997) en una carretera de la región de los Tuxtlas, en Veracruz, México (39 especies y 305 individuos), en este caso los reptiles fueron los más accidentados (41.1 %) del total.

Cuantificar los efectos por la expansión de la red carretera en Tabasco, apenas se están abordando formalmente, realizando estudios de fauna silvestre y el impacto de las carreteras sobre las poblaciones silvestres en la región sigue siendo desconocido. Valdez-Leal *et al.* (2005), realizaron un estudio sobre la fauna atropellada por vehículos en un tramo de la autopista de cuatro carriles Villahermosa-Macuspana, una de las especies con mayor número de individuos fue la *Iguana iguana* con 20 individuos. Cruz-Hernández (2012), realizó una caracterización de fauna silvestre atropellada en un tramo carretero con mayor tránsito vehicular, de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC) siendo los anfibios y reptiles los de mayor mortalidad y *Rhinella marina* el más abundante. Pacheco *et al.* (2013), realizaron un estudio de mortalidad de fauna en carreteras de la zona costera tabasqueña, obtuvieron que los anfibios, fue el grupo que presentó el mayor porcentaje de atropellos con el 32.63 % (tres especies) y los reptiles con el 10.76 % (14 especies). La especie que presento mayor abundancia de colisiones fue *R. marina* con 87 registros. Recientemente, Luna-Ruíz (2014), determino la densidad de puntos de alta mortalidad (puntos negros) de fauna silvestre, dentro de la zona costera del Estado. El grupo de vertebrados que presentó un mayor número de puntos negros fue el grupo de los anfibios con ocho y para los reptiles cinco; los cuales se encontraron dentro del municipio de Centla y a lo largo de la carretera Federal 180, que conecta a Cd. del Carmen.

Cabe resaltar que, los estudios realizados en México y en Tabasco, sobre registros de mortalidad de fauna silvestre, se han realizado bajo la metodología de recorridos en vehículos, por lo que se propuso como objetivo de esta investigación estimar la riqueza y abundancia de anfibios y reptiles colisionados, en un tramo de 2 km. Siendo la primera investigación en determinar el impacto de un tramo de carretera sobre anfibios y reptiles por colisiones con vehículos, bajo el método de recorridos a pie. Con esta investigación se podrán comparar estudios en diferentes circunstancias y así, mejorar las estrategias de manejo, medidas de mitigación y la conservación de los anfibios y reptiles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El tramo se encuentra ubicado en la carretera Federal Ruta No. 180, en su tramo Frontera-Cd. del Carmen en el municipio de Centla, Tabasco, km 89 al 91; se ubica en los paralelos 18°35' y 18°36' Norte y 92°33' y 92°32' Oeste (INEGI 2005). Es una carretera de dos carriles (ET2) con eje de transporte, ubicada en los límites con Campeche (Padilla-Vázquez 2002).

El tramo se encuentra entre áreas de importancia para el estado como lo son la Reserva de la Biosfera de Pantanos de Centla y el Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA 156). También forma parte de los 306.36 km de vías de carretera dentro de la Zona Costera de Tabasco (Pacheco *et al.* 2013; Luna-Ruíz 2014).

La zona de estudio pertenece a la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur, sub-provincia llanuras y Pantanos Tabasqueños, llanura aluvial costera inundable, llanura de barreras inundable con dunas y Playa o barra inundable con elevaciones entre 0 y 100 m. El clima en el área es Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (de 1500-2000 mm). La temperatura media anual de 26-28 °C. Los ecosistemas representativos de esta zona incluyen tular (50.20 %), manglar (10.41 %), popal (6.09 %), selva (1.38 %) y palmar natural (0.08 %). El uso de suelo comprende pastizal cultivado (17.97 %), agricultura (6.15 %) y la zona urbana (0.72 %) (INEGI 2005) (Figura 1).

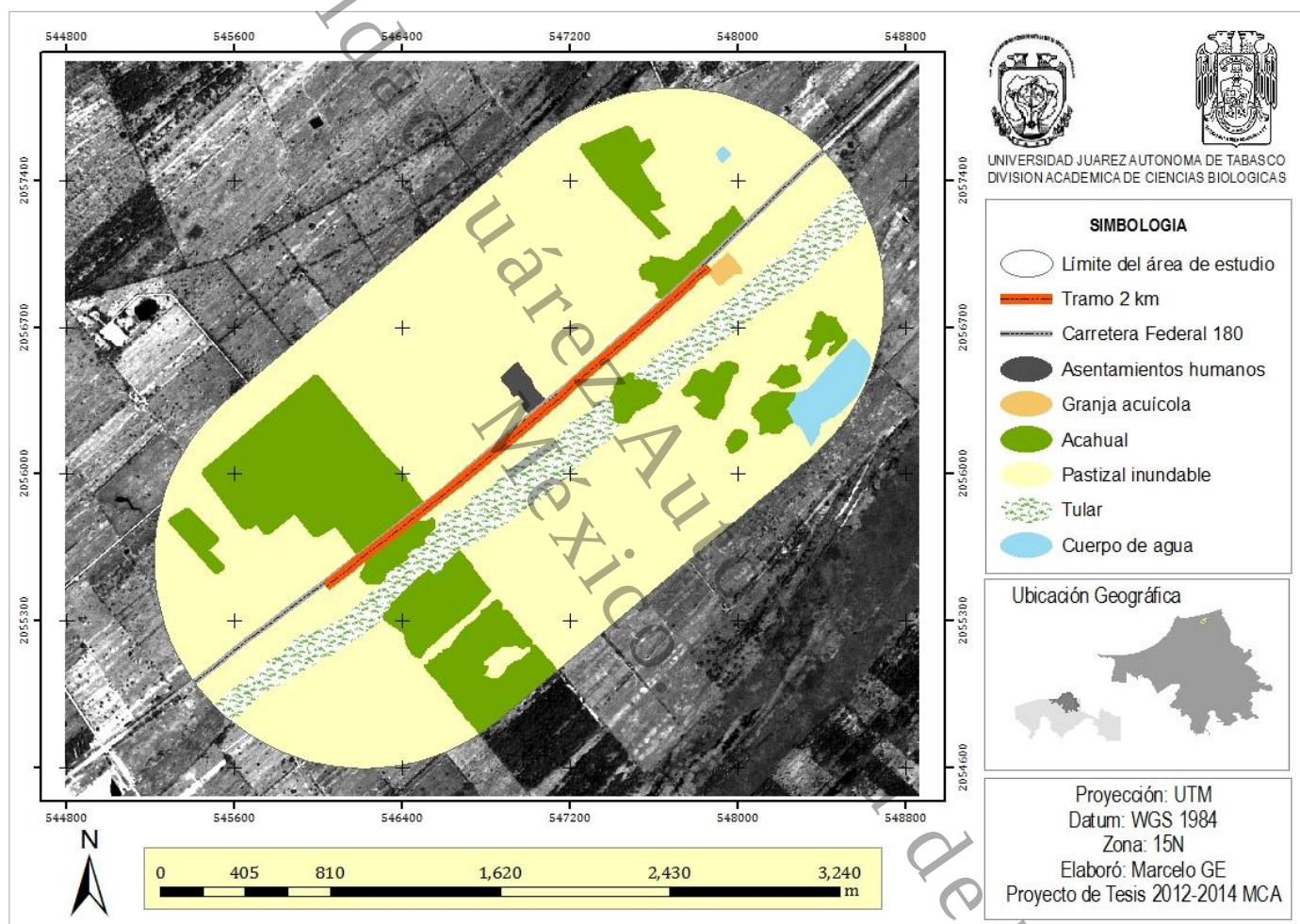


Figura 1. Ubicación del área de estudio y localización del tramo de 2km en la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

Colecta de datos

Durante los meses de octubre a diciembre de 2013 y enero de 2014, se establecieron 10 parcelas permanentes de muestreo para la búsqueda e identificación de anfibios y reptiles colisionados. Cada parcela fue de 100 m de longitud por el ancho de la carretera, con una separación de 100 m. Todas las parcelas fueron georeferenciadas con la ayuda de un GPS (Modelo map 60cs, marca Garmin®). Se utilizó un diseño de muestreo sistemático en lugar de un diseño al azar para garantizar que el tramo fuese muestreado uniformemente (Krebs 1999; Langen *et al.* 2009). Las parcelas fueron recorridas a pie, a una a una velocidad promedio de 2 ± 4 km/hr (con la ayuda de un odómetro de dos ruedas marca Truper®), durante siete días consecutivos en un horario promedio de 07:00 $\pm$ 11:00 hrs. El primer día de muestreo fue elegido al azar para evitar influencia del día de la semana y ese día se retiraban las carcacas de días anteriores (González-Gallina 2011). Los siguientes seis días fueron muestreados sistemáticamente. Solo tomando los registros de los animales encontrados dentro de las parcelas replicadas. Cuando se localizaba un individuo colisionado se identificó a nivel de especie (si el estado del individuo lo permitía) y se hacía un registro fotográfico. Cuando no era posible identificarlo, se asignó la categoría de no identificado, y se procedía a consulta de expertos. El individuo fue removido de la carretera, para evitar dobles conteos.

Análisis de resultados

Una vez recabada la información, se registraron los datos en Excel®. Para la riqueza específica se consideró el número de anfibios y reptiles atropellados y para la abundancia el número de individuos por especie. Así como también para la composición por grupo taxonómico y como se encuentran agrupados. Para estimar el número de especies que pueden ser susceptibles a ser atropelladas en el tramo de la carretera, se utilizó la curva de acumulación de especies generada en el paquete estadístico Estimates (Colwell 2005), se utilizó el estimador no paramétrico Jack nife de primer orden (Jack 1), se eligió este estimador por que supone heterogeneidad en las muestras, siendo idóneo para estimar riqueza.

RESULTADOS

Composición de la herpetofauna atropellada

Durante los seis muestreos de herpetofauna atropellada realizado de octubre 2013 a enero 2014 (36 días y 36 km acumulados), se registraron 1,417 individuos atropellados de 29 especies, entre anfibios y reptiles. La clase anfibios estuvo representada por 1,317 individuos equivalentes al 93 % del total de los registros y la clase reptiles por 100 individuos con el restante 7 %. Con relación a la riqueza específica los anfibios representan el 55.17 % de las especies registradas (16), con dos órdenes, con siete familias y 16 géneros. Los reptiles cuentan con una riqueza de 13 especies (44.83 %), los cuales se clasifican en dos órdenes, nueve familias y 13 géneros. Del total de las especies registradas, 10 de estas se encuentran en alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales una está en Peligro de Extinción, dos amenazadas y siete Sujeta a Protección Especial. Con respecto a la lista roja de UICN (2014) el 74 % de las especies están consideradas como preocupación menor (en esta categoría se incluyen especies abundantes y de amplia distribución (Hunter y Gibbs 2007) (Tabla 1).

Anfibios

La familia con más especies atropelladas fue la Hylidae con seis especies, mientras que la familia Ranidae fue la que registró individuos de *Lithobates berlandieri* con la mayor frecuencia de atropellos (757), esta especie junto con *Leptodactylus melanonotus*, *Lithobates vaillanti*, *Smilisca baudinii*, *Incilius valliceps* y *Rhinophrynus dorsalis*, pertenecieron al 98 % de todos los individuos de anfibios atropellados. Mientras que las especies menos frecuentes durante inventario de atropellos fueron *Agalychnis callidryas*, *Scinax staufferi*, *Tlalocohyla loquax* y *R. marina*. Las especies que se encuentran protegidas por la normatividad mexicana, en la categoría Sujetas a Protección Especial (Pr), son *G. elegans*, *L. berlandieri*, *R. dorsalis* y *Bolitoglossa sp.*

Reptiles

De los órdenes taxonómicos registrados en los reptiles, el Squamata representa el 95 % de los individuos atropellados. La familia de los ofidios, con 82 individuos registrados, es el taxón con más especies, la especie con mayor número de individuos atropellados fue *Thamnophis proximus* con 66 individuos. Las familias con registros entre cinco y tres individuos fueron la Corytophanidae (*Basiliscus vittatus*), Polychridae (*Anolis sericeus*) y Teiidae (*Ameiva undulata*). Para el orden Testudines se registraron tres familias, siendo la *Trachemys scripta* con tres individuos, el *Kinosternon leucostomum* y *Claudius angustatus* con un individuo respectivamente. Seis de las especies se encuentran protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 1. Riqueza y abundancia de anfibios y reptiles registrados como colisionados en Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

Clase	Familia	Nombre científico	Total	NOM-059	IUCN
Anfibios	Anura	No identificado	17	-	-
	Bufonidae	<i>Incilius valliceps</i>	21	-	LC
		<i>Rhinella marina</i>	2	-	LC
	Hylidae	<i>Agalychnis callidryas</i>	8	-	LC
		<i>Dendropsophus microcephalus</i>	1	-	LC
		<i>Scinax staufferi</i>	9	-	LC
		<i>Smilisca baudinii</i>	40	-	LC
		<i>Tlalocohyla loquax</i>	4	-	LC
		<i>Tlalocohyla picta</i>	3	-	LC
	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	298	-	LC
	Microhylidae	<i>Gastrophryne elegans</i>	1	Pr	LC
	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa sp.</i>	1	Pr	LC
	Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>	757	Pr	LC
		<i>Lithobates vaillanti</i>	81	-	LC
		<i>Lithobates sp.</i>	60	-	-
		<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	14	Pr	LC
Reptiles	Colubridae	<i>Coniophanes bipunctatus</i>	5	-	LC
		<i>Coniophanes imperialis</i>	6	-	LC

Clase	Familia	Nombre científico	Total	NOM-059	IUCN
		<i>Drymobius margaritiferus</i>	4	-	NE
		<i>Imantodes gemmistratus</i>	1	Pr	NE
		<i>Thamnophis proximus</i>	66	A	LC
	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	3	-	NE
	Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	3	Pr	LC
	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	1	-	LC
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	5	A	LC
	Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>	1	Pr	NE
	Polychridae	<i>Anolis sericeus</i>	2	-	NE
	Staurotypidae	<i>Claudius angustatus</i>	1	P	NT
	Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	2	-	NE
Total de individuos atropellados			1417		
Riqueza total			29		

NOM-059-SEMARNAT-2010. Categoría de riesgo: Pr: sujeta a protección especial, A: amenazada
IUCN: Categoría: LC: Preocupación menor, NT: Casi amenazado, NE: No evaluado

De acuerdo con el índice de riqueza Jackknife 1, el número probable de especies a ser atropelladas es de 37, es decir ocho especies (21.62 %) más respecto del total registrado. Al analizar por grupos taxonómicos, se observa que ambas curvas siguen la misma tendencia ascendente, pero no alcanzaron su asíntota (Figura 2). Para el grupo de los anfibios se estima hasta 19 especies y para el grupo de los reptiles 18 especies.

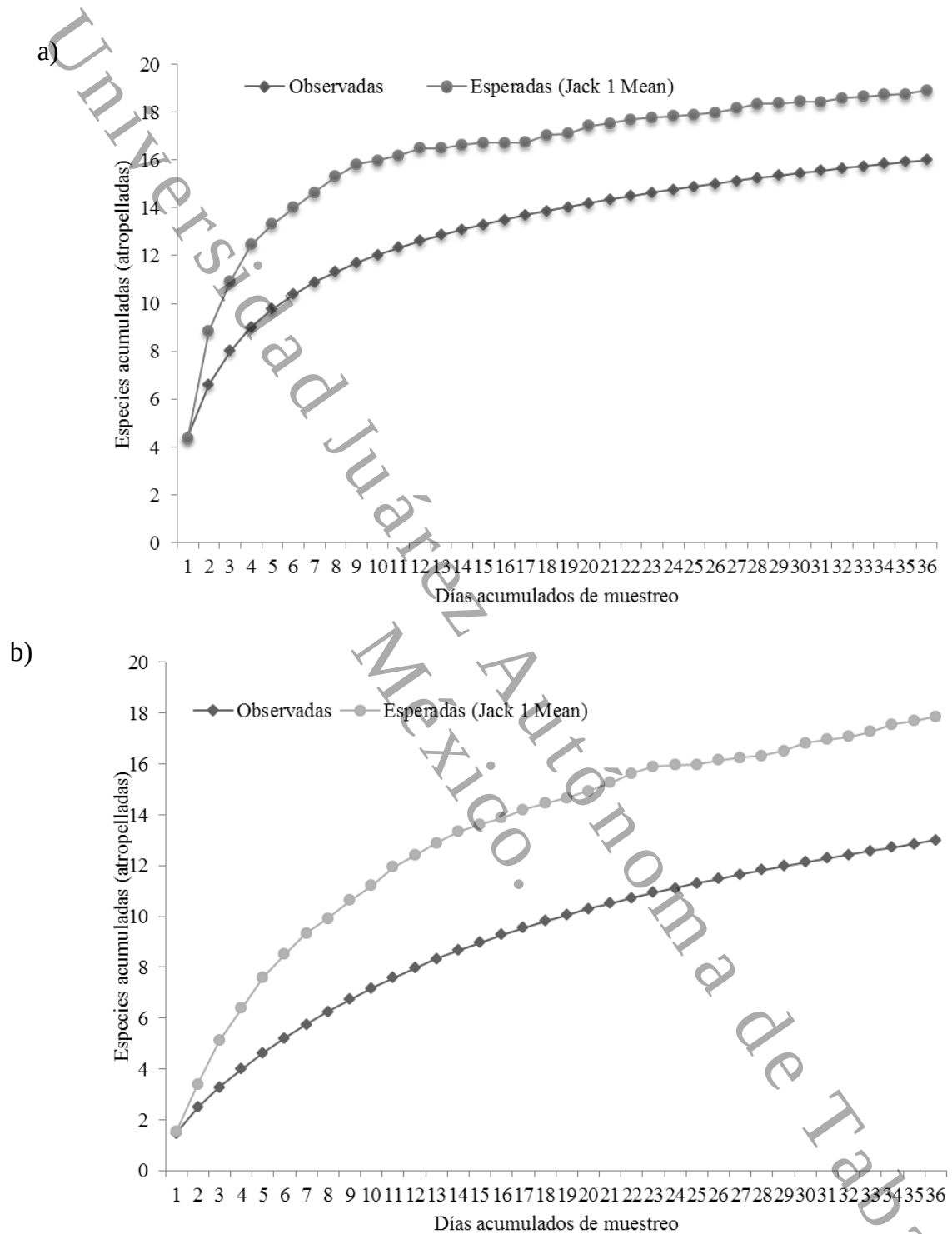


Figura 2. Curva de acumulación de especies de los 36 días de muestreo a) anfibios b) reptiles; registrados como colisionados en Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

DISCUSIÓN

Los anfibios y reptiles, experimentan los niveles más altos valores de mortalidad en carreteras más que los mamíferos y aves (Ashley y Robinson 1996; Smith y Dodd 2003; Glista *et al.* 2009), siendo las especies más vulnerables a la mortalidad vial (Fahrig y Rytwinski 2009). Los resultados de este trabajo indican una riqueza y abundancia importante (29 especies y 1417 individuos), si se compara con la riqueza y abundancia registrada en los estudios en países con longitudes de carreteras similares a la de este tramo (0.7 ± 3.6 km) y con más tiempo de muestreo (de unos meses hasta ciclos anuales completos): Gonzales-Prieto 1993 (23 especies y 11,483 individuos), Ashley y Robinson 1996 (18 especies y 30,910 individuos), Enge y Wood 2002 (18 especies y 228 serpientes), Smith y Dodd 2003 (31 especies y 1 631 individuos), Aresco 2005 (24 especies y 1 219 individuos) y Langen *et al.* 2007 (16 especies y 21,886 individuos). Por lo que la carretera federal 180, representa una amenaza para la supervivencia de la herpetofauna local.

En Tabasco, Valdez-Leal *et al.* (2005); Cruz-Hernández *et al.* (2012) y en la zona de estudio Pacheco *et al.* (2013) y Luna-Ruiz (2014), reportan anfibios y reptiles colisionados. Los estudios reportan de 14 a 23 especies registradas, y para este estudio se tiene un total de 29, de las cuales seis son exclusivas. Las diferencias se puede atribuir a que hicieron los recorridos en vehículos, esta metodología puede dificultar la visualización de vertebrados poco llamativos y/o de talla pequeña (Gonzales *et al.* 1993, Langen *et al.* 2007, 2009) como los anfibios, en este caso de la familia Hylidae, y a excepción de ejemplares de mayor tamaño como *L. berlandieri*, *L. vaillanti*, ofidios como la *T. proximus* y las tortugas *K. leucostomum* y *C. angustatus*. Ambas metodologías aportan datos relevantes, sin embargo los recorridos a pie, deben considerarse complementarios, para abarcar todas las especies colisionadas.

Además, que estos sitios están representados por una gran diversidad de hábitats y esto puede ser un elemento atractivo para la herpetofauna por distintos motivos; las especies buscan sitios para cortejo, búsqueda de alimento, migraciones por la reproducción y apareamiento, entre otros (Cupul 2002). Las carreteras construidas a través o cerca de los humedales causan una mortalidad significativa de los reptiles y anfibios y crean barreras a la migración y dispersión (Aresco 2005). Langen *et al.* (2007), identificaron sitios de atropellos de anfibios y reptiles ocurridos donde los humedales estaban presentes en ambos lados de la carretera, esto coincide con lo registrado en esta investigación, la carretera Federal 180, cruza entre dos áreas de importancia para la conservación en el estado, la RBPC y el AICA 156.

Durante el recorrido en el tramo y a lo largo de toda la carretera, no se encontraron pasos de fauna o alcantarillas que permitieran la escurriencia del agua (*obs. pers.*). La localización geográfica de estas áreas, las características hidrológicas y geológicas favorecen la formación de áreas susceptibles de inundación (Vidal-Sierra *et al.* 2013). Las carreteras que atraviesan humedales bajo esas condiciones, puede favorecer la mortalidad de la fauna, en especial de los anfibios, ya que estas interrumpen la conectividad espacial de los recursos esenciales y hábitats en el paisaje (Andrews y Jochimsen 2007). La mortalidad se produce principalmente cuando los individuos se mueven entre los parches de hábitat (Jochimsen *et al.* 2014).

Determinar la mortalidad de anfibios y reptiles como alta o baja debe tomarse con precaución. Nuestros resultados se pueden comparar con trabajos que realizaron recorridos a pie para el registro de anfibios y reptiles tanto en Canadá como en Estados Unidos y son similares a este. Ashley y Robinson (1996) registraron 27, 846 (85.4 %) individuos de *Rana catesbeiana* Langen *et al.* (2007) por su parte registraron a la *R. catesbeiana* como especie con la mayor frecuencia de atropellos (81.6 %).

En nuestro estudio los anuros representaron el 92.8 % de los 1417 individuos atropellados en dos km de carretera, se registraron individuos jóvenes de *L. berlandieri* (485) y *L. melanonotus* (289), ambas representan 80.1 % como las especies con la mayor frecuencia de atropellos. Lo que posiblemente se deba a las migraciones de adultos reproductores y más tarde como metamorfos emergentes, al dispersarse a zonas altas en busca de alimento (Andrews y Jochimsen 2007; Langen *et al.* 2007). Otro factor que puede estar afectando a los anfibios es que poseen una estructura de cuerpo delicado que puede hacerlos más vulnerables a la onda de alta presión creada por un vehículo que pasa y pueden morir sin que haya un contacto directo con el vehículo, pues las corrientes de aire generadas por el paso de vehículos puede ser lo suficientemente fuerte para causarle heridas severas (Holden 2002).

El atropellamiento con vehículos es una fuente importante de mortalidad de muchas especies de reptiles (Case 1978; Bernadino y Dalrymple 1992; Rosen y Lowe, 1994; Ashley y Robinson 1996; Gokula 1997; Klingenbock *et al.* 2000; Clevenger *et al.* 2003; Andrews *et al.* 2006; Richardson *et al.* 2006). Los resultados en el área de estudio son similares a los otros trabajos bajo la misma metodología, el grupo de los ofidios presenta el mayor número de especies e individuos atropellados (cinco especies y 82 individuos). Enge y Wood (2002) registraron 18 especies y 228 individuos. Smith y Dodd (2003) registraron la mortalidad más alta de serpientes por carretera, que se ha documentado hasta ahora, registró 623 serpientes muertas, en 336 km.

El comportamiento de termorregulación de las serpientes sobre sustratos calentados por el sol, tales como la superficie de carreteras, ha sido señalado como una importante causa promoviendo su mortalidad por atropello (Ashley y Robinson 1996; Shine *et al.* 2004; Beckmann *et al.* 2011). Otro factor que podría aumentar la probabilidad de que las serpientes sean atropelladas, es que algunas especies se inmovilizan ante un vehículo en aproximación (Vargas-Salinas 2011), Andrews *et al.* (2006) mencionan que este comportamiento puede ser una estrategia antidepredatoria haciendo que reaccione de forma equívoca ante estímulos como la luz artificial de los vehículos. El

riesgo de colisiones en serpientes parece ser mayor en los generalistas de hábitat, especies localmente abundantes o altamente móviles (Hartmann *et al.* 2011).

A pesar de que sólo un menor número de especies de lagartijas murieron en la carretera frente a los otros reptiles, no se descarta la amenaza de colisión, pues durante algunos recorridos se les observó en la orilla de la carretera termorregulando. La falta de evidencia de alta mortalidad de lagartijas en número de especies, puede ser a su capacidad para cruzar las carreteras más rápido que otros reptiles (Kline *et al.* 2001). La gran mayoría de las lagartijas no migran estacionalmente y muestran una alta fidelidad de sitio dentro de los rangos de hogar pequeños, lo que podría limitar sus encuentros con las carreteras (Rutherford y Gregory 2003). Sin embargo, los reptiles en general tienden a ocupar la carretera durante la tarde, lo que aumenta la probabilidad de ser atropellado, especialmente especies que toman el sol en la carretera y lo utilizan como una fuente de termorregulación (Ashley y Robinson 1996).

Las tortugas de agua dulce (*Trachemys scripta*, *Kinosternon leucostomum* y *Claudius angustatus*) aunque representan solo el 5 % sobre el total de reptiles registrados en este estudio, si tienen altas probabilidades de ser atropelladas por su condición de lento movimiento (Gibbs y Shriver 2002). Este grupo puede ser más susceptible cuando las hembras presentan migraciones en busca de sitios para anidación o las crías buscando sitios de alimentación después de emerger de sus nidos (Jochimsen *et al.* 2004). El bajo porcentaje de registros de tortugas colisionadas, puede deberse también a que durante los movimientos que hacen los individuos en la carretera, estas no son víctimas de ser atropelladas, por la diferencia de velocidad entre los automovilistas, cuando observan un individuo cruzando la carretera, se detienen para coleccionar al animal (como obs. pers.), con la finalidad de consumirlo. Como sabemos las tortugas forman parte del patrimonio biótico de Tabasco, sus pobladores las estiman y aprecian tanto por su valor alimenticio, como formar parte de su patrimonio cultural. Las tortugas de agua dulce de Tabasco son explotadas con fines comerciales y de autoconsumo en forma intensiva (Beauregard *et al.* 2010). A pesar de que las nueve especies están incluidas en las

diversas categorías de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010, falta redoblar esfuerzos para sensibilizar a las personas para que se respeten estas especies y su hábitat.

El registro de cada especie esta dado principalmente por su probabilidad de atropello (González-Gallina 2011). La curva de acumulación de especies no alcanzó la asíntota en ambos grupos, sin embargo, se tiene un alto registro entre el 84 % para anfibios y el 72 % de reptiles de las especies previstas por el índice, probablemente por la metodología de recorridos a pie. Esta metodología aumenta la detectabilidad de ejemplares de talla pequeña; también registra organismos poco persistentes en la carretera (Antworth *et al.* 2005), principalmente los anfibios, que son los organismos que desaparecen rápido tras la colisión, aunado a que son considerados especies de lento desplazamiento, aumentado la probabilidad de ser atropellado.

La detección de estos organismos es mayor en un horario entre 07:00 ± 11:00 hrs. Para realizar los inventarios fue muy importante detectar e identificar al 90 % de los individuos hasta el nivel taxonómico de especies, en días de mortalidad muy intensa. Esto coincide con la investigación de Langen *et al.* (2007), validando esta metodología para detectar tendencias espaciales y temporales en anfibios y reptiles, aunando a que estos inventarios deben llevarse a cabo en periodos de mayor actividad (lluvias) cuando la mortalidad de anfibios es más alta Langen *et al.* (2007). Los recorridos a pie, deben tomarse en cuenta como complemento, para estudios de colisiones de fauna silvestre con vehículos ya que con los recorridos en vehículos hay sesgo de detección y para corregirlo, los recorridos a pie son ideales para cuantificar los individuos que se perdieron durante los recorridos en vehículos (Kline y Swann 1998; Langen *et al.* 2007).

La mortalidad por colisiones con vehículos se concentra en una o pocas especies, por lo general son especies generalistas de hábitat, localmente abundantes, de gran movilidad, y/o atraídos por los recursos o características ambientales favorables de carreteras

(Forman *et al.* 2003; Beckmann *et al.* 2011). Una abundancia de atropellos alta puede simplemente indicar los lugares donde hay poblaciones grandes y saludables donde los anfibios y reptiles se reproducen (Hels y Buchwald 2001). Sin embargo, es evidente que las carreteras son inequívocamente una importante fuente de mortalidad para la muchos anfibios y reptiles (Ashley y Robinson 1996, Smith y Dodd 2003, Aresco 2005, Andrews y Jochimsen 2007). Por lo que es importante a la hora de tomar decisiones sobre medidas de mitigación y conservación, los periodos pico de mayor mortalidad de anfibios y reptiles, y esta dependerá de la historia natural de cada especie (Langen *et al.* 2007).

CONSIDERACIONES

Las carreteras son una amenaza a los anfibios y reptiles, pero la detección del efecto por colisiones debe considerar la metodología que reduzca el sesgo de detección durante los recorridos. Con métodos más detallados como los de recorridos a pie, se permite detectar especies sensibles y de mayor preocupación.

La carretera federal 180 al cruzar dos áreas de importancia para la conservación en el estado, la RBPC y el AICA 156, representa una amenaza a la herpetofauna, especialmente por la ausencia de medidas para minimizar su impacto. Medir el impacto de la carretera sobre los anfibios y reptiles en una carretera que tiene décadas de ser construida, es una tarea difícil, sin embargo, es necesario recomendar a las autoridades en el país y en el estado, de ubicar alcantarillas o pasos para fauna sobre lo ya construido, es un tema que apenas preocupa a los responsables, ya sea administración, constructoras e ingenieros que diseñan las carreteras. Es aquí donde la investigación toma fuerza, pues con estudios de este tipo, se detectan cuantas especies y donde están siendo más atropelladas, y decidir en base a los resultados si es suficiente para necesitar un paso de fauna o en un área muy difícil de construir, las señales pueden servir como advertencia a los conductores para minimizar las muertes de anfibios y reptiles. •

LITERATURA CITADA

- Alkemade R, Oorschot M van, Miles L, Nellemann C, Bakkenes M, Ten Brink B (2009) Globio3: A framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss. *Ecosystems*. 17 p.
- Andrews KM, Gibbons JW, Jochimsen DM (2006) Literature Synthesis of the Effects of Roads and Vehicles on Amphibians and Reptiles. Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of Transportation, Report No. FHWA-HEP-08 005. Washington, D.C. 151 p.
- Andrews KM, Jochimsen DM (2007) Ecological Effects of Roads Infrastructure on Herpetofauna: Understanding Biology and Increasing Communication. In *Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation*, edited by C. Leroy Irwin, Debra Nelson, and K.P. McDermott. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, 2007. 567-582.
- Antworth RL, Pike DA, Stevens EE (2005) Hit and run: using road surveys to detect avian and snake victims of road mortality. *Southeastern Naturalist* 4: 647-656.
- Aresco MJ (2005) Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a North Florida lake. *Journal of Wildlife Management*. 69: 549–560.
- Ashley EP, Robinson JT (1996) Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario. *Canadian Field-Naturalist*. 110: 403–412.
- Beauregard SG, Zenteno Ruíz CE, Armijo TR, Guzmán JE (2010). Las tortugas de agua dulce: Patrimonio zoológico y cultural de Tabasco. *Kuxulkab' Revista de*

- Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas (UJAT). Vol. XVII; (31): 05-20.
- Calderón-Mandujano R, Luja VH (2004) Serpientes atropelladas: evaluación de la mortalidad de ofidios en las carreteras de Campeche y Quintana Roo. En: resúmenes del VIII Reunión Nacional de Herpetología. 8 al 11 de noviembre de 2004 en Villahermosa, Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 187 p.
- Carr L. y Fahrig L (2001) Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology* 15:1071-1078.
- Collins J. P. y Stofer A (2003) Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions*. 9:89-98.
- Cruz-Hernández YS, Pacheco-Figueroa CJ, Gordillo-Chávez EJ, Valdez-Leal JD, Moguel-Ordoñez EJ, Sáenz J, Gama-Campillo LM (2012) Caracterización de la fauna silvestre atropellada en un tramo carretero de la reserva de la biosfera Pantanos de Centla. Pp. 115-119. En Chablé-Falcón F. Angulo-Pineda R.; Pavón-Jiménez M.E. Gregorio Cano-Molina, G. Méndez-Hernández, W. (Compiladores) *Perspectiva científica desde la UJAT. Tomo 1*. Universidad Autónoma de Tabasco, Tabasco México. 1115 p.
- Enge KM, Wood KN (2002) A pedestrian road survey of an upland snake community in Florida. *Southeastern Naturalist*. 1: 365–380.
- Fahrig L, Pedlar JH, Pope SE, Taylor PD, Wegner JF (1995) Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation*. 73:177-182.
- Fahrig L, Rytwinski T (2009) Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1): 21

- Gardner TA, Barlow J, Peres CA (2007) Paradox, presumption and pitfalls in Conservation Biology: The importance of habitat change for amphibians and reptiles. *Biological Conservation*. 138: 166-179.
- Gibbons JW, Scott DE, Ryan TR, Buhlmann KA, Tuberville TD, Metts BS, *et al.* (2000) The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *Bioscience*, 50:653-666.
- Gibbs JP (1998) Amphibian movements in response to forest edges, roads, and streambeds in southern New England. *Journal of Wildlife Management* 62:584-589.
- Gibbs JP, Patrick DA, Leopold DJ, Ducey PK (2008) Effects of New York State Roadways on amphibians and reptiles: A research and adaptive mitigation Project. University transportation research center. 206 p.
- Gibbs JP, Shriver WG (2002). Estimating the effects of road mortality on turtle populations. *Conservation Biology*, 16(6), 1647-1652.
- Glista DJ, Devault, TL, Dewoody JA (2009) A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape Urban Plan*. 91: 1-7.
- Gokula V (1997) Impact of vehicular traffic on snakes in Mudumalai Wildlife Sanctuary. *Cobra*, 27:26-30.
- 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.
- González-Gallina, A. 2011. Atropellamiento de Fauna en el Libramiento Carretero de Amozoc-Cantona-Perote. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. A.C. 82 p.
- González-Gallina, A., Benítez-Badillo, G., Rojas-Soto, O.R., Hidalgo-Mihart, M.G (2013) The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implication on mitigation strategies. *Biodivers. Conserv.* 22: 325-342.

- Hartmann PA, Hartmann MT, Martins M (2011): Snake road mortality in a protected area in the atlantic forest of Southeastern Brazil. *South American J. Herpetol.* 6: 35-42.
- Hels T, Buchwald E (2001) The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99: 331-340.
- Holden C (2002) Spring road peril: toad blowout. *Science* 296:43.
- Hunter ML, Gibbs JP (2007) *Fundamentals of Conservation Biology*. Tercera Edición. Blackwell Publishing: Oxford, UK. 487 p.
- INEGI. 2005. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=27>.
- Jochimsen DM, Peterson CR, Andrews KM, Gibbons JW (2004). A literature review of the effects of roads on amphibians and reptiles and the measures used to mitigate those effects. Final Report to Idaho Fish and Game Department and the USDA Forest Service. 79 p.
- Jochimsen DM, Peterson CR, Harmon LJ. (2014). Influence of ecology and landscape on snake road mortality in a sagebrush-steppe ecosystem. *Animal Conservation*, 17(6), 583-592.
- Karlson M, Mörtberg U, Balfors B. (2014). Road ecology in environmental impact assessment. *Environmental impact assessment review*, 48:10-19.
- Kline NC, Swann DE (1998) Quantifying wildlife road-mortality on Saguaro National Park. En G. L. Evink, P. Garret, D. Zeigler, and J. Berry, editors. Pp 23-31.
- Kline NC, Swann DE, Schaefer A, Beupre K, Pokorny M (2001) Model for estimating wildlife mortality on roads and its implication for mitigation and mortality. In G.

- L. Evink, P. Garrett, K. P. McDermott (eds.), Proceedings for the 2001 International Conference on Ecology and Transportation. 533 p.
- Krebs CJ (1999) Ecological Methodology. Second Edition. Benjamin-Cummings is an imprint of Addison Wesley Longman. 620 p.
- 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.
- Luna-Ruiz RC (2014) Densidad de puntos de mortalidad de fauna en carreteras de la zona costera tabasqueña. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. 56 p.
- Morales-Mávil, JE, Villa-Cañedo JT, Aguilar-Rodríguez SH, Barragán-Morales L (1997) Mortalidad de vertebrados silvestres en una carretera asfaltada de la Región de los Tuxtlas, Veracruz, México. Instituto de Neuroetología. Universidad Veracruzana. Pp 7-23.
- NOM-059-SEMARNAT-2010. Norma Oficial Mexicana. Diario Oficial. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf.
- Pacheco-Figueroa CJ, Luna-Ruiz RC; Gordillo-Chávez EJ, Valdez-Leal JD, Marcelo-Guadarrama E, Moguel-Ordoñez EJ, Sáenz J, Edith-Mata EE; Arriaga-Weiss SL, Rangel-Ruiz LJ, Gama-Campillo LM (2013) Mortalidad de fauna en carreteras de la zona costera tabasqueña. Pp. 205-209. En Chablé-Falcón F. Angulo-Pineda R; Pavón-Jiménez ME, Cano-Molina G, Méndez-Hernández W (Compiladores)

- Perspectiva científica desde la UJAT. Tomo 2. Universidad Autónoma de Tabasco, Tabasco México. 1 264 p.
- Padilla-Vázquez JA (2002) Obras y costos de mejoramiento de algunos sitios de elevada accidentalidad en la red carretera federal del Estado de tabasco. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de la Construcción. 135 p.
- Plan Estatal de desarrollo 2013-2018. Gobierno del Estado de Tabasco. http://www.tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/tabasco.gob.mx/files/pled-2013-2018_web.pdf.
- Quintero-Ángel A, Osorio-Domínguez D, Vargas-Salinas F, Saavedra-Rodríguez CA (2012) Roadkill rate of snakes in a disturbed landscape of Central Andes of Columbia. *Herpetol. Notes* 5:99-105
- Reh W, Seitz A (1990) The influence of land use on the genetic structure of populations of the common frog *Rana temporaria*. *Biological Conservation* 54:239-249.
- Richardson ML, Weatherhead PJ, Brawn JD (2006) Habitat use and activity of prairie kingsnakes (*Lampropeltis calligaster calligaster*) in Illinois. *Journal of Herpetology*, 40:423–428.
- Rosen PC, Lowe CH (1994) Highway mortality of snakes in the Sonoran Desert of southern Arizona. *Biological Conservation*. 68:143-148.
- Rutherford PL, Gregory PT (2003) Habitat use and movement patterns of northern alligator lizards (*Elgaria coerulea*) and western skinks (*Eumeces skiltonianus*) in southeastern British Columbia. *Journal of Herpetology* 37:98-106.
- Sala OE, Capin III FS, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, *et al.* (2000) Global biodiversity scenarios for the year. *Science*. 287:1770-1774.

- Sanderson EW, Redford KH, Vedder A, Coppolillo PB, Ward SE (2002) A conceptual model for conservation planning based on landscape species requirements. *Landscape and Urban Planning*. 58: 41-56.
- Shine R, Lemaster M, Wall M, Langkilde T, Mason R (2004) Why did the snake cross the road? Effects of roads on movement and location of mates by garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). Online report. www.ecologyandsociety.org.
- Smith LL, Dodd CK (2003) Wildlife mortality on highway US 441 across Paynes Prairie, Alachua County, Florida. *Florida Scientist*. 66: 128–140.
- Stuart SN, Chanson JS, Cox NA, Young BE, Rodriguez ASL, Fishman DL, *et al.* (2004) Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306: 1783-1786.
- Suazo-Ortuño I (2009) Efectos de la conversión del Bosque Tropical caducifolio a mosaicos agrícolas sobre ensamblajes herpetofaunísticos. Tesis doctoral. UNAM. 117 p.
- Valdez-Leal JD, Pacheco-Figueroa CJ, Moguel-Ordoñez EJ (2005) Fauna Silvestre atropellada en la Carretera Villahermosa-Macuspana, Tabasco. México. División Académica de Ciencias En: Mesoamericana. *Revista Oficial de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación*. Vol. 9 (4)148.
- Vargas-Salinas F, Delgado-Ospina, López-Aranda F (2011) Mortalidad por atropello vehicular y distribución de Anfibios y Reptiles en un bosque Subandino en el occidente de Colombia. En: *Caldasia* 33 (1)121-138.
- Vidal-Sierra CA, Pacheco-Figueroa CJ, Valdez-Leal JD, Moguel-Ordoñez EJ, Gama-Campillo L, Gordillo-Chávez E (2013) Análisis espacio-temporal de los humedales naturales de una porción de la subcuenca del río Grijalva. Pp. 107-114. En Chablé-Falcón F. Angulo-Pineda R.; Pavón-Jiménez M.E. Gregorio

- Cano-Molina, G. Méndez-Hernández, W. (Compiladores) Perspectiva científica desde la UJAT. Tomo 2. Universidad Autónoma de Tabasco, Tabasco México. 1 264 p.
- Vos CC y Chardon JP (1998). Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*. *Journal of Applied Ecology* 35: 44-56.
- Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Capítulo III. Anfibios y reptiles asociados a los bordes de un tramo de la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

INTRODUCCION

La construcción de carreteras representa una de las formas más extendidas de la transformación del paisaje natural (Van der Ree *et al.* 2011; Marcantonio 2013) y uno de los factores determinantes de la pérdida de biodiversidad (Sanderson *et al.*, 2002). Las carreteras y obras de infraestructura lineales que son construidos en áreas naturales protegidas o en áreas relativamente poco perturbadas, fragmentan y modifican las condiciones bióticas y abióticas severamente (Marsh y Beckman 2004), perturbando un área llamada efecto de borde o zona de efecto carretera (Forman, 2000) la cuál puede alcanzar distancias de la carretera hacia el interior desde metros hasta kilómetros (Forman y Deblinger 2000; Beckmann *et al.* 2011).

Las consecuencias del efecto de borde o de la zona de efecto carretera incrementa la cantidad de luz incidente que promueve el crecimiento de plantas, el movimiento de fauna y cambia la estructura alrededor del bosque (Murcia, 1995), incrementando la densidad de especies de borde (Hunter, 1996) que toleran ambientes más secos, con temperaturas más altas y con mayor grado de exposición al viento (Chen *et al.*, 1992; Murcia, 1995). El efecto de borde generado por una carretera depende del tamaño del fragmento, del ancho de la carretera, así como de la cantidad y tipo de tráfico que circula (Spellerberg 2002). El efecto combinado de los todos los impactos de la carretera (Colino 2012) varían entre los lugares debido a las diferencias topográficas, los ecosistemas, la dinámica de la comunidad y poblaciones, así como en la biología de cada especie (Seiler 2001; Forman *et al.* 2003).

Actualmente la fragmentación de hábitat, está afectando la diversidad de la herpetofauna, esta no actúa directamente sobre la comunidad completa de especies, sino más bien de manera particular sobre cada población de manera independiente (Pineda y Halffter, 2009; Suazo-Ortuño 2009). Para la ecología de carreteras establecer las circunstancias en que las carreteras afectan la persistencia de las poblaciones (Roedenbeck *et al.*, 2007) y los patrones de abundancia de especies en su proximidad (Fahrig y Rytwinski 2009; Benítez-López *et al.*, 2010), es parte de sus objetivos.

Los anfibios y reptiles son uno de los grupos que se están investigando en este contexto, al ser especialmente vulnerables a los efectos de la carretera (Fahrig y Rytwinski 2009). Pocos son los estudios que han abordado el efecto de borde sobre los anfibios y reptiles, por ejemplo en países de América del Norte, Enge y Wood (2002) realizaron correlaciones de serpientes atropelladas con el hábitat adyacente y la cobertura vegetal a lo largo de seis km de caminos rurales en el condado de Hernando Florida. Por otro lado, otras investigaciones se han enfocado en estudiar a la herpetofauna que usa los bordes de la carretera como hábitat, tal es el caso de Sullivan (1981) en San Joaquin Valley, California registro una mayor densidad de serpientes a lo largo del borde de 18 km de carretera. Mientras que Dodd *et al.* (2004) en Paynes Prairie, en el condado de Alachua, observaron a lo largo de la carretera de estudio (3.2 km) caimanes atraídos por los charcas de agua que se habían formado en la apertura de las alcantarillas en la de carretera, esto posiblemente sirvió para aumentar las oportunidades de alimento. Por último, se han observado algunas especies de sapos alimentándose de insectos bajo las lámparas (Neill 1950).

Recientemente en el continente Africano, empezaron a realizar investigaciones sobre como las carreteras afectan a los anfibios y reptiles, en aspectos como atropellamientos y su relación con el hábitat, Bhupathy *et al.* 2011, realizaron monitoreos a lo largo de la Autopista Nacional 220 que atraviesa los Western Ghats, India, encontraron que la muerte de anfibios tuvieron una correlación significativa con las especies de los bordes, mientras que con los reptiles no tuvieron tal relación.

En Latinoamérica, los estudios sobre anfibios y reptiles colisionados en carreteras comienzan con Rodda en 1990 y Hartmann, 2011. Es Vargas-Salinas (2011), quien estudió la mortalidad de anfibios y reptiles en un tramo de 2.4 km en la reserva Forestal Bosque de Yotoco, Colombia, y también analizó las variaciones en la composición de ensamblajes de este grupo desde áreas cercanas y alejadas a la carretera.

En resumen, los estudios de efecto de borde sobre los anfibios y reptiles nos muestran resultados algo contradictorios, por lo que quizá sea importante evaluar el efecto en los diferentes paisajes y ambientes climáticos (DeMaynadier y Hunter 1995), ya que estas especies presentan un amplio rango de tolerancia ecofisiológica y responden diferente al rango de variables ambientales que ocurren en los bordes, influyendo en las afinidades de las especies a las diferentes condiciones del hábitat (Urbina-Cardona *et al.* 2006). Para garantizar la eficacia de las medidas de mitigación es importante identificar las especies o grupos de especies cuyas poblaciones son más susceptibles de ser reducidas por las carreteras (Fahrig y Rytwinski 2009). Por lo que el parámetro más importante a evaluar, debe ser la viabilidad a largo plazo de las poblaciones adyacentes y esto requiere datos sobre los tamaños de las poblaciones y el nivel de conectividad entre las subpoblaciones (Van der Ree *et al.* 2011).

A pesar de la importancia de los anfibios y reptiles para la diversidad biológica de México (Suazo-Ortuño 2009), no existen estudios que aborden el efecto de borde a causa de las carreteras y su relación con el hábitat sobre la herpetofauna. En este contexto, se requiere que tanto en el país como en el estado de Tabasco, se realicen estudios encaminados a evaluar cómo se encuentran las comunidades herpetofaunísticas en los bordes de las carreteras. Por esta razón el objetivo de este estudio es estimar la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles en las áreas adyacentes en un tramo de dos km. Con este tipo de investigaciones se pretende comenzar estudios ecológicos en estos grupos, que nos permitan conocer cómo se encuentran las comunidades de anfibios y reptiles cercanas a la carretera. Este estudio será el primero en su tipo y servirá de base para estudios posteriores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El tramo se encuentra ubicado en la carretera Federal Ruta No. 180, en su tramo Frontera-Cd. del Carmen en el municipio de Centla, Tabasco, km 89 al 91; se ubica en los paralelos 18°35' y 18°36' Norte y 92°33' y 92°32' Oeste (INEGI 2005). Es una carretera de dos carriles (ET2) con eje de transporte, ubicada en los límites con Campeche (Padilla-Vázquez 2002).

El tramo se encuentra entre áreas de importancia para el estado como lo son la Reserva de la Biosfera de Pantanos de Centla y el Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA 156). También forma parte de los 306.36 km de vías de carretera dentro de la Zona Costera de Tabasco (Pacheco *et al.* 2013; Luna-Ruíz 2014). La zona de estudio pertenece a la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur, subprovincia llanuras y Pantanos Tabasqueños, llanura aluvial costera inundable, llanura de barreras inundable con dunas y Playa o barra inundable con elevaciones entre 0 y 100 m. El clima en el área es Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (de 1500-2000 mm). La temperatura media anual de 26-28 °C. Los ecosistemas representativos de esta zona incluyen tular (50.20 %), manglar (10.41 %), popal (6.09 %), selva (1.38 %) y palmar natural (0.08 %). El uso de suelo comprende pastizal cultivado (17.97 %), agricultura (6.15 %) y la zona urbana (0.72 %) (INEGI 2005) (Figura 3).

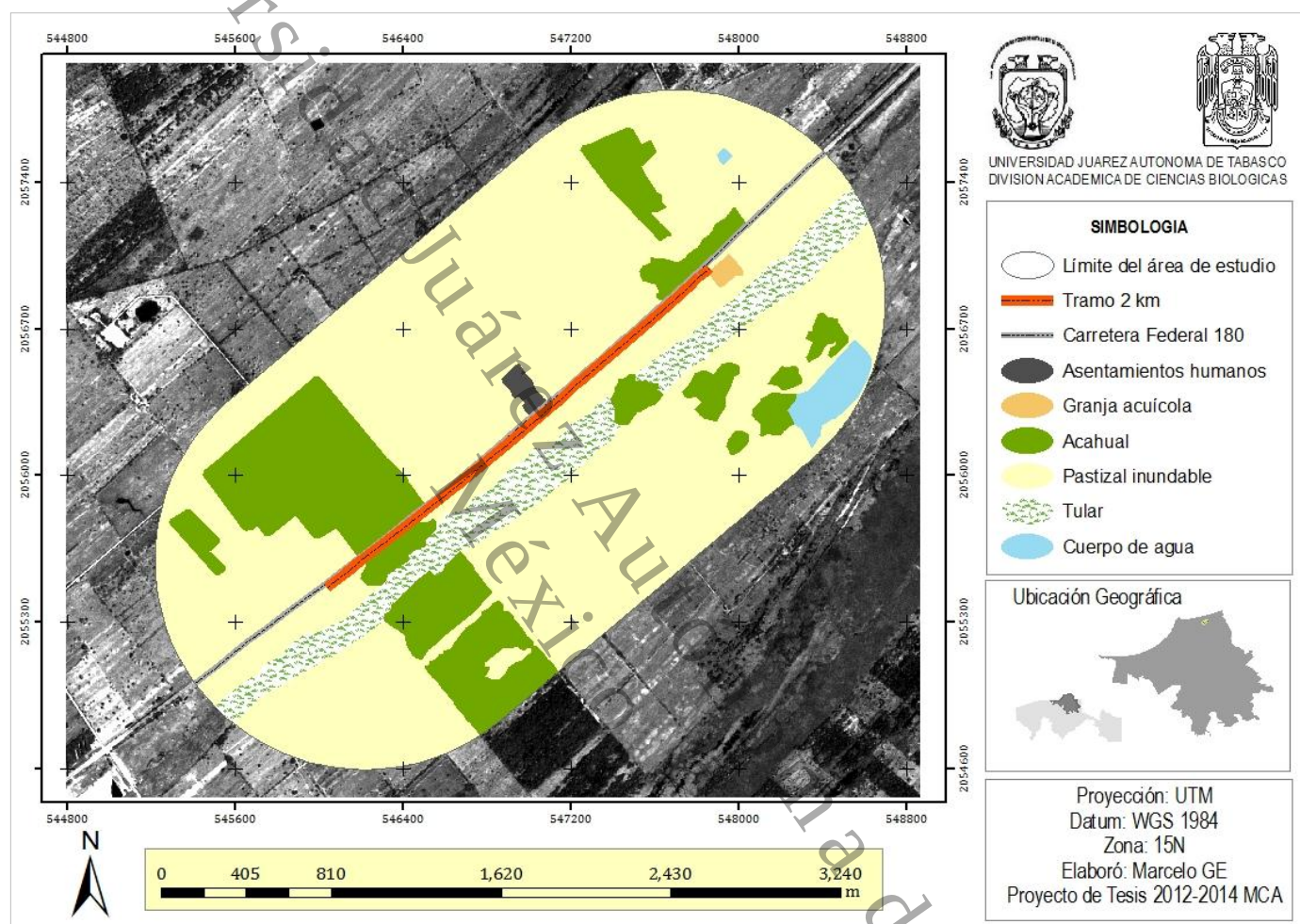


Figura 3. Ubicación del área de estudio y localización del tramo de 2km en la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

Selección de sitios de muestreos

Para analizar el impacto que pudiera tener la carretera sobre anfibios y reptiles, se realizó un muestreo piloto para determinar las estaciones a muestrear en las áreas adyacentes a la carretera, así como también para el conocimiento de las especies potenciales del área y determinar el número de parcelas.

Análisis cartográfico

Los sitios de muestreo se definieron con ayuda de una Imagen Spot 5, con una resolución de 5 m y con tamaño de celda 2.5 por 2.5. La cuál incluye el tramo de la carretera y un área de influencia de 1 km a la redonda. Se trazó un polígono general el cual delimitó el área de estudio. Por medio de ArcGis® 9.3, se realizó una digitalización en pantalla, con una resolución de 0.5 ha, a una escala 1:5000, los cuales fueron agrupados de acuerdo al tipo de vegetación y uso de suelo. Las áreas adyacentes se encuentran constituidas por tular, pastizal inundable, acahual, asentamientos humanos, cuerpos de agua, caminos secundarios y la carretera Federal 180 en su tramo Frontera-Cd. del Carmen.

Partiendo del tramo de carretera de 2 km se agregó un área buffer de 1 km (extensión *Analysis Tools* opción *Proximity Buffer*), lo cual se denominó como el área de influencia general. Posteriormente sobre el tramo se agregó otra área buffer de 200 m, la cual se consideró como el área de influencia directa del tramo. En el cuál se sobrepuso una cuadrícula de 50 m x 50 m (*Hawths Tools* opción *Sampling Tools* opción *Create Vector Grid*). El número de parcelas seleccionadas fue aleatorio, en *Hawths Tools*, extensión *Sampling Tools* Opción *Create Random Selection*, se eligieron completamente al azar el 30 % en cada tipo de vegetación para el establecimiento de las parcelas. Todas las extensiones utilizadas fueron para ArcGis® 9.3. Se eligieron estas distancias, teniendo en cuenta los hábitats estudiados, sus características ambientales y la información que se encuentra en la literatura, acerca de.

la distancia de los cambios ambientales causados en la vegetación y herpetofauna por la carretera (Brothers y Spingarn 1992; Forman 2000; Marcantonio *et al.* 2013).

Se establecieron un total de 47 parcelas paralelas a la carretera en cada tipo de vegetación: acahual (6.1237 ha): 8 parcelas (1.30 %); pastizal inundable (56.007 ha) 37 parcelas (0.66%); y en el tular (55.752 ha): 2 parcelas (0.03%) (Figura 4).



Figura 4. Ubicación de las parcelas en las áreas adyacentes a la carretera.

Muestreo de las parcelas

El trabajo de campo se realizó en la temporada de lluvias, abarcando únicamente los meses de octubre a diciembre de 2013 y enero de 2014, ya que es en esta temporada que se localiza el mayor número de registros de anfibios por ser su temporada de reproducción (Cedeño-Vázquez *et al.* 2006). Se tuvieron en total 24 días efectivos de muestreo, completando así el periodo de muestreo de las áreas adyacentes del tramo de dos km. Los estudios de corta duración en un área pueden aportar información sobre la ocurrencia de especies y pueden ser utilizados también para comparar la composición de comunidades de anfibios y reptiles (Gibbons y Semlitsch 1981).

Las parcelas tuvieron una longitud de 50 m por 2 m de ancho. Cada una de las parcelas se recorrió caminando dos veces al día, tomando en cuenta los picos de actividad de los anfibios y reptiles, se trabajó de las 07:00-11:00 hrs y de 18:00-23:00 hrs (Casas-Andreu *et al.* 1991). Las parcelas fueron muestreadas durante dos días efectivos en cada tipo de vegetación, a través de la técnica de muestreo VES (*Visual Encounter Survey*), este método consiste caminar a través de un área o hábitat por un tiempo determinado para buscar los ejemplares. Así como también, este método se emplea para la determinación de la riqueza de especies y su abundancia relativa (Crump y Scout 1994; 2001).

Determinación de especies

Las especies determinadas en campo, fueron identificadas con el apoyo de claves y guías taxonómicas especializadas Lee (1996), Gunther (2003), Cedeño-Vázquez *et al.* (2006), Pérez-Higareda (2007), Calderón-Mandujano *et al.* (2008) y Gunther (2011). Cuando fue conveniente y necesario se capturó a los individuos para su identificación con ayuda de guantes y ganchos herpetológicos; y posterior a la identificación fueron liberados.

Análisis de datos

La riqueza específica se refiere al número total de especies registradas durante un periodo de muestreo. Para tener una estimación y representar el incremento del número de especies registradas en las áreas adyacentes durante el muestreo, se utilizó la curva de acumulación de especies generada en el paquete estadístico Estimates (Colwell 2005), se utilizó el estimador no paramétrico Jack nife de primer orden (Jack 1), se eligió este estimador por que supone heterogeneidad en las muestras, siendo idóneo para estimar riqueza.

Para estimar la diversidad se aplicó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') que es una medida no paramétrica de la heterogeneidad de la comunidad, más sensible a los cambios en las especies raras (Brower y Zar 1979). El valor de este índice varía comúnmente entre 1.5 y 3.5 y rara vez sobrepasa a 4.5, (Magurran 2004).

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde: H' = valor del índice de Shannon

S = número de especies

p_i = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i

$\log_e$ = logaritmo natural

La dominancia se calculó utilizando el índice de Simpson (D), el cual hace referencia a la probabilidad de que dos individuos tomados al azar en una muestra sean de la misma especie (Hair 1987), el índice varía de cero a uno.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde: p_i = abundancia proporcional de las especies i .

RESULTADOS

Composición de anfibios y reptiles en la vegetación adyacente a la Carretera.

Durante los 24 días efectivos de muestreo en la vegetación adyacente del tramo de estudio, se registraron 30 especies, de las cuales 13 especies corresponden a anfibios y 17 a reptiles, ubicados en dos órdenes, 16 familias y 30 géneros (Tabla 2). Se registraron un total de 1143 individuos, de los cuales las especies más abundantes fueron *Leptodactylus melanonotus*, *Scinax staufferi*, *Lithobates berlandieri*, *Anolis sericeus* y *Basiliscus vittatus*.

De las 30 especies registradas para el área de estudio, seis se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, dos especies de anfibios y cuatro de reptiles. Dos de estas especies (*Boa constrictor* y *Ctenosaura similis*) se encuentran en la categoría de Amenazadas. Con respecto a la lista roja de UICN (2014) el 77 % de las especies están consideradas como preocupación menor (Tabla 2).

Se registraron 889 individuos pertenecientes a los anfibios, ubicados en un orden, cinco familias y 13 géneros. La familia de anfibios que presentó mayor riqueza fue la Hylidae con siete especies (54% del total de la clase anfibios), seguida por la familia Ranidae y Bufonidae con dos especies cada una. El mayor número de reptiles, cuatro especies, lo presentó la familia Colubridae, seguida de la Iguanidae, Gekkonidae y Teiidae con dos especies (Tabla 2).

Tabla 2. Listado de especies registradas en los tres tipos de vegetación en los bordes en la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

Clase	Familia	Nombre científico	Total	Acahual	Pastizal inundable	Tular	NOM-059	IUCN
Anfibios	Bufonidae	<i>Incilius valliceps</i>	23	1	21	1	-	LC
		<i>Rhinella marina</i>	5		5		-	LC
	Hylidae	<i>Agalychnis callidryas</i>	3	3			-	LC
		<i>Dendropsophus microcephalus</i>	13	2	11		-	LC
		<i>Scinax staufferi</i>	241	10	231		-	LC
		<i>Smilisca baudinii</i>	62	20	42		-	LC
		<i>Tlalocohyla loquax</i>	1		1		-	LC
		<i>Tlalocohyla picta</i>	1		1		-	LC
		<i>Trachycephalus venulosus</i>	20	11	8	1	-	LC
	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	381	46	172	163	-	LC
	Microhylidae	<i>Gastrophryne elegans</i>	17	17			Pr	LC
	Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>	104	8	89	7	Pr	LC
		<i>Lithobates vaillanti</i>	18	4	12	2	-	LC
Reptiles	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	1		1		A	LC
	Colubridae	<i>Coniophanes imperialis</i>	1		1		-	LC
		<i>Coniophanes sp.</i>	2		2		-	LC
		<i>Nerodia rhombifer</i>	1		1		-	LC
		<i>Ninia sebae</i>	2	1	1		-	LC
	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	103	22	54	27	-	NE
	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	1		1		-	LC
	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	7	1	6		-	LC
		<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	4		4		-	LC

Clase	Familia	Nombre científico	Total	Acahual	Pastizal inundable	Tular	NOM-059	IUCN
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	23		23		A	LC
		<i>Iguana iguana</i>	17	7	10		Pr	-
	Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>	5		5		Pr	NE
	Polychridae	<i>Anolis sericeus</i>	65	11	53	1	-	NE
	Scincidae	<i>Mabuya brachypoda</i>	3		2	1	-	LC
	Teiidae	<i>Ameiva undulata</i>	16		16		-	NE
		<i>Aspidocelis depii</i>	2		2		-	-
	Viperidae	<i>Bothrops asper</i>	1			1	-	-
Total de individuos			1143	164	775	204		
Riqueza total			30	15	27	9		

NOM-059-SEMARNAT-2010. Categoría de riesgo: Pr: sujeta a protección especial, A: amenazada
 IUCN: Categoría: LC: Preocupación menor, NE: No evaluado

A través de los esfuerzos de muestreos realizados en los bordes del tramo de estudio, la tendencia en cuanto a la riqueza de especies de anfibios y reptiles fue en aumento. Desde ocho especies registradas en el primer día de muestreo hasta alcanzar un total de 30 especies de anfibios y reptiles a mitad del muestreo (Figura 5).

La curva de acumulación de especies para los tres tipos de vegetación que se encuentran en el tramo de estudio, probablemente no esté completa, aunque si llega a estabilizarse en los últimos días de muestreo, siguiendo la misma tendencia tanto para anfibios como para reptiles. De acuerdo al índice de Jackknife de primer orden, el número probable de especies fue de 37, es decir siete especies más respecto al total registrado.

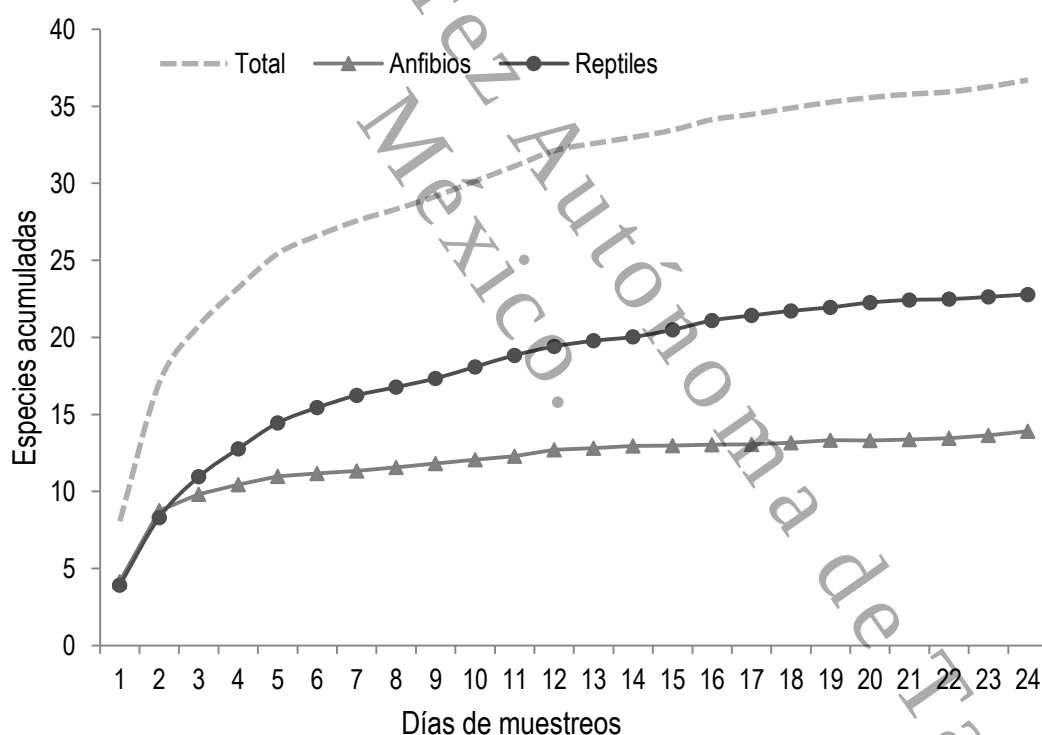


Figura 5. Curva de acumulación de especies durante el periodo de muestreo en los bordes del tramo de estudio Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

En los tipos de vegetación adyacentes al tramo de estudio de la Carretera 180, el pastizal inundable presento 27 especies, el acahual 15 especies y el tular con nueve especies (Tabla 3). Del total de individuos registrados (1143 individuos), el 68% se presentó en el pastizal, el 18% en el tular y el 14% en el acahual (Tabla 3). Las especies que estuvieron presentes en los tres tipos de vegetación fueron *Trachycephalus venulosus*, *L. melanonotus*, *L. berlandieri*, *Lithobates vaillanti*, *B. vittatus* y *A. sericeus*.

La diversidad calculada en los tres tipos de vegetación de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener, mostró que el acahual y el pastizal inundable presentaron los valores más altos de diversidad y al tular el más bajo ($H' = 0.74$, Tabla 3), para ambos tipos de vegetación el valor de diversidad fue medio, de acuerdo a la variación del índice. Tanto en el acahual como el pastizal la dominancia es alta, es decir que existen especies dominantes en la comunidad, mientras que en el tular, la dominancia es baja (Tabla 3).

Tabla 3. Riqueza, diversidad y dominancia de la herpetofauna registradas por tipos de vegetación en los bordes en la Carretera Federal 180 Frontera-Cd. del Carmen, Tabasco, México.

	Acahual	Pastizal	Tular
No. de especies	15	27	9
No. de organismos	164	775	204
Diversidad (Shannon-Wiener)	2.24	2.22	0.74
Dominancia (Simpson)	0.860	0.833	0.343

DISCUSIÓN

Las 30 especies registradas en las áreas adyacentes del tramo, ubicado en la Carretera 180, en Centla, Tabasco, representa el 31.5% de las presentes en la Reserva de la Biosfera de Pantanos de Centla (95 especies, Carabias *et al.* 2000). Este número se puede comprar con los estudios realizados en américa latina por Vargas-Salinas (2011) y Vargas y Berrío (2009), ambos en Colombia, el primero en la Reserva Forestal Bosque de Yotoco. Vargas registró 21 especies (8 anfibios y 13 reptiles), encontró que la riqueza de anfibios fue mayor lejos de la carretera, mientras que Vargas y Berrío (2009) registraron el mismo número de especies que en este estudio (9 anfibios y 21 reptiles) en la vegetación borde de la carretera en el Valle del Cauca, Colombia.

Los resultados de este trabajo sugieren que el tramo de estudio muestra una diversidad ecológica importante en su proximidad, tanto en el acahual como en el pastizal inundable, de este modo, ambos sitios podrían potencialmente servir de refugio para los anfibios y reptiles. Aunque estudios anteriores han analizado el efecto de las carreteras en anfibios (Haijun *et al.* 2011) y mencionan que el pastizal inundable es el hábitat más importante para este grupo, junto con pequeños cuerpos de agua (ríos, cuerpos de agua temporales) ya que tienen la mayor densidad de anfibios entre varios tipos de hábitats en todo el humedal (Dai *et al.* 2005) como lo reportado en esta investigación. Aunque se debe tener en cuenta que los valores de riqueza observada y cualquier índice de diversidad, son una función de factores tales como la unidad de muestreo, la técnica utilizada, el tamaño del área de muestreo y el número de réplicas, así como la distribución espacial de las poblaciones a estudiar (Magurran 2004).

La construcción de nuevas carreteras o la ampliación de las existentes tienen el potencial para disminuir a las poblaciones adyacentes. Esto debido a las características dentro de la "zona de efecto de la carretera" ya que son un atractivo para los anfibios y reptiles, ocasionando una potencial migración de las poblaciones adyacentes a los

bordes de la carretera. Entre las principales características que pueden atraer a los individuos, se incluyen el agua estancada en las cunetas, superficies de carretera calientes que proporcionan oportunidades para regular la temperatura y cambios en el hábitat asociada con los bordes de carretera (Jochimsen *et al.* 2004).

Los resultados de este estudio, coincide con lo encontrado por Vargas-Salinas y Berrío-Baca (2009), la carretera bajo estudio está rodeada de una matriz natural con humedales que posiblemente son fuente de inmigración de individuos. Esta inmigración explicaría la presencia de varias de las especies aquí observadas y que alcanzan tallas corporales medianas o grandes, lo cual implica alta demanda de recursos y espacio.

La transformación de las condiciones físicas dentro y adyacentes a las carreteras elimina áreas de hábitat continuo creando al mismo tiempo los efectos de borde de larga duración (Forman y Alexander 1998). Cuando se habla de los efectos indirectos de la carretera sobre la herpetofauna, la base de la información se convierte en escasa ya que los efectos indirectos son más penetrantes y más difíciles de cuantificar que los efectos directos, y la documentación de los efectos indirectos debido a las carreteras a menudo requiere una amplia y seguimiento a largo plazo.

A diferencia de los corredores naturales, las carreteras con frecuencia cruzan contornos topográficos y ambientales, fragmentando con una gran gama de tipos de hábitat (Bennett 1991) y en consecuencia afectado a muchos grupos de vida silvestre, como los anfibios y reptiles, que poseen una diversidad de estrategias ecológicas e historias de vida. Es de importancia mundial la conservación de la biodiversidad en los humedales, los que los hace vulnerables a las perturbaciones (McName, 2003). Como se mencionó en la parte introductoria, el tramo de estudio se encuentra ubicado entre dos áreas de importancia para el estado la RBPC y el AICA 156, estas áreas son reconocidas como unidades importantes para proteger la biodiversidad. Sin embargo, el mantenimiento y protección de dichas áreas depende en gran parte del gobierno y la comunidad.

Decir que la comunidad de anfibios y reptiles que compone el acahual, pastizal y tular, es baja o alta, se debe tomar con cautela, pues debido a los efectos acumulativos que las carreteras pueden tener sobre ellos, pueden tardar décadas en manifestarse. Findlay y Bourdages (2000) descubrieron que la riqueza de especies en los humedales actual corresponde con las estimaciones de la densidad de carreteras de hace 30 a 40 años, en lugar de los patrones recientes.

CONSIDERACIONES

El área de estudio representa un paisaje con ecosistemas naturales que mantienen poblaciones de anfibios y reptiles, los cuales están en riesgo, por el efecto carretero. Esta área se encuentra dominada por pastizales inundables, que ofrecen cierta cantidad de recursos para el mantenimiento de la diversidad hepetofaunística. Pero este sitio evidentemente requiere de medidas preventivas y correctivas que ayuden en el mantenimiento de la conectividad de la zona.

LITERATURA CITADA

- Andrews, KM, Gibbons JW, Jochimsen DM (2006) Literature Synthesis of the Effects of Roads and Vehicles on Amphibians and Reptiles. Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of Transportation, Report No. FHWA-HEP-08 005. Washington, D.C. pp.151.
- Ashley PE, Robinson JT (1996) Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario. Canadian Field Naturalist 110:403-412.
- Bhupathy S, Srinivas G, Sathish KN, Karthik T, Madhivanan A (2011) Herpetofaunal mortality due to vehicular traffic in the Western Ghats, India: A case study. Herpetotropicos. 5(2): 119-126.

- Brothers TX, Spingarn A (1992) Forest fragmentation and alien plant invasion of central Indiana old-growth forests. *Conserv. Biol.*, 6: 91- 100.
- Calderón-Mandujano R (2005) Anfibios y Reptiles de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y zonas aledañas. Pp. 40-104.
- Casas-Andreu G, Valenzuela-López G, Ramírez-Bautista A (1991) Como hacer una colección de anfibios y reptiles. Cuadernos del Instituto de Biología No. 10. IBUNAM. 68p.
- Cedeño-Vázquez JR, Calderón-Mandujano R, Pozo C (2006) Anfibios de la Región de Calakmul, Campeche, México. CONABIO/ ECOSUR/ CONANP/PNUDGEF/ SHM A.C. Quintana Roo. México. 104 p.
- Chen J, Franklin JF, Spies J (1992) Vegetation responses to edge environments in Old Growth Douglas-Fir forests. *Ecological Applications*, 2(4): 387-396.
- Chen, JQ, Franklin JF, Spies TA (1995) Growingseason microclimatic gradients from clear-cut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecological Applications* 5:74-86.
- Crump ML, Scott NJ (2001) Relevamientos por Encuentros Visuales. En: Córdova S. G. J. 2006. Programa de monitoreo de la biodiversidad en Camisea.
- DeMaynadier PG, Hunter ML (1995). The relationship between forest management and amphibian ecology: a review of the North American literature. *Environmental Reviews*. 3:230-261.
- Dodd CK, Barichivich WJ, Smith LL (2004) Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* 118: 619-631.
- Enge KM, Wood KN (2002) A pedestrian road survey of an upland snake community in Florida. *Southeastern Naturalist*. 1: 365-380.

- Forman RTT (2000) Estimate of the Area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology*. 14: 31-35.
- Forman RTT, Deblinger RD (2000) The ecological road-effect zone of a Massachusetts (U.S.A.) Suburban Highway. *Conservation Biology*. 14: 36-26.
- Gehlhausen SM, Schwartz MW, Augspurger CK (2000) Vegetation and microclimatic edge effects in two-mesophytic forest fragments. *Plant Ecology* 147:21-35.
- Gibbons IW, Semlitsch RD (1981) Terrestrial drift fences with pitfall traps: an effective technique for quantitative sampling of animal populations. *Brimleyana* 7:1-16.
- Glista DJ, Devault TL, Dewoody JA (2009) A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape Urban Plan*. 91: 1-7.
- Hartmann PA, Hartmann MT, Martins M (2011) Snake road mortality in a protected area in the atlantic forest of Southeastern Brazil. *South American J. Herpetol*. 6: 35-42.
- Hunter M (1996) Habitat degradation and loss. In: Hunter, M. (ed.), *Fundamentals of Conservation Biology*. USA, pp.179-190.
- INEGI (2005) Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=27>.
- Jochimsen DM (2006) Factors influencing the road mortality of snakes on the Upper Snake River Plain, Idaho. IN: *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*, Eds. Irwin CL, Garrett P, McDermott KP. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: pp. 351-365.
- Jochimsen DM (2006b) Factors influencing the road mortality of snakes on the Upper Snake River Plain, Idaho. IN: *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*, Eds. Irwin CL, Garrett P, McDermott KP. Center

- for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: pp. 351-365.
- Lee JC (1996) The amphibians and reptiles of the Yucatán Península. Comstock Publishing Associates. Cornell University. USA. 500 p.
- Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas. Versión 2014.3. < www.iucnredlist.org >. Consultado el 05 de marzo 2015.
- Luna-Ruiz R del C (2014) Densidad de puntos de mortalidad de fauna en carreteras de la zona costera tabasqueña. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Pp 56.
- Marcantonio M, Rocchini D, Geri F, Bacaro G, Amici V (2013) Biodiversity, roads & Landscape fragmentation: Two Mediterranean cases. *Applied Geography* 42:63-72.
- Marsh MD, Beckman NG (2004) Effects of forest roads on the abundance and activity of terrestrial salamanders. *Ecological Applications*, 14(6): 1882-1891.
- McNamee P (2003) Management Plan for Ruogergai National Nature Reserve, report to GEF/UNDP-PR/98G32, Wetland Biodiversity Conservation and Sustainable Use in China.
- Mendelson, III, JR, Jennings WB (1992) Shifts in the relative abundance of snakes in a desert grassland. *Journal of Herpetology* 26: 38-45.
- Murcia C (1995) Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 10: 58-62.
- National Research Council. Assessing and Managing the Ecological Impacts of Paved Roads (2005) http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=11535&page=R1.
- Neill WT (1950) Reptiles and amphibians in urban areas of Georgia. *Herpetologica* 6: 113-116.

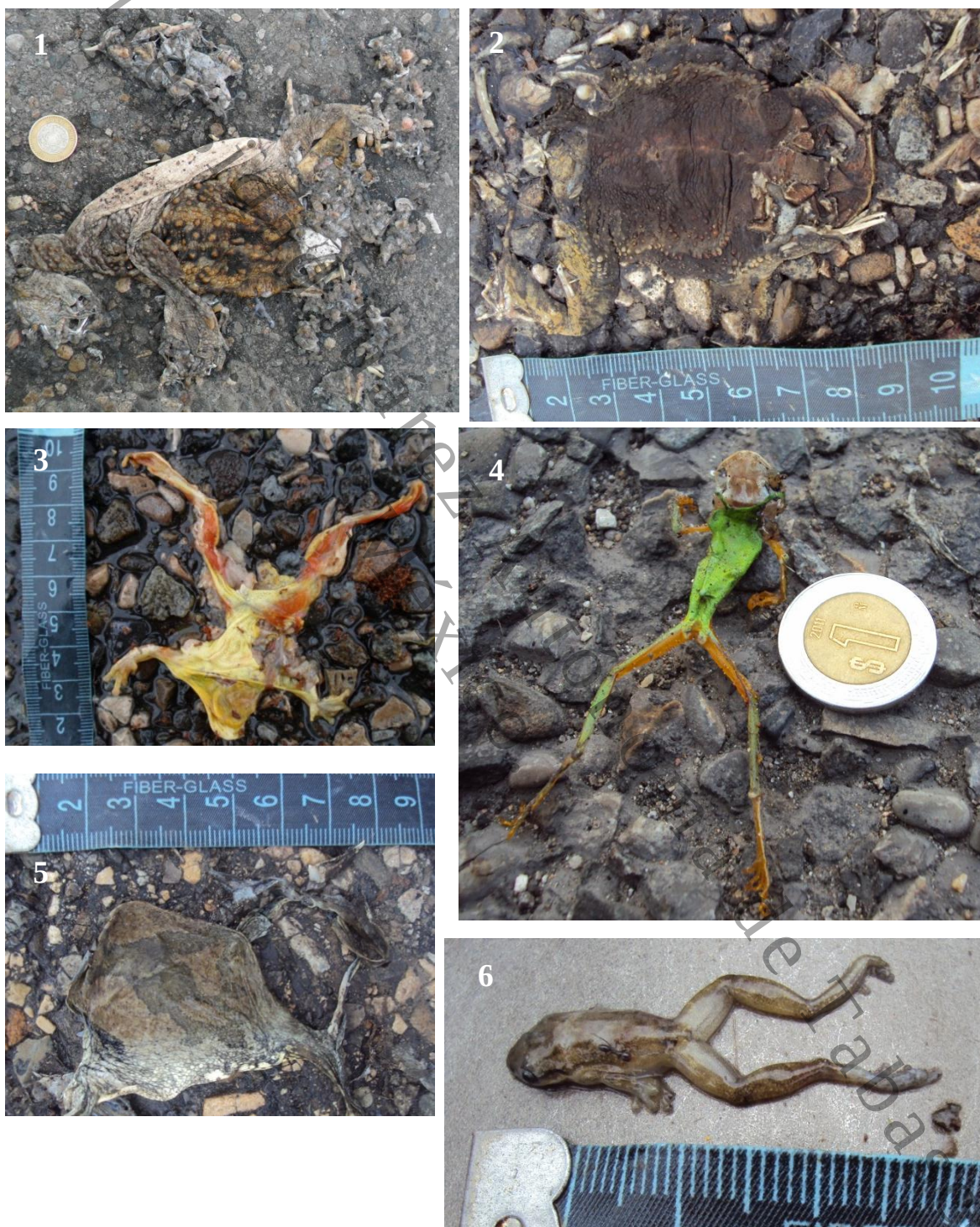
- Pacheco-Figueroa CJ, Luna-Ruiz RC; Gordillo-Chávez EJ, Valdez-Leal JD, Marcelo-Guadarrama E, Moguel-Ordoñez EJ, Sáenz J, Edith-Mata EE; Arriaga-Weiss SL, Rangel-Ruiz LJ, Gama-Campillo LM (2013) Mortalidad de fauna en carreteras de la zona costera tabasqueña. Pp. 205-209. En Chablé-Falcón F. Angulo-Pineda R; Pavón-Jiménez ME, Cano-Molina G, Méndez-Hernández W (Compiladores) Perspectiva científica desde la UJAT. Tomo 2. Universidad Autónoma de Tabasco, Tabasco México. 1 264 p. Padilla-Vázquez, J. A. 2002. Obras y costos de mejoramiento de algunos sitios de elevada accidentalidad en la red carretera federal del Estado de tabasco. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de la Construcción. 135p.
- Pérez-Higareda G, López-Luna MA, Smith MH (2007) Serpientes de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 17-40.
- Pragatheesh A, Rajvanshi A (2013) Spatial patterns and factors influencing the mortality of snakes on the national highway-7 along Pench Tiger Reserve, Madhya Pradesh, India. *Oecología Australis*. 17(1): 20-35.
- Rodda, GH (1990) Highway madness revisited: roadkilled *Iguana iguana* in the llanos of Venezuela. *J. Herpetol.* 24: 209-211.
- Sanderson EW, Jaiteh M, Levy MA, Redford KH, Wanneboo AV, Woolmer G (2002) The human footprint and the last of the wild. *Bioscience* 52, 891-904.
- Saunders DA, Hobbs RJ, Margules CR (1991) Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology*, 5(1): 18-32.
- Smith, LL, Dodd CK Jr (2003) Wildlife mortality on U.S. highway 441 across Paynes Prairie, Alachua County, Florida. *Florida Scientist* 66:128-140.
- Sullivan BK (1981) Distribution and relative abundance of snakes along a transect in California. *Journal of Herpetology* 15: 247-248.

Van der Ree R, Jaeger JA G, van der Grift EA, Clevenger AP (2011) Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales. *Ecology and Society* 16(1): 48.

Vargas-Salinas E, Delgado-Ospina, López-Aranda F (2011) Mortalidad por atropello vehicular y distribución de Anfibios y Reptiles en un bosque Subandino en el occidente de Colombia. En: *Caldasia* 33 (1). Pp. 121-138.

ANEXOS

Anexo 1. Anfibios y reptiles colisionados



Anfibios: 1. *Rhinella marina*, 2. *Incilius valliceps*, 3. *Tlalocohyla loquax*, 4. *Agalychnis callidryas*, 5. *Smilisca baudinii*, 6. *Scinax staufferi*.



Anfibios: 7. *Leptodactylus melanonotus*, 8. *Bolitoglossa* sp. 9. Juvenil de *Rhynophrynus dorsalis*, 10. *Rhynophrynus dorsalis*, 11. *Lithobates vaillanti*, 12. *Lithobates berlandieri*.



Reptiles: 1. *Drymobius margaritiferus*, 2. *Coniophanes bipunctatus*, 3. *Imantodes gemmistratus*, 4. *Thamnophis proximus* (Hembra con crías), 5. *Coniophanes imperialis*, 6. *Hemidactylus frenatus*



Reptiles: 7. *Anolis sericeus*, 8. *Ctenosaura similis*, 9. *Ameiva undulata*, 10. *Trachemys scripta*, 11. *Claudius angustatus*

Anexo 2. Anfibios y reptiles observados en los bordes de la carretera



Anfibios: 1. *Trachycephalus venulosus*, 2. *Incilius valliceps*, 3. *Leptodactylus melanonotus*, 4. *Tlalocohyla loquax*, 5. *Agalychnis callidryas*, 6. *Gastrophryne elegans*, 7. *Smilisca baudinii*, 8. *Dendropsophus microcephalus*.



Reptiles: 1. *Ctenosaura similis*, 2. *Basiliscus vittatus*, 3. *Anolis sericeus*, 4. *Ameiva undulata*, 5. *Mabuya brachypoda*, 6. *Hemidactylus frenatus*, 7. *Iguana iguana*.



Reptiles: 8. *Sphaerodactylus glaucus*, 9. *Boa constrictor*, 10. *Bothrops asper*, 11. *Nerodia rhombifer*, 12. *Kinosternon leucostomum*, 13. *Ninia sebae*.



Vegetación: 1 y 2. Pastizal inundable, 3. Tular. 4. Acahual.