

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES

CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

MORTALIDAD DE SERPIENTES EN CARRETERAS

DEL DESIERTO DE SONORA

TESIS PROFESIONAL

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CON OPCIÓN EN RECURSOS NATURALES TERRESTRES

PRESENTA: NOHELIA GUADALUPE PACHECO HOYOS

Hermosillo, Sonora

Septiembre de 2010

Repositorio Institucional UNISON



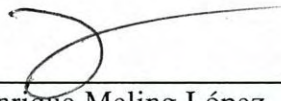
**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

APROBACIÓN

Los miembros del Jurado designado para revisar la Tesis Profesional de Nohelia Guadalupe Pacheco Hoyos, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el Título de Bióloga, con Opción en: Recursos Naturales Terrestres.

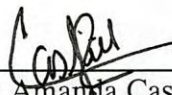


Dr. Alf Enrique Meling López
Director de Tesis



Biol. Norberto Miguel Ángel Pasten Miranda
Secretario

Dr. Adrián Quijada Mascareñas
Vocal



Dra. Reyna Amanda Castillo Gámez
Suplente

DEDICATORIA

A mis padres Olga Hoyos y Jaime Pacheco que supieron educarme y apoyarme siempre durante el transcurso de mi formación profesional.

A mis hermanos Luis Alberto Pacheco y Jaime Gabriel Pacheco.

A mi grupo de la licenciatura en Biología Z11: Carolina, Arturo, Said, Vanessa, Gabriela, Alejandra, Adelaide, Yenni, Cinthia, Irais, Mitzi, Altaire, Roman, Brian, Tito, Daniel, Jorge, Jairo, Leonides y Carlos. Por haber compartido con migo 4 años de experiencias inolvidables y mucho aprendizaje.

A mi grupo de la especialidad de recursos naturales terrestres.

A María de Jesús Robles y Abel Hoyos.

Para Luis Carlos, con todo mi cariño este trabajo es para ti.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la Universidad de Sonora, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de licenciatura.

Al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora por recibirme durante 4 años, en los cuales curse mi licenciatura y realice el presente trabajo.

A mi director de tesis Alf Meling, por sus consejos y apoyo en la elaboración de esta investigación. Gracias por tu ayuda, consejo, amistad y paciencia.

Al Dr. Adrian Quijada Mascareñas por sus consejos, apoyo y opiniones acertadas durante mi trabajo.

A la Dra. Reyna Amanda Castillo Gámez por sus consejos, revisión de tesis y enseñanzas durante mi formación profesional.

Al Biol. Norberto Pasten Miranda por su dedicación en la revisión y comentarios de mi trabajo.

A mis compañeros biólogos que me ayudaron en la colecta y mediciones de ejemplares:
Luis Ochoa Castillo, Yenni Ramona Grajeda Mendoza, Cinthia Clavel Corral y Javier Edgar Verdugo.

Al Dr. Francisco Molina Frenaner y Robert Villa por proporcionarme información para la elaboración de mi trabajo.

ÍNDICE

Acta de aprobación	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice	iv
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. Antecedentes	5
II.1. Fundamentos básicos de la ecología de caminos y carreteras	5
II.1.1 vegetación y patrones de movimiento de los animales en caminos y carreteras	6
II.1.2 Efectos de los caminos y el tránsito vehicular en las poblaciones silvestres	7
II.2. Principales estudios de los reptiles en Sonora	11
II.2.1 Estrategias para la conservación de los reptiles sonorenses	13
II.3. La red vial del estado de Sonora	14
III. OBJETIVO	16
III.1. Objetivos particulares	16
IV. HIPÓTESIS	17
V. METODOLOGÍA	18
V.1. Descripción del área de estudio	18
V.2. Colecta de datos	19
V.3 Trabajo de laboratorio	23

V.4. Análisis de datos	25
V.4.1. Análisis de mortalidad	25
V.4.2. Abundancia relativa de serpientes por especie	27
V.4.3. Abundancia relativa mensual y clima	28
V.4.4. Análisis de aspectos biológicos	28
VI. RESULTADOS	30
VI.1. Datos climáticos	30
VI.1.1. Temperatura	30
VI.1.2. Precipitación	30
VI.1.3. Humedad Relativa	31
VI.2. Especies encontradas y lugar de colecta	33
VI.3. Fichas descriptivas de las especies encontradas	35
VI.4. Mortalidad de serpientes	65
VI.5. Abundancia relativa de serpientes	68
VI.5.1. Abundancia relativa de serpientes por especie	68
VI.5.2. Abundancia relativa mensual de serpientes	69
VI.6. Aspectos biológicos y ecológicos de las serpientes estudiadas	71
VI.6.1. Medidas y peso de las serpientes encontradas	71
VI.6.2. Sexo de serpientes (DOR y AOR)	71
VII. DISCUSIÓN	77
VII.1. Especies encontradas y lugar de colecta	77
VII.2. Abundancia relativa de serpientes	78
VII.3. Mortalidad de serpientes	81

VII.4. Aspectos biológicos y ecológicos	84
VII.5. Impacto de las carreteras y caminos vecinales en el desierto de Sonora	86
VIII. CONCLUSIONES	88
IX. RECOMENDACIONES	89
X. LITERATURA CITADA	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Efectos de las carreteras en relación a la pendiente del terreno	8
Figura 2.	Ubicación del sitio de muestreo	21
Figura 3.	Tipos de vegetación del área de muestreo	22
Figura 4.	Mediciones básicas hechas a las serpientes durante la investigación	25
Figura 5.	Temperatura del área de estudio	31
Figura 6.	Precipitación del área de estudio	32
Figura 7.	Humedad relativa registrada del área de estudio	32
Figura 8.	Distribución de las serpientes por familia en el área de de estudio	34
Figura 9.	Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo de <i>Boa constrictor</i>	36
Figura 10.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Lichanura trivirgata</i>	38
Figura 11.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Coluber flagellum</i>	40
Figura 12.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Lampropeltis getula</i>	42
Figura 13.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Phyllorhynchus brownie</i>	44
Figura 14.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Phyllorhynchus decurtatus</i>	46
Figura 15.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Pituophis catenifer</i>	48
Figura 16.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Rhinocheilus lecontei</i>	50
Figura 17.	Mapa de distribución y punto de muestreo de <i>Tamnophis cyrtopsis</i>	52
Figura 18.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Tamnophis marcianus</i>	54
Figura 19.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Micruroides euryxanthus</i>	56

Continuación ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 20.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Crotalus atrox</i>	58
Figura 21.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Crotalus cerastes</i>	60
Figura 22.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Crotalus molossus</i>	62
Figura 23.	Mapa de distribución y puntos de muestreo de <i>Crotalus tigris</i>	64
Figura 24.	Abundancia relativa mensual de serpientes DOR y AOR (muertas sobre el camino y vivas sobre el camino) durante el periodo de estudio del año 2008.	66
Figura 25.	Abundancia relativa mensual de serpientes DOR y AOR (muertas sobre el camino y vivas sobre el camino) durante el periodo de estudio del año 2009	66
Figura 26.	Tasa de mortalidad mensual de serpientes	67
Figura 27.	Correlación entre las serpientes colectadas y la abundancia relativa de serpientes muertas	67
Figura 28.	Abundancia relativa de serpientes por especie durante el periodo de estudio (junio-octubre 2008 y julio-octubre 2009)	68
Figura 29.	Variación en la abundancia relativa mensual (ARM) de serpientes por año	70
Figura 30.	Abundancia relativa (AR) de serpientes por sexo	74
Figura 31.	Abundancia relativa (AR) de cada sexo por familia de serpientes	75
Figura 32.	Abundancia relativa (AR) del sexo por especie	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.	Kilometraje de carreteras pavimentadas del estado de Sonora	15
Tabla II.	Especies y número de ejemplares examinados en total (DOR y AOR)	34
Tabla III.	Mediciones promedio de los ejemplares colectados de <i>Boa constrictor</i>	36
Tabla IV.	Medidas del ejemplar hembra colectado de <i>Lichanura trivirgata</i>	38
Tabla V.	Mediciones promedio de los ejemplares colectados de <i>Coluber flagellum</i>	40
Tabla VI.	Mediciones del ejemplar hembra colectado de <i>Lampropeltis getula</i>	42
Tabla VII.	Medidas del ejemplar macho colectado de <i>Phyllorhynchus brownie</i>	44
Tabla VIII.	Mediciones promedio de los ejemplares hembras colectados de <i>Phyllorhynchus decurtatus</i>	46
Tabla IX.	Mediciones promedio de los ejemplares colectados de <i>Pituophis catenifer</i>	48
Tabla X.	Mediciones promedio de los ejemplares colectados de <i>Rinocheilus lecontei</i>	50
Tabla XI.	Medidas del ejemplar colectado de <i>Thamnophis cyrtopsis</i>	52
Tabla XII.	Medidas del ejemplar hembra colectado de <i>Thamnophis marcianus</i>	54
Tabla XIII.	Mediciones promedio de los ejemplares colectados de <i>Micruroides euryxanthus</i>	56
Tabla XIV.	Mediciones promedio de los ejemplares colectados de <i>Crotalus atrox</i>	58
Tabla XV.	Mediciones promedio de los ejemplares colectados de <i>Crotalus cerastes</i>	60
Tabla XVI.	Mediciones de los ejemplares hembras colectados de <i>Crotalus molossus</i>	62

Continuación ÍNDICE DE TABLAS

Tabla XVII.	Mediciones promedio de los ejemplares colectados de <i>Crotalus tigris</i>	64
Tabla XVIII.	Esfuerzo de búsqueda, serpientes observadas y abundancia relativa mensual de las serpientes encontradas durante el estudio	70
Tabla XIX.	Especies estudiadas que se encuentran bajo algún tipo de protección según la NOM-ECOL-059, SEMARNAT	72
Tabla XX.	Medidas y peso promedios para las especies macho más abundantes	73
Tabla XXI.	Medidas y peso promedios para las especies hembra más abundantes	73
Tabla XXII.	Número de individuos por sexo encontrados durante el año 2008 y 2009	74

I. INTRODUCCIÓN

La construcción de caminos y carreteras ha aumentado de manera considerable con el transcurso de los años. A consecuencia de esto, cuando se realizan tomas o fotografías aéreas es imposible dejar de notar las líneas que estas construcciones producen en el paisaje natural. Estos caminos quizás son los rasgos artificiales más visibles en los paisajes naturales del mundo entero y se han convertido en las rutas de transporte fundamentales para el ser humano (Forman y Alexander, 1998). Sin discutir los grandes beneficios que han acarreado para nosotros, las rutas de transporte han mostrado numerosos efectos ecológicos negativos para la fauna acuática y terrestre (Forman y Alexander, 1998; Trombulak y Frissell, 2000; Forman, 2003). Dichos efectos pueden ser directos, como la pérdida de hábitat y la mortalidad de la fauna causada por automóviles e indirectos, como el aislamiento geográfico y la fragmentación del hábitat (Spellerberg, 2002).

Los caminos y carreteras que conectan las distintas ciudades y pueblos se construyen sobre el ecosistema natural donde se desarrollan gran diversidad de plantas y animales. Hasta hace poco tiempo, los científicos expertos en biología y ecología de poblaciones habían dejado desapercibida un área que se encontraba “dormida” y que ahora se conoce con el nombre de ecología de caminos, la cual trata de resolver los problemas relacionados con el desarrollo de flora y fauna alrededor de los caminos. Entre los aspectos básicos que estudia esta rama de la ciencia se encuentran la vegetación y transporte animal sobre carreteras, mortalidad de fauna silvestre, y políticas para planeación y desarrollo de nuevas rutas, así como el mantenimiento de las ya existentes (Forman y Alexander, 1998).

Son pocos los países que se han dedicado al trabajo con ecología de caminos y carreteras. A nivel mundial los principales representantes son Australia, Países Bajos y Estados Unidos de América (Forman y Alexander, 1998; Reijnen, 1995). Las investigaciones que se llevan a cabo están enfocadas en resolver cuáles son los efectos que tienen los vehículos en las poblaciones, cómo las afectan los productos químicos, agua y sedimentos que se depositan sobre los bordes de los caminos y cuáles pueden ser las futuras políticas de planeación para construir nuevos caminos en los lugares adecuados (Forman, 2003). Sin embargo, a pesar de las numerosas investigaciones hechas por las naciones antes mencionadas, en la actualidad existe un vacío a nivel mundial sobre el conocimiento y solución para los problemas que ocasionan la construcción de carreteras y el tráfico vehicular.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la ecología de caminos es la mortalidad de animales a causa del tráfico vehicular. Entre los principales afectados por muerte en carretera se encuentran los anfibios, reptiles y mamíferos (Forman, 2003). Caso contrario a lo que muchas personas piensan, existe la hipótesis de que algunos animales como los reptiles son de cierto modo “atraídos” a las carreteras para elevar su temperatura corporal durante la noche; esto es debido a que la superficie de concreto conserva temperaturas mayores a las del entorno y el aire circulante (Dodd *et al.*, 1989; Rosen y Lowe, 1994). Los casos de mortalidad de este tipo de animales ocurren frecuentemente cuando es tiempo de apareamiento, cría o cuando son animales de hábitats veraniegos (Langton, 1989).

México es considerado un país megadiverso, colocándose en el cuarto lugar en un grupo de 17 países que están en dicha categoría y que en conjunto albergan el 70 % de la

biodiversidad conocida a nivel mundial (CONABIO, 2009). En lo que respecta a diversidad de reptiles, en México se conocen 804 especies, lo cual coloca al país como una de las entidades con mayor abundancia y diversidad de especies (Smith y Smith, 1973; CONABIO, 2008). La diversidad del territorio mexicano en el grupo de los reptiles, constituye un privilegio y también una responsabilidad para nuestra sociedad, a pesar de que su manejo y conservación sean muy complicados.

Los reptiles juegan un papel fundamental en las cadenas alimenticias de diversos ambientes terrestres, esto se debe al alto porcentaje que representan con respecto a otros vertebrados del ecosistema (Forman, 2003). Su diversidad y abundancia varía de acuerdo con los cambios en la composición y cantidad de microhábitats, así como del impacto que genera su mal manejo o cuidado (Forman, 1998).

Dentro de los reptiles, los ofidios, generalmente conocidos como serpientes, juegan un papel muy importante, debido a que contribuyen de manera considerable a controlar las poblaciones de roedores y algunos pequeños invertebrados que pueden llegar a ser perjudiciales para las actividades humanas (Sánchez, 1998). México cuenta con alrededor de 363 especies de serpientes con elevado número de endemismos, llegando a alcanzar más del 45% del total de especies que hay en el país (Flores y Canseco, 2004), esto es gracias a la topografía y tipos de clima del territorio mexicano (Flores y Gerez, 1994). Las investigaciones con esta de fauna son muy importantes en el aspecto ecológico, y en la actualidad se han desarrollado parámetros que permiten utilizar a estas especies como indicadores del estado de un sistema ecológico (Moreno, 2001).

La importancia de estos animales no sólo radica en aspectos biológicos y ecológicos, existe también un interés médico ya que el veneno de algunas serpientes es

utilizado para la elaboración de medicamentos y sueros antiofídicos (Tay, 2002). Otro aspecto importante de estos animales es que han formado parte de la cultura mexicana desde tiempos prehispánicos e incluso, forman parte de los símbolos patrios nacionales.

A pesar del valor científico, ecológico y cultural de los ofidios existe un enorme vacío en el conocimiento sobre estos animales, así como un desinterés por estudiar la ecología de reptiles en los caminos y carreteras, que son lugares donde existe una gran mortalidad incidental e inducida. La realidad actual demanda estudios detallados sobre la biología, ecología y conservación de las distintas especies silvestres de serpientes y otros reptiles, ya que sus poblaciones están siendo afectadas de manera considerable, y la pérdida de la diversidad biológica es señalada como una de las grandes tragedias ecológicas de nuestra época.

II. ANTECEDENTES

II.1. Fundamentos básicos en el estudio de la ecología de caminos.

La última mitad del siglo XX fue testigo de un aumento en el número de carreteras en diversas regiones del mundo, esto con el fin de obtener nuevas rutas para arribar más rápido a los distintos destinos (Mazerolle, 2004). Por lo anterior, existen regiones de alto valor ecológico que ahora se han vuelto más accesibles y susceptibles a la presión antropogénica; por ejemplo, Forman (2002) estimó que las carreteras ejercen un efecto ecológico directo de más del 20% de la superficie terrestre de los Estados Unidos de América. Esta problemática representa una amenaza creciente para las poblaciones de animales, así que la planificación, conservación, dirección, diseño, uso y políticas de las carreteras son grandes desafíos para la ciencia y la sociedad. (Forman y Alexander, 1998; Trombular y Frissell, 2000; Hourdequin, 2000).

En Australia y los Países Bajos se estima que la densidad del tráfico varía de entre 10,000 a 50,000 vehículos al día en las áreas aledañas a las grandes ciudades (Reijnen, 1995). Se sabe que Australia cuenta con alrededor de 9, 000, 000 kilómetros de caminos para 18 millones de personas (Lamont y Blyth, 1995), mientras que en los Estados Unidos 6.2 millones de kilómetros de caminos públicos son usados por 200 millones de vehículos (National Research Council, 1997). Uno de los problemas más graves es que alrededor del 10% de estas carreteras se encuentran en parques y bosques nacionales lo que hace que estas vías de transporte sean zonas de peligro para la fauna (Forman y Alexander, 1998).

II.1.1. Vegetación y patrones de movimiento de los animales en caminos y carreteras.

Un aspecto poco estudiado de la ecología de caminos son los bordes de la carretera, donde por lo general domina la vegetación del tipo herbácea. Estas plantas crecen rápido con ayuda de la luz y son zonas de gran interés en el aspecto ecológico. La importancia de la vegetación de borde es que atrae o repele animales, sirve para refugio de distintos tipos de vida silvestre, reduce la erosión del suelo y el deslumbramiento vehicular, controla la acumulación de nieve y brinda al paisaje un aspecto estético (Rice y Lewis, 1991).

Los efectos que se producen debido al transporte de sedimentos y escurrimiento de agua en los bordes de los caminos son muy notorios (Figura 1). El volumen y producción de sedimento en las carreteras dependerá de factores como: geometría del camino, pendiente, longitud, superficie, ancho, mantenimiento, propiedades del suelo y cobertura vegetal (Anderson y Simons, 1983). El polvo acumulado por el viento y tránsito puede dañar la vegetación y cambiar el pH. En zonas áridas este fenómeno es muy común y afecta patrones de movimiento de animales grandes y depredadores (Forman y Alexander, 1998).

En muchas ocasiones el buen manejo y cuidado de los bordes crea ambientes adecuados para el desarrollo de la vida silvestre nativa. Por ejemplo, numerosas semillas son acarreadas y depositadas alrededor del camino por los vehículos y si las condiciones atmosféricas son apropiadas, estas semillas originan vegetación o sirven de alimento para la fauna (Lonsdale y Lane, 1994).

En lo que refiere a patrones de movimiento animal, se sabe que éstos animales cruzan los caminos y áreas pavimentadas de manera natural, pero rara vez utilizan la carretera para desplazarse en forma paralela sobre ella (Forman, 1995). Este

comportamiento por lo general lo presentan los depredadores; quienes al alimentarse de carroña, se mueven a lo largo de caminos en busca de animales muertos principalmente anfibios, reptiles y pequeños mamíferos (Forman y Alexander, 1998). El movimiento animal presenta “picos de actividad” durante las primeras horas del día y al caer la noche; siendo más abundante al anochecer. Este comportamiento es un punto clave al momento de realizar análisis estadísticos sobre los efectos reales que tiene el tráfico vehicular en los animales.

Por otro lado, el tránsito de vehículos presenta un comportamiento parecido al de las poblaciones silvestres, siendo mayor durante la noche. No obstante, la cantidad de vehículos diurnos y nocturnos ocasionan efectos negativos, los cuales se ven reflejados en las distintas especies que cruzan o se desplazan para alimentarse y/o buscar pareja en la época de reproducción (Forman y Alexander, 1998).

II. 1.2. Efectos de los caminos y el tránsito vehicular en las poblaciones silvestres.

La investigación sobre la ecología de los caminos enfocada en la conservación es completamente nueva. Existen pocos estudios de mortalidad de animales atropellados (Novelli *et al.*, 1988; Vieira, 1996; Fischer, 1997; Prada, 2004; Pereira *et al.*, 2006; Cheren *et al.*, 2006). En nuestro conocimiento, ningún estudio ha medido directamente el impacto de las carreteras en las poblaciones de fauna. Sin embargo, se pueden hacer aproximaciones de los daños ocasionados (Mazerrolle, 2004).

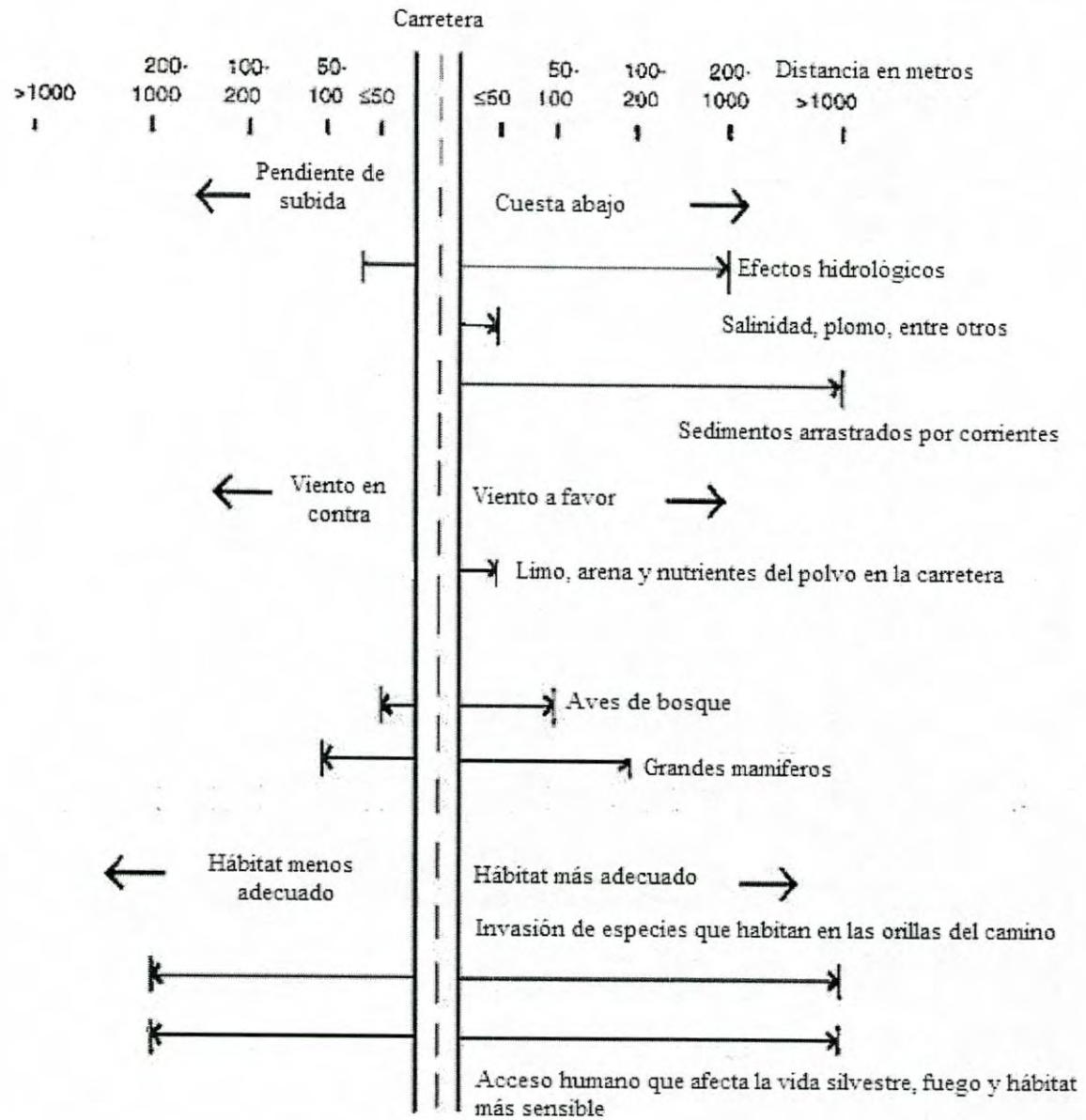


Figura 1. Efectos de las carreteras en relación a la pendiente del terreno (modificado de Forman y Alexander 1998).

Todos los caminos cumplen un papel como “filtros o barreras” para los animales, incluso muchos vertebrados reducen su tendencia a cruzar por los caminos debido a la densidad del tráfico como principal factor, dejando en segundo término el disturbio físico que representa el concreto o material con el que se construyen los caminos (Mader, 1984). Además de los atropellamientos, las carreteras tienen otros efectos negativos en el ecosistema, como lo son los disturbios visuales, contaminación, ruido y posibles daños genéticos en las pequeñas poblaciones de animales debido a que las carreteras actúan como barreras poblacionales (Parris *et al.*, 2009; Parris y Schneider, 2008).

Los trabajos en ecología de caminos se basan en estimaciones y promedios de las muertes diarias en zonas que tienen características físicas similares. Muchas de las especies de animales que son atropelladas no sufren “problemas graves” que afecten de manera decisiva su población (Fahrig y Rytwinski, 2009). Sin embargo, hay algunas especies que se encuentran gravemente amenazadas por este fenómeno. Por ejemplo, en Estados Unidos las poblaciones de *Puma concolor* (león de montaña), se reducen un 10% cada año debido al tránsito vehicular en las carreteras (Forman y Alexander, 1998). Del mismo modo, las poblaciones de *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca), se reducen cerca del 16% al año debido al mismo problema en dicho país (Forman y Alexander, 1998).

Los principales afectados por muerte en carretera son los mamíferos, aves, anfibios y reptiles (Oxley *et al.*, 1974; Dalrymple, 1992; Fahring *et al.*, 1995; Forman, 2003 y Erritzoe *et al.*, 2003). Además de la gran cantidad de vertebrados muertos, los artrópodos presentan números prodigiosos de muertes en carreteras, siendo el grupo de los arácnidos uno de los más afectados (McKenna *et al.*, 2001). El principal problema al que nos vemos expuestos como sociedad es que las muertes ocasionadas en los caminos podrían exceder

de las tasas de mortalidad natural y afectar la densidad y estructura poblacional así como la proporción sexual en las poblaciones silvestres (Fahrig *et al.*, 1995; Huijser y Bergers, 2000) y muchas de estas son provocadas.

En la década de los noventa, la muerte de animales debido al choque con vehículos en carreteras llegó a ser la causa principal de mortalidad sobre los vertebrados terrestres (Forman y Alexander, 1998). En la actualidad, este fenómeno sigue siendo una de las causas principales de pérdida de la biodiversidad sólo por debajo de la destrucción y fragmentación de hábitat (Forman y Alexander, 1998). En Estados Unidos mueren más de un millón de vertebrados al día en las carreteras; siendo los más afectados el grupo de anfibios y reptiles los cuales son asesinados de manera consciente en un gran número de ocasiones (Harris *et al.*, 1996; Ashley, 1996). Las estimaciones de muertes en carreteras (fauna como víctima) están basadas en mediciones de tramos cortos de distintos caminos y arrojan datos muy relevantes que nos dicen que anualmente mueren cerca de 159,000 mamíferos y 653,000 aves en los Países Bajos, mientras que en Australia, se estima que mueren al año 5,000,000 de anfibios y reptiles (Bennett, 1991).

En lo que respecta al grupo de la herpetofauna, se tienen pocos estudios, pero se sabe que es uno de los grupos de vertebrados más afectados por el tránsito vehicular en carreteras y caminos (Ashley y Robinson, 1996; Haxton, 2000; Trombulak y Frissell, 2000; Hels y Buchwald, 2001). Estudios realizados demostraron que en humedales o regiones con cuerpos de agua cercanos mueren alrededor de 625 serpientes por kilometro de carretera al año (Ashley y Robinson, 1993; Harris y Scheck, 1991). Estas poblaciones son afectadas por el ancho de las carreteras y los niveles de tráfico vehicular, aun así, es importante destacar que los anfibios y reptiles tienden a ser susceptibles a los caminos que tienen un tráfico

moderado y sobre todo a lugares donde hay presencia cercana de cuerpos de agua (Fahrig *et al.*, 1995).

Los principales problemas que se relacionan con la ecología de caminos representan oportunidades de investigación relacionadas con la teoría, el uso y la aplicación que se tiene sobre este tema. El ancho de los caminos, la intensidad de su uso y el exceso de velocidad al conducir son de los factores más importantes que afectan a las poblaciones de animales en general y en especial a las serpientes. El estudio de la ecología de poblaciones de caminos tiene de manera general 5 puntos donde es necesario realizar una pronta investigación y son: 1) Los bordes y área de las carreteras construidas, 2) El efecto que tienen los vehículos en la fauna silvestre, 3) Factores como el daño y uso en el agua, sedimentos, sustancias químicas y contaminación ocasionada por la construcción de nuevas carreteras, 4) La red de carreteras y las políticas de transporte y 5) La planificación de futuras vías de acceso. El uso, la planificación, conservación, diseño y políticas de las carreteras y caminos son un gran desafío para la ciencia y la sociedad en la conservación de especies animales (Forman *et al.*, 1997).

II. 2. Principales estudios de los reptiles en Sonora.

El estado de Sonora se ubica en el noroeste de México y tiene una extensión territorial de 184, 934 km² (Felger *et al.*, 2001). Una buena parte de su superficie está cubierta por matorrales desérticos, razón por la cual se le considera como una región árida. Sin embargo, el sur del estado sustenta selvas caducifolias y la Sierra Madre Occidental

posee bosques de pino-encino (Molina y Van Devender, 2009). También se sabe que muchas de las especies de plantas perennes y animales del ahora desierto sonorense, tienen ancestros que provienen de los matorrales tropicales del sur (Dimmitt, 2000). El conjunto de estas características hacen que el estado de Sonora posea una diversidad ecosistémica considerable.

A pesar de ser una región con una diversidad de ecosistemas muy amplia, en Sonora, hay pocos estudios sobre la herpetofauna. Los principales trabajos están reducidos a listas taxonómicas y ecología de las especies más representativas, sin embargo no existen guías de campo completas acerca de la distribución y situación de todas las especies de anfibios y reptiles de Sonora (Rorabaugh, 2008). Como consecuencia de esto, el conocimiento de la situación actual de los anfibios y reptiles de Sonora es incompleto (Enderson *et al.*, 2009).

La herpetofauna de Sonora, refleja el contraste de diversos aspectos físicos, climáticos y bióticos del estado. Bogert y Oliver (1945) describieron 95 especies de reptiles para Sonora. Este trabajo, inspiró a diversos herpetólogos a que se iniciaran una serie de investigaciones, que a través de los últimos años han llegado a conformar las listas actuales de especies de anfibios y reptiles para Sonora. En la actualidad, existen 152 especies de reptiles en Sonora (Enderson *et al.*, 2009), de las cuales 57 se encuentran bajo alguna categoría de protección en la NOM-ECOL-059 de la SERMARNAT (2002).

En lo que respecta al grupo de las serpientes, Sonora cuenta con 72 especies distribuidas en seis familias: Boidae (boas) con 2 especies, Colubridae (culebras) con 52 especies, Hydrophiidae (serpientes marinas) con 1 especie, Elapidae (coralillos) con 2 especies, Leptotyphlopidae (culebras ciegas) con dos especies y Viperidae (víboras) con 13

especies, destacando en esta última el género *Crotalus*, con 12 especies de serpientes de cascabel en el estado (Enderson *et al.*, 2009).

De las 72 especies de serpientes que habitan en Sonora, 31 se encuentran bajo alguna categoría de la NOM-ECOL-059 SERMARNAT. Es importante realizar estudios sobre la ecología y estado actual de las poblaciones de serpientes principalmente las que están bajo alguna forma de protección según las autoridades mexicanas.

II. 2.1. Estrategias para la conservación de los reptiles sonorenses.

Las principales causas que afectan las poblaciones de reptiles en Sonora son la pérdida del hábitat debido a la conversión del matorral desértico a matorral espinoso y del bosque tropical caducifolio a pastizal de zacate buffel (*Pennisetum ciliare*). De esta manera, las praderas de pastos invasores se han extendido en Sonora y el hábitat de muchos reptiles se ha perdido (Búrquez-Montijo y Martínez-Yrizar, 2007). Otros factores que contribuyen al declive de las poblaciones de reptiles silvestres son la agricultura, introducción de especies, tala inmoderada, construcción de rutas de transporte y posiblemente el comercio ilegal (Enderson *et al.*, 2009).

Debido a la mala reputación que poseen estos animales en el estado, muchas veces son atropellados de manera consciente cada vez que se les encuentra en los caminos. La educación podría ser una solución para evitar este tipo de masacres, debido a que las serpientes consumen roedores que causan daños al alimento humano y transmiten enfermedades. Además, la mayoría de las serpientes en Sonora no son peligrosas para la

salud. De las 72 especies de serpientes que habitan el territorio sonorense sólo 16 pueden causar daños por envenenamiento. Dichas serpientes se conforman por 12 especies de víbora de cascabel, 1 víbora, 2 Elápidos (coralillos) y la serpiente marina *Pelamis platurus* (Enderson *et al.*, 2009). Por lo tanto, es fundamental crear programas de manejo y educación para los habitantes del estado, donde el principal objetivo esté enfocado en la conservación de nuestras especies.

II. 3. La red vial del estado de Sonora.

Las comunicaciones en la región rural de Sonora habían sido tradicionalmente a través de las cuencas de los ríos. Durante el tiempo de lluvias, las comunidades quedaban aisladas y era imposible comunicarse por periodos de tiempo muy grandes. Posteriormente se hicieron grandes obras que comunicaron algunas regiones por medio de carreteras; como es el caso de la ruta del Río Sonora y las carreteras de la sierra hasta Agua Prieta por Moctezuma-Nacozari, o a las carreteras Hermosillo-Yécora y Hermosillo-Sahuaripa en donde las actividades ganaderas y mineras fueron las beneficiadas de ese entonces (Yescas, 2006).

Sonora cuenta con 4,173.27 km de carretera pavimentados distribuidos en 8 residencias principales (Tabla 1). Los municipios de Hermosillo y Cajeme, son los que cuenta con mayor kilometraje de carretera. Dentro de los territorios del municipio de Hermosillo existen 28 caminos en los cuales se distribuyen 880.48 km de carretera pavimentada y 334.2 km de camino sin pavimento.

Para el estado no existen estudios sobre la mortalidad de serpientes ni de ningún otro vertebrado en las carreteras, lo cual hace todavía más importante realizar investigación sobre el tema y plantear propuestas para solucionar el problema.

Tabla I: Kilometraje de carreteras pavimentadas que existen dentro del estado de Sonora, tomado de la Junta de Caminos del Estado de Sonora 2009.

Municipio	Longitud pavimentada (km)
San Luís Río Colorado	244.13
Caborca	536.04
Magdalena	364.97
Moctezuma	330.87
Hermosillo	823.83
Mazatan	399.70
Cajeme	880.25
Navojoa	593.48
Total	4,173.27

III. OBJETIVO

Estimar la mortalidad de las especies de serpientes de una carretera del norte de la ciudad de Hermosillo, Sonora.

III.1. Objetivos particulares

Determinar las especies de serpientes vivas y muertas en la carretera de estudio.

Determinar la abundancia relativa por sexo, familia y especie de las especies de serpientes encontradas vivas y muertas.

Relacionar la abundancia relativa de serpientes vivas y muertas con las variables ambientales de temperatura, humedad relativa y lluvia.

IV. HIPÓTESIS

Las carreteras al norte de la ciudad de Hermosillo se encuentran en un área donde no existe gran cantidad de viviendas ni mucho tráfico vehicular. Lo anterior, en conjunto con las variables fisiográficas y biológicas del área, favorece la presencia de una diversidad importante de serpientes. Esta diversidad, además de su abundancia podría estar gravemente amenazada debido al impacto que ejerce el tráfico vehicular sobre la sobrevivencia de la herpetofauna. Por lo tanto, se espera que el efecto del tráfico vehicular sobre las serpientes, provoque altas tasas de mortalidad manteniendo en riesgo a estas poblaciones.

V. METODOLOGÍA

V.1. Descripción del área de estudio.

Se seleccionó la carretera Hermosillo-Mina Pilares (29° 12' 20" N y 111° 00' 09" O) (29° 22' 12" N y 111° 23' 16" O), ubicada al norte de la ciudad de Hermosillo, así como un camino vecinal que va del entronque de la Mina Pilares al rancho turístico La Esperanza (29° 25' 44" N y 111° 25' 43" O) (Figura 2). Las características que se tomaron en cuenta para la elección de la zona de estudio fueron: la facilidad de acceso; el tránsito vehicular moderado (con un promedio de 10 vehículos por noche, según observaciones personales) y la baja densidad de viviendas y de asentamientos humanos. La carretera de Mina Pilares tiene un ancho de 778 cm y se encuentra en buenas condiciones, mientras que el camino vecinal al rancho La Esperanza mide 520 cm de ancho y se encuentra sin pavimentar pero en buenas condiciones, ya que el terreno es aplanado constantemente. El recorrido de los dos caminos en ambos sentidos fue 105 km.

Según COTECOCA (2002), en el área de estudio existen dos tipos de vegetación: Matorral Arbosufrutescente y Matorral Mediano Parvifolio (Figura 3). En este tipo de vegetación, dominan los arbustos macollos de *Pennisetum ciliare* (zacate buffel) y plantas arbustivas con ramificaciones abundantes como *Encelia farinosa* (rama blanca), *Larrea tridentata* (gobernadora) además de especies arbóreas como *Cercidium microphyllum* (palo verde), *Prosopis juliflora* (mezquite), y algunas cactáceas como *Mammillaria microcarpa* (viejito) y *Opuntia* spp (choyas).

El área de estudio pertenece desde el punto de vista fisiográfico a la región del Desierto Sonorense. Hermosillo se encuentra dentro de la subprovincia denominada Sierras y Llanuras Sonorenses la cual comprende un área de 81,661.4 km² y se caracteriza por estar formada de sierras bajas separadas por llanuras (INEGI, 2009). Dichas sierras tienen una elevación cercana a los 700 msnm y un promedio que va de 13 a 24 km de ancho.

Según la clasificación de Köppen, modificada por García (1988), se define para el área de estudio un clima cálido y semicálido. El área que comprende el municipio de Hermosillo y sus alrededores cuenta con lluvias principalmente en verano, entre los meses de julio y agosto (INEGI, 2009). La precipitación anual oscila entre los 400 y 450 milímetros, en tanto que la temperatura máxima promedio es de 38°C con un promedio anual de 22°C y la temperatura mínima promedio es de 5° C.

V.2. Colecta de datos.

Los datos climáticos correspondientes al área de estudio (temperatura promedio, precipitación y humedad relativa de cada mes de muestreo) se obtuvieron del del sistema de información agroclimática del estado de Sonora (AGROSON), donde se utilizó la estación agroclimática La Cuesta, ubicada al norte de la ciudad de Hermosillo.

Se realizaron colectas de serpientes en la carretera Hermosillo-Mina Pilares y el camino vecinal al rancho turístico La Esperanza. Se llevaron a cabo cuatro muestreos por mes (un muestreo por semana) durante el periodo que comprende de junio a septiembre de 2008, para un total de 16 muestreos. Para el año 2009 se realizaron tres muestreos por mes

(un muestreo cada diez días) durante el periodo que comprende de julio a octubre, para un total de 12 muestreos. La diferencia en los periodos de muestreos por año se debió a la imposibilidad de asistir al sitio de colecta durante el año 2009. Los muestreos se hicieron en periodos nocturnos de seis horas (19:00 a 1:00 horas) en la carretera y el camino vecinal, los cuales se recorrieron cada uno en ambos sentidos durante cada muestreo. El recorrido total por muestreo fue de 105 km. Los transectos se recorrieron a una velocidad de 25-30 km/hr utilizando un automóvil y linternas de mano para obtener una mejor visibilidad de los animales durante la noche. Los criterios de velocidad de los recorridos aplicados en este trabajo están basados en la metodología recomendada por Langen *et al.*, (2006), Forman (2003) y Manzanilla y Pérafaur (2000) para el estudio de mortalidad de herpetofauna en los caminos debido al tráfico vehicular.

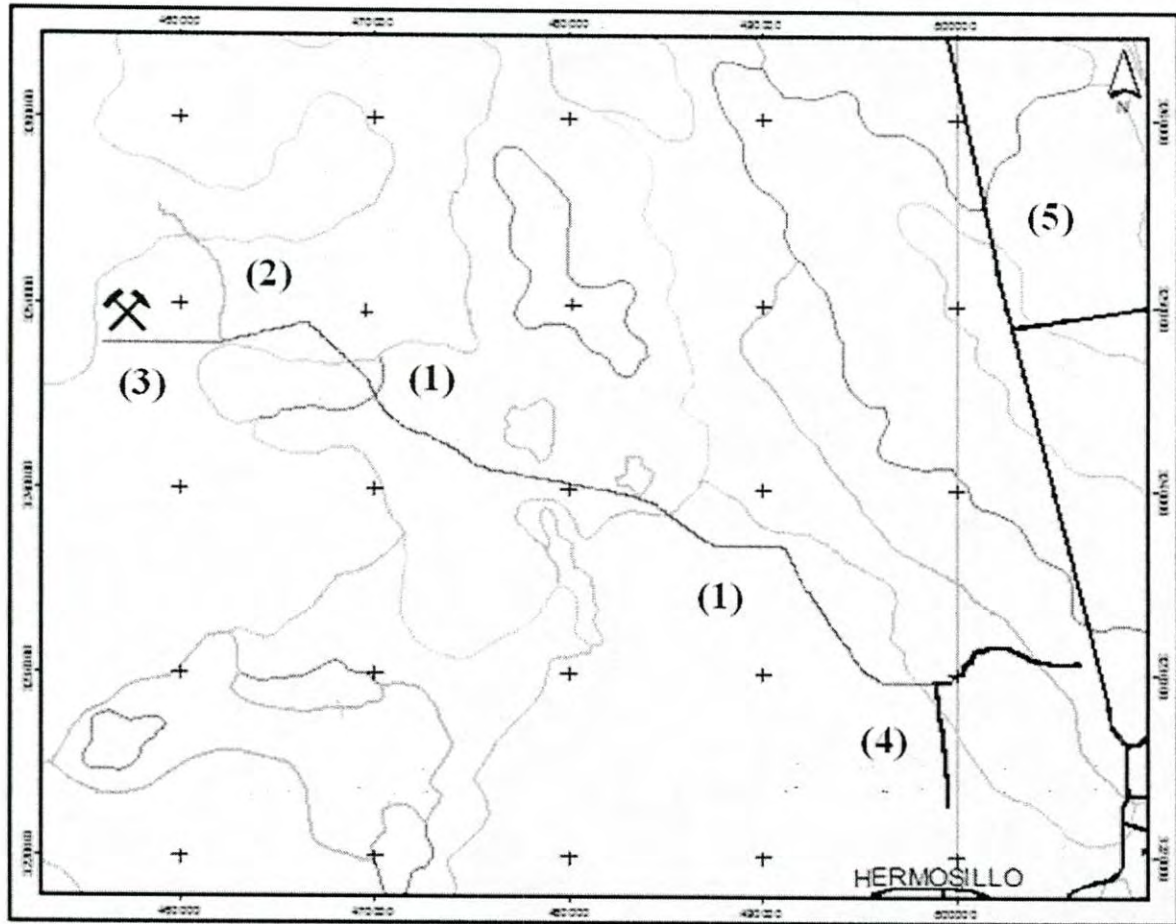


Figura 2. Ubicación del sitio de muestreo donde: 1) Carretera Hermosillo-Mina Pilares, 2) Camino vecinal hacia el rancho La Esperanza, 3) Ubicación espacial de la Mina Pilares, 4) Entronque-libramiento hacia caseta de cobro Hermosillo-Santa Ana. 5) Carretera internacional Hermosillo-Santa Ana.

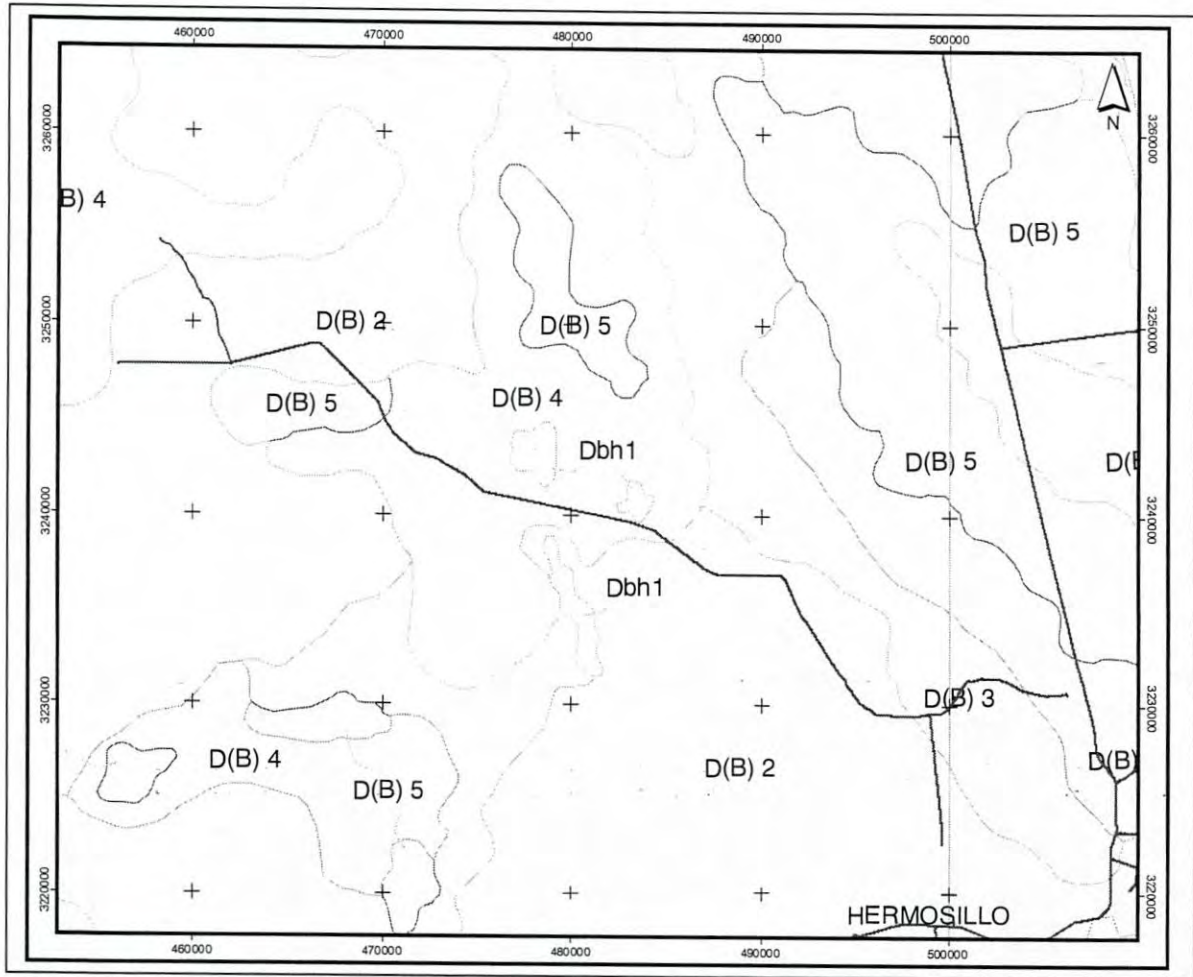


Figura 3: Tipos de vegetación del área de muestreo según COTECOCA, donde: D(B): Matorral Arbosufrutescente, D(B)2: Matorral Arbosufrutescente en planicies, D(B)3: Matorral Arbosufrutescente en lugares planos y lomeríos suaves, D(B)4: Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos, D(B)5: Matorral Arbosufrutescente en lomeríos altos y cerriles escarpados, Dbh: Matorral Mediano Parvifolio, Dbh1: Matorral Mediano Parvifolio en extensas planicies y pequeños arroyos.

Los especímenes observados en el camino fueron clasificados como DOR (por sus siglas en inglés: dead on road, muertos en el camino) y AOR (por sus siglas en inglés: alive on road, vivos en el camino). Las serpientes AOR fueron colectadas con la ayuda de una pinza herpetológica y se depositaron en cajas de plástico para ser transportadas al laboratorio. Las serpientes DOR fueron colectadas con el gancho herpetológico y depositadas en bolsas de plástico con cierre hermético cuidando de no tocar con las manos aquellas que pertenecían a los géneros *Crotalus* y *Micruroides*; ya que con las serpientes venenosas, se corre el riesgo de envenenamiento a causa de una mordedura ocasionada por una reacción muscular de las serpientes después de muertas o una herida causada por los colmillos de estos ofidios. Del mismo modo que las serpientes AOR, los especímenes DOR fueron transportados al laboratorio para su posterior análisis.

Durante la colecta se registraron las observaciones generales de cada animal, presencia de parásitos, depredadores o carroñeros sobre las serpientes DOR, comportamiento y posición sobre el camino de las serpientes AOR y tipo de vegetación y relieve donde fueron encontradas cada una de los ejemplares.

V.3. Trabajo de laboratorio.

Los especímenes colectados (DOR y AOR) fueron identificados, pesados, medidos y sexados. La identificación taxonómica de las especies se basó en el trabajo de Stebbins 2004, actualizando los nombres científicos y comunes según las listas taxonómicas publicadas por Liner y Casas-Andreu (2008) y Crother (2008).

El peso de los ejemplares vivos y muertos se obtuvo con la ayuda de una balanza digital. Las mediciones a las serpientes se hicieron con una cinta métrica y un vernier con de precisión de 0.1 cm y fueron: Longitud hocico-cloaca (LHC), longitud de la cola (LC) y ancho del cuerpo (AC) (Figura 4). La identificación del sexo de las serpientes AOR se llevó a cabo de forma manual revisando la cloaca de cada espécimen de manera cuidadosa para palpar los hemipenes de los ofidios en el caso de los machos. Para las serpientes DOR se identificó el sexo al momento de inyectarles alcohol por debajo de la abertura cloacal con ayuda de una jeringa para fijarlos. En los ejemplares que eran machos, los hemipenes se proyectaron hacia el exterior permitiendo de esta manera reconocer el sexo del animal tal como lo indica Gaviño *et al.* (1982).

Después de realizar las mediciones correspondientes, se procedió al marcado de las serpientes AOR. Para las serpientes de las familias Boidae, Colubridae y Elapidae, fue extirpada una escama de la parte ventral del cuerpo, mientras que para las víboras de cascabel se tiñeron segmentos del cascabel con tinta permanente. Este proceso se realiza para observar los cambios que puedan surgir en determinado animal en caso de encontrarse en muestreos futuros.

Las serpientes DOR que se encontraban en buenas condiciones (de tejido y aspecto) fueron fijadas en alcohol al 96%, se colocó una etiqueta con los datos correspondientes, y fueron depositadas en frascos de vidrio sellados para ser conservadas en el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS). Por último, una vez que se hicieron las mediciones y marcaje correspondientes en las serpientes AOR, se procedió a colocarlas en cajas de plástico especiales y después fueron transportadas y liberadas en el sitio donde se encontraron.

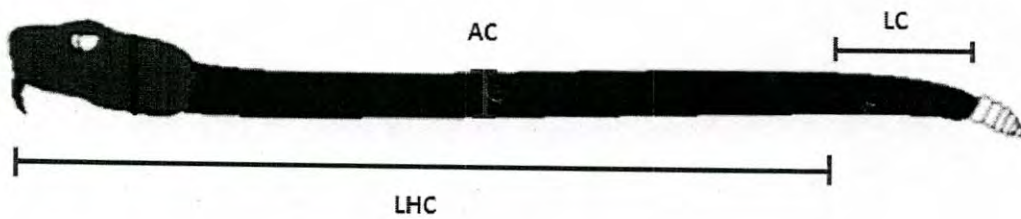


Figura 4: Mediciones realizadas a las serpientes durante la investigación. AC: ancho del cuerpo, LC: longitud de la cola y LHC: longitud hocico cloaca. Nota: Cuando se hacen mediciones en las víboras de cascabel debe omitirse lo largo o ancho del cascabel debido a que en ocasiones los crótalos pierden segmentos de su cascabel a causa de la fricción con el terreno en donde se desplazan o colisiones con rocas y otros objetos como madera o incluso otras serpientes (Klauber, 1982)

V.4. Análisis de datos.

V.4.1. Análisis de mortalidad.

Se calculó la abundancia relativa de serpientes DOR y AOR en los dos años de muestreo siguiendo la fórmula:

$$ARc = N_c / \text{hrs-búsqueda}$$

Donde:

ARc, es la abundancia relativa de serpientes por categoría (DOR o AOR).

N_c , es el número de serpientes por categoría (DOR o AOR) encontradas en total durante los dos años de muestreo.

Hrs-búsqueda, es el esfuerzo de muestreo total (horas de muestreo) durante los dos años de estudio.

Para determinar si la cantidad de serpientes DOR difieren entre mes, se utilizó una prueba Chi-cuadrada ($P < 0.05$, $gl = 4$). La tasa de mortalidad de serpientes mensual durante los dos años de estudio se obtuvo mediante la fórmula:

$$q_x = dx/l_x$$

Donde:

q_x , es la tasa de mortalidad de serpientes mensual.

dx , es la cantidad de ejemplares DOR por mes.

l_x , es la cantidad de ejemplares AOR y DOR por mes.

La abundancia relativa mensual (ARM), para serpientes DOR y AOR, se obtuvo siguiendo la fórmula:

$$ARM_c = N_{nc}/hrs-búsqueda_n$$

Donde:

ARM_c , es la abundancia relativa mensual de serpientes por categoría (DOR o AOR).

N_{nc} , es el número de serpientes por categoría (DOR o AOR) en el n-ésimo mes.

$Hrs-búsqueda_n$, es el esfuerzo de muestreo durante el n-ésimo mes.

Para determinar si la cantidad de serpientes DOR está relacionada con el total de avistamientos y colectas mensuales que se presentaron de serpientes AOR, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson. Los datos se transformaron logarítmicamente previo al análisis.

V.4.2. Abundancia relativa de serpientes (AOR y DOR) por especie.

Se calculó la abundancia relativa de serpientes AOR y DOR por especie siguiendo la fórmula:

$$AR = N_n/\text{hrs-búsqueda}$$

Donde:

AR, es la abundancia relativa de serpientes (AOR y DOR) para cada especie.

N_n , es el número de serpientes (AOR y DOR) para cada especie encontradas por mes.

Hrs-búsqueda, es el esfuerzo de muestreo total durante los dos años de estudio (horas de muestreo).

Se calculó la abundancia relativa mensual de serpientes en total y por año de muestreo. Del mismo modo, se calculó la abundancia relativa mensual (ARM_n) de las serpientes DOR y AOR durante cada año. Después, se construyeron gráficas para comparar las diferencias entre la abundancia relativa total durante el estudio y la abundancia relativa de serpientes DOR y AOR. Para obtener la abundancia relativa mensual se utilizó la siguiente fórmula:

$$ARM_n = N_n/\text{hrs-búsqueda}_n$$

Donde:

ARM_n , es la abundancia relativa de serpientes del n-ésimo mes.

N_n , es el número de serpientes encontradas en el n-ésimo mes

Hrs-búsqueda_n, es el tiempo total de horas de búsqueda durante el n-ésimo mes.

V.4.3 Abundancia relativa mensual y clima.

Utilizando los datos de temperatura promedio, precipitación y humedad relativa registrados en el área de muestreo durante los años 2008 y 2009, se realizó un análisis de correlación de Spearman ($P < 0.01$) entre la ARM con sus valores promedios correspondientes con los meses en que se realizaron los muestreos. Todos los datos se transformaron logarítmicamente (Ávila-Villegas, 2005).

V.4.4 Análisis de aspectos biológicos.

Se realizó una correlación de Spearman ($P < 0.01$) entre la longitud total de las serpientes y el peso, con los datos transformados logarítmicamente para disminuir su varianza.

Se calculó la abundancia relativa por sexo siguiendo las siguiente fórmula:

$$AR_s = n_s / \text{hrs-búsqueda}$$

Donde:

AR_s , es la abundancia relativa por sexo de todas las especies.

n_s , es el número de ejemplares encontrados de determinado sexo en todas las especies.

Hrs-búsqueda, es el esfuerzo de muestreo en total durante el estudio (horas de muestreo).

Se calculó la abundancia relativa por familia siguiendo las siguiente fórmula:

$$AR_f = N_f/\text{hrs-búsqueda}$$

Donde:

AR_f , es la abundancia relativa por familia.

N_f , es el número de ejemplares encontrados de determinada familia.

Hrs-búsqueda, es el esfuerzo de muestreo en total durante el estudio (horas de muestreo).

Se realizó una prueba Chi cuadrada entre la temperatura promedio mensual y la presencia de machos y hembras ($P < 0.05$, $gl = 1$). También, se realizó una prueba Chi cuadrada entre la humedad relativa registrada en el área de estudio y la presencia de machos y hembras ($P < 0.05$, $gl = 1$).

Se realizó una prueba Chi cuadrada para relacionar la presencia y abundancia de machos y hembras de las especies más abundantes; en relación con la alta y baja humedad relativa presentada en los meses de junio-octubre de 2008 y 2009.

Por último, se realizó una prueba Chi cuadrada para conocer si existe una relación entre la temperatura promedio mensual y la presencia de machos y hembras de serpientes (AOR y DOR) ($P < 0.05$, $gl = 1$). También, se realizó una prueba Chi cuadrada entre la humedad relativa registrada en el área de estudio y la presencia de machos y hembras (AOR y DOR) ($P < 0.05$, $gl = 1$). Del mismo modo se realizó una prueba Chi cuadrada entre la lluvia y la presencia de machos y hembras (AOR y DOR) ($P < 0.05$, $gl = 1$).

VI. RESULTADOS

VI.1. Datos climáticos.

VI.1.1. Temperatura.

Durante el periodo muestreado en el año 2008 se registró una temperatura promedio que osciló entre los 24.8 y los 30.7 °C, mientras que en el año 2009 la temperatura fue entre los 24 y los 32.5 °C. En ambos años, el periodo con la temperatura más elevada comprendió de julio a septiembre (Figura 5). En general, ambos años tuvieron un comportamiento similar en la temperatura obtenida.

VI.1.2. Precipitación.

Durante el año 2008 se registraron 205.6 mm de lluvia en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, siendo en los meses de julio y agosto donde se presentó la mayor precipitación. Por otra parte, durante 2009 se registraron 66.5 mm de lluvia durante los meses estudiados, siendo en los meses de junio, julio y agosto donde se presentó la mayor cantidad de lluvia (Figura 6).

VI.1.3. Humedad Relativa.

Durante el año 2008 se registró una humedad relativa que osciló entre 35.9% y 68.6% para los meses que comprenden junio-octubre. Para el año 2009, se registraron valores de humedad relativa entre 46.5% y 60.7% durante los meses de muestreo. En ambos años, el periodo con el mayor porcentaje de humedad relativa comprendió agosto y septiembre (Figura 7).

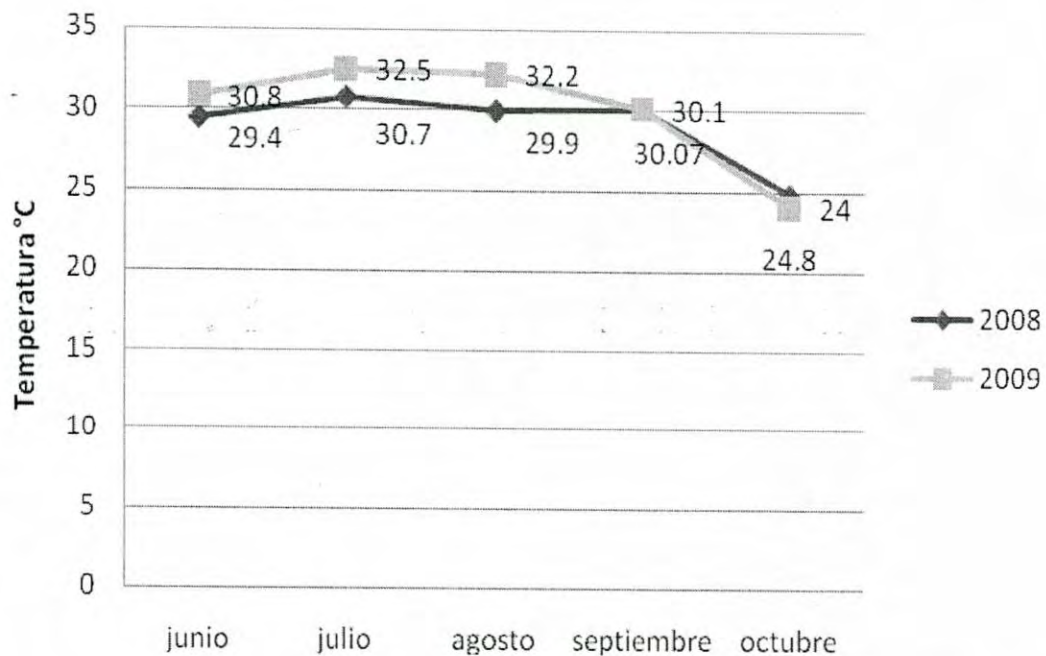


Figura 5. Temperatura promedio mensual registrada durante el periodo de junio a octubre de los años 2008 y 2009 para la parte norte de Hermosillo, Sonora. Información obtenida de la base de datos del sistema de información agroclimática del estado de Sonora.

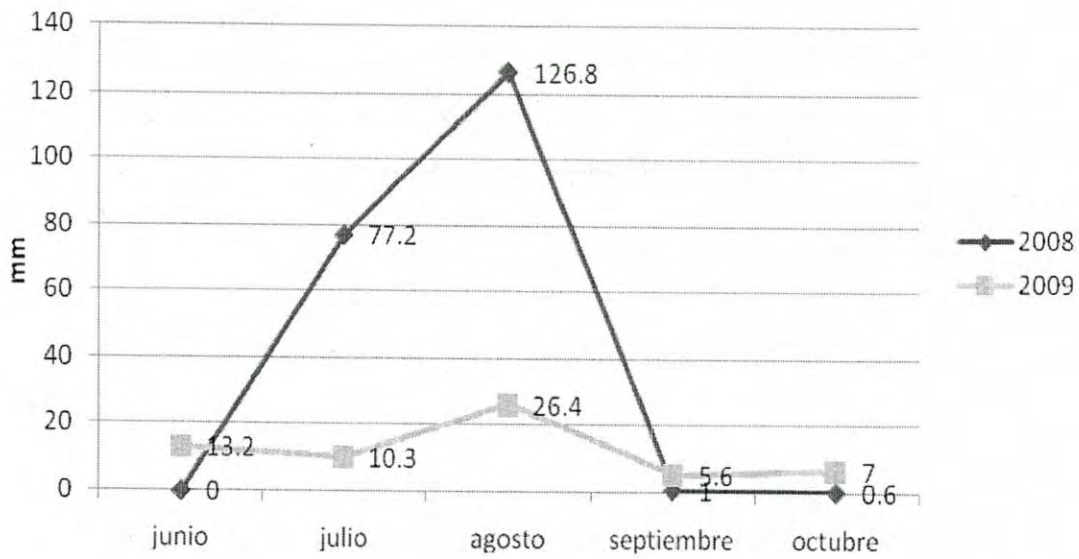


Figura 6. Precipitación registrada durante el periodo de junio a octubre de los años 2008 y 2009 para la parte norte de Hermosillo, Sonora. Información obtenida de la base de datos del sistema de información agroclimática del estado de Sonora.

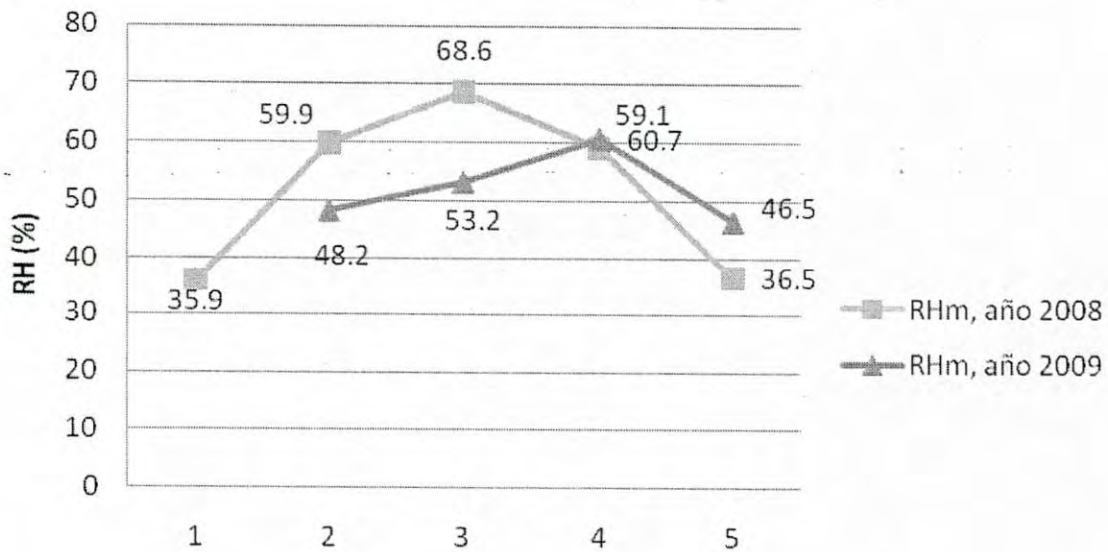


Figura 7. Humedad relativa registrada durante el periodo de junio a octubre de los años 2008 y 2009 para la parte norte de Hermosillo, Sonora. Información obtenida de la base de datos del sistema de información agroclimática del estado de Sonora.

VI.2. Especies encontradas y lugar de colecta.

Se encontraron un total de 117 serpientes tanto DOR como AOR distribuidas en 4 familias, 10 géneros y 15 especies. La distribución de las serpientes por familia en el área de estudio se muestra en la Figura 8.

A pesar de poseer características generales comunes entre las especies de determinada familia, algunas especies se observaron en lugares rocosos o en tipos de suelos particulares. Por ejemplo, en lugares donde la topografía marca elevaciones debido a la presencia de cerros, se presentó la mayor parte de las colectas de *Crotalus tigris* y *C. molossus*; las cuales son especies de hábitos montañosos. Otro ejemplo es la cascabel de cuernitos *C. cerastes* que se distribuyó alrededor de toda la zona de muestreo, sin embargo fue más abundante en regiones donde el suelo era de consistencia arenosa.

Por otra parte, las serpientes de la familia Colubridae no mostraron un patrón de preferencia por algún lugar específico, mientras que los ejemplares de *Boa constrictor* (Boidae) y *Micruroides euryxanthus* (Elapidae) se encontraron cerca del basurero municipal de Hermosillo, localizado al comienzo de la carretera Mina Pilares. De entre todos los ejemplares examinados ya sean DOR o AOR, la familia con mayor número de representantes fue Viperidae, seguida por Colubridae, Boidae y finalmente Elapidae (Tabla II).

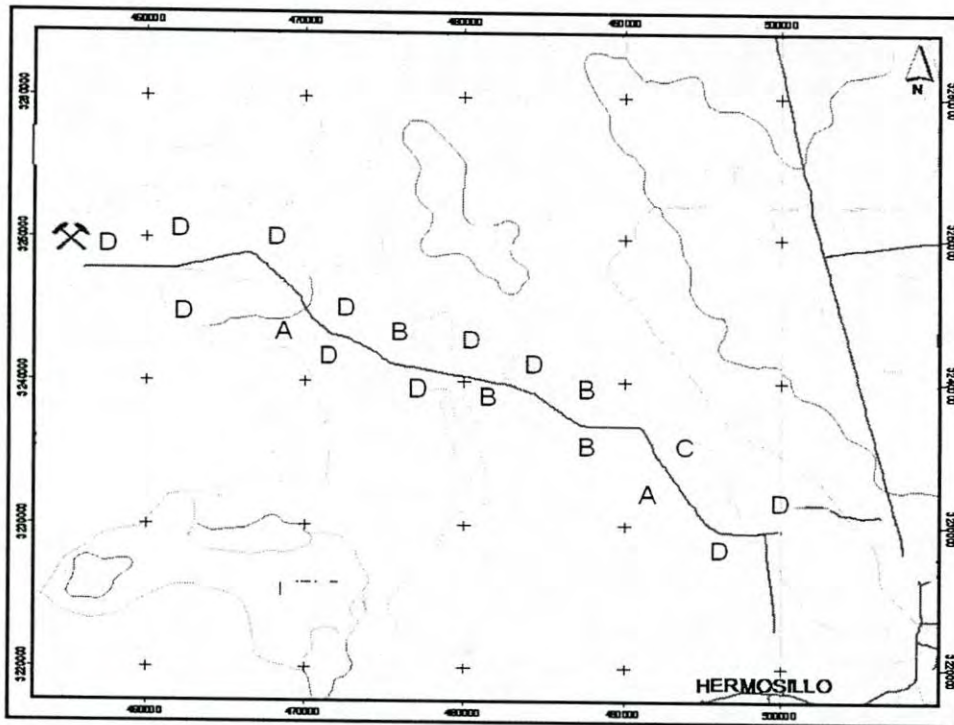


Figura 8: Distribución de familia. A: Boidae, B: Colubridae, C: Elapidae y D: Viperidae.

Tabla II. Familias, especies encontradas y número de ejemplares DOR (muertos en el camino) y AOR (vivos en el camino) examinados en total.

Familia	Especie	Número de ejemplares examinados
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	2
	<i>Lichanura trivirgata</i>	1
Colubridae	<i>Coluber flagellum</i>	5
	<i>Lampropeltis getula</i>	1
	<i>Phyllorhynchus brownie</i>	1
	<i>Phyllorhynchus decurtatus</i>	6
	<i>Pituophis catenifer</i>	9
	<i>Rhinocheilus lecontei</i>	4
	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	1
Elapidae	<i>Thamnophis marcianus</i>	1
	<i>Micruroides euryxanthus</i>	3
Viperidae	<i>Crotalus atrox</i>	33
	<i>Crotalus cerastes</i>	24
	<i>Crotalus molossus</i>	2
	<i>Crotalus tigris</i>	24
Total	15 especies	117 ejemplares

VI.3. Fichas descriptivas de las especies encontradas.

A continuación, se presentan las fichas descriptivas para cada una de las especies estudiadas.

BOIDAE

Ficha descriptiva No. 1

Nombre común: Boa, corua.

Nombre Científico: *Boa constrictor* Linnaeus, 1758.

Características principales: especie relativamente primitiva, con vestigios de la cintura pélvica y de las extremidades posteriores, que son patentes en el macho como evidentes espolones anales. Es una serpiente robusta, muy fuerte y de comportamiento terrestre y arbóreo. Su coloración va desde tonos rojizos, pasando por blanco, rosado, marrón y dorado hasta tonos grisáceos.

Tamaño: alcanza una longitud de 4 metros.

Hábitat: habita desde el norte de México hasta Argentina y vive en desiertos, bosques húmedos, manglares, playas, pastizales y terrenos de cultivo.

Alimentación: lagartijas, aves, y murciélagos.

Reproducción: ovovivípara, alumbran de 20 a 50 crías por camada.

Categoría de riesgo de extinción en México: Amenazada.

Ejemplares examinados: Se encontraron 2 ejemplares un macho y una hembra (Tabla III) distribuidos en el Matorral Arbosufrutescente en planicies (Figura 9).

Tabla III. Mediciones promedio de los ejemplares colectados de *Boa constrictor*.

Sexo	LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
Macho	168.0	15.5	7.0	2, 616.0
Hembra	132.9	12.1	7.0	2, 135.0

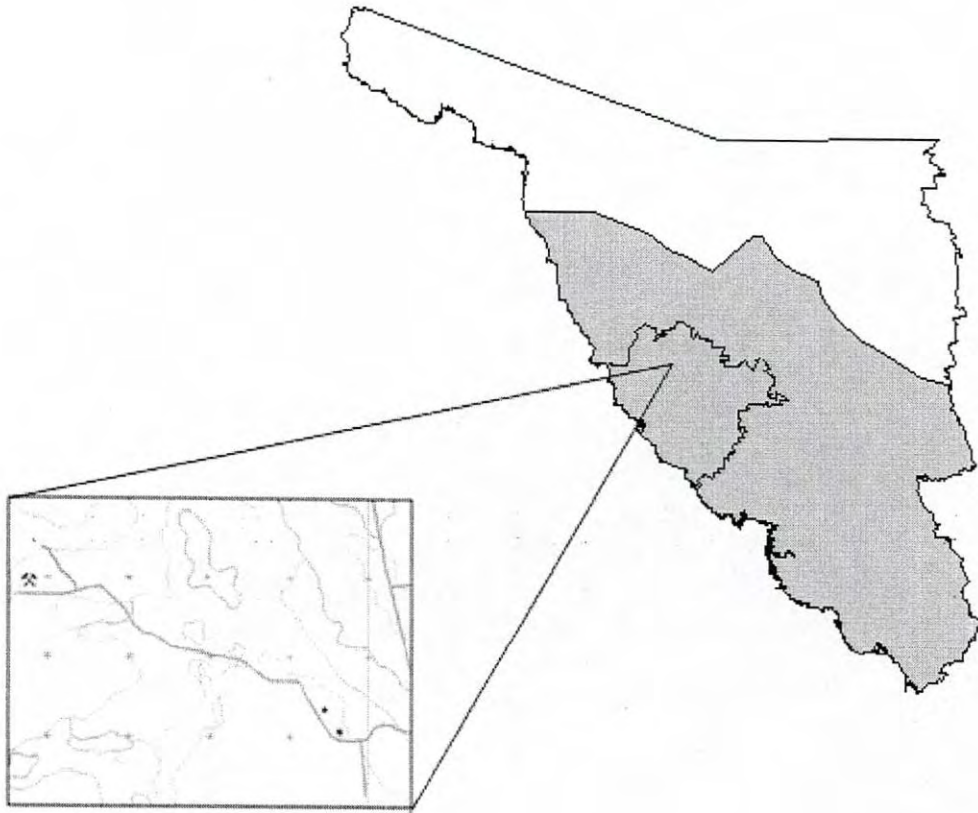


Figura 9. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectaron 2 ejemplares de *Boa constrictor*.

Ficha descriptiva No. 2

Nombre común: Boa del Desierto, Rosy Boa.

Nombre Científico: *Lichanura trivirgata* (Cope, 1861).

Características principales: Serpientes nativas del suroeste de Estados Unidos, Baja California y Sonora. Su aspecto es de una serpiente con cuerpo pesado con escamas brillantes lisas y una cola corta pero afilada. La cabeza es solamente un poco más ancha que el cuello. Los ojos de esta serpiente son pequeños y las pupilas son verticales. Hay tres rayas definidas de color rojo ladrillo, rosas, o rojizas oscuras que corren longitudinalmente sobre el cuerpo. El vientre puede ser de color crema a grisáceo con manchas oscuras y los machos presentan pequeños espolones a cada lado de la cloaca. Son poderosos constrictores y generalmente son de hábitos nocturnos.

Tamaño: alcanza una longitud de 1.12 metros.

Hábitat: habita en el desierto, chaparrales y matorrales.

Alimentación: pequeños mamíferos, aves, reptiles y anfibios.

Reproducción: ovovivípara, tienen de 3 a 6 crías por camada y nacen en los meses de octubre y noviembre.

Categoría de riesgo de extinción en México: Amenazada.

Ejemplares examinados: Se encontró un ejemplar hembra (Tabla IV) en el Matorral Arbosufrutescente en lomeríos altos y arrecifes escarpados (Figura 10).

Tabla IV. Medidas del ejemplar hembra colectado de *Lichanura trivirgata*.

Sexo	LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
Hembra	53.5	9.0	1.9	126.0

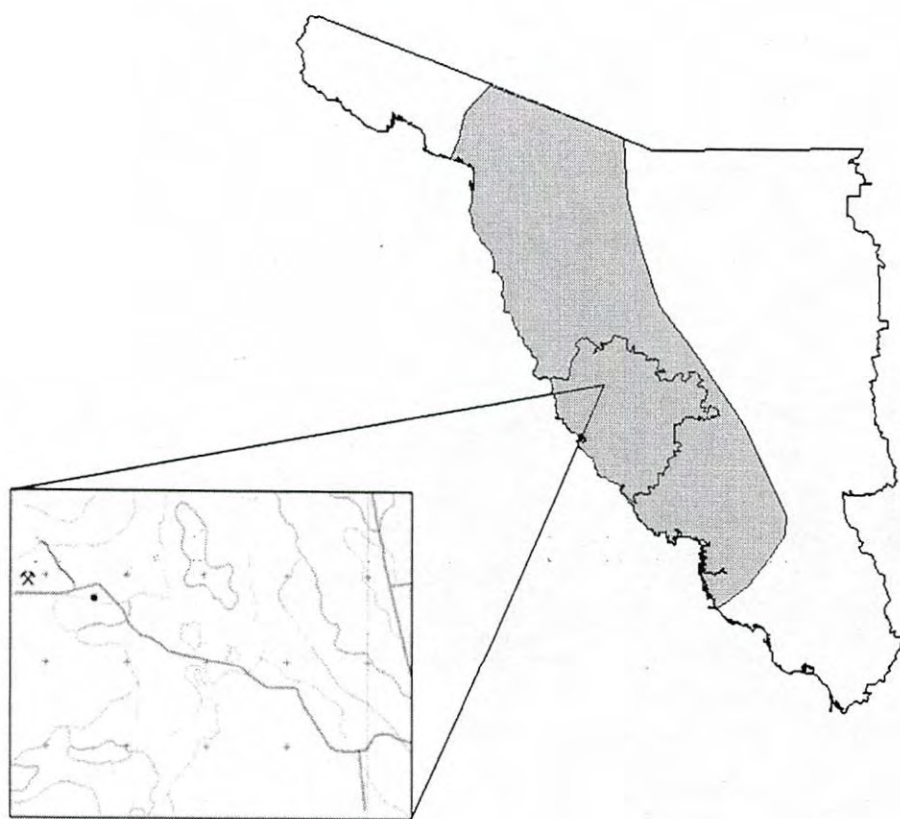


Figura 10. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectó un ejemplar de *Lichanura trivirgata*.

COLUBRIDAE

Ficha descriptiva No. 3

Nombre común: Chirrionera, Chicotera, Alicante, Alicanre, Coachwhip.

Nombre Científico: *Coluber flagellum* Shaw, 1802.

Características principales: serpiente delgada y con una coloración muy variable que va desde tonalidades en rosa, negro, rojo, naranja, café oxidado y oliva. Existen especímenes completamente negros con la superficie ventral en tonos rosa o blanco. Posee ojos grandes, pupilas redondas y escamas lisas.

Tamaño: alcanza una longitud de 2.6 metros.

Hábitat: habita en lugares desérticos y semidesérticos. Es normal encontrarla en las planicies y dunas del desierto y en colinas con pendientes bajas o moderadas.

Alimentación: insectos, sapos, lagartijas, tortugas pequeñas, aves, ratones, murciélagos y otras serpientes.

Reproducción: ovípara, pone alrededor de 24 huevos de los cuales emergen las crías a finales de verano.

Categoría de riesgo de extinción en México: Amenazada.

Ejemplares examinados: Se encontraron 5 ejemplares (Tabla V) en el Matorral Arbosufrutescente en planicies, Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos y Matorral Mediano Parvifolio en extensas planicies y pequeños arroyos (Figura 11).

Tabla V. Mediciones promedio de los ejemplares colectados de *Coluber flagellum*.

LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
124.4	24.3	2.1	254.8

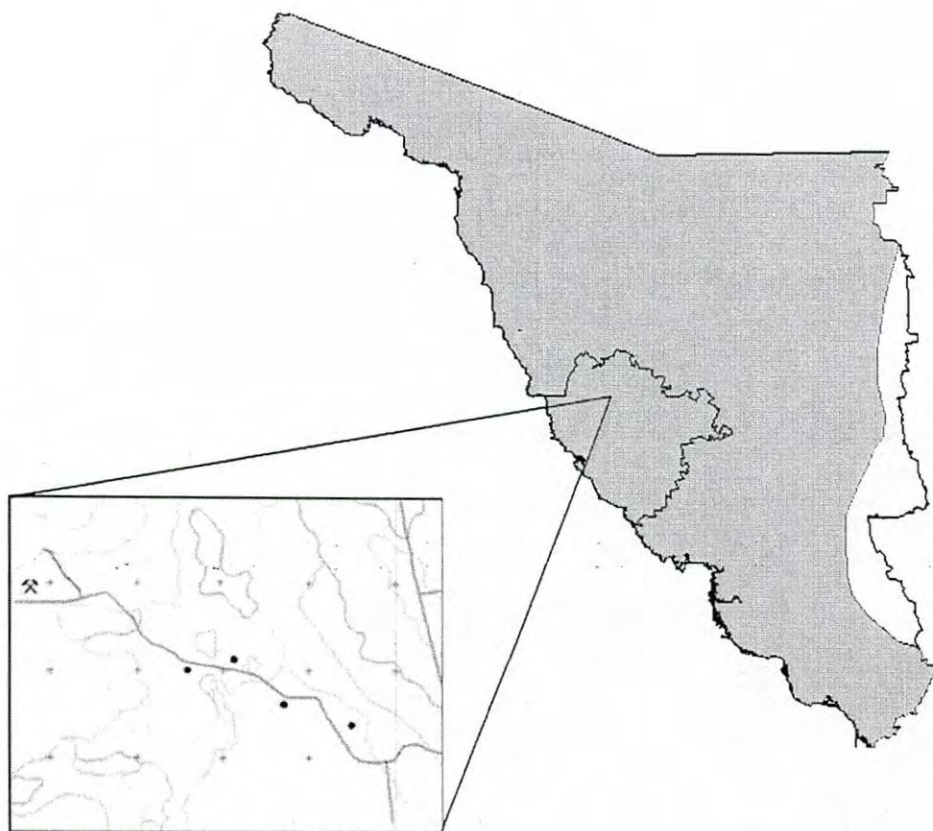


Figura 11. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectaron 5 ejemplares de *Coluber flagellum*.

Ficha descriptiva no. 4

Nombre común: Culebra Real Común, Common Kingsnake.

Nombre Científico: *Lampropeltis getula* (Linnaeus, 1766).

Características principales: Se caracteriza por presentar franjas de colores alrededor del cuerpo, dichas bandas son de diferente patrón dependiendo de la especie. Por lo general incluye franjas blancas y negras aun que también las hay amarillas y marrón. Poseen un comportamiento diurno a un que en épocas de verano extremas se les observa durante la noche.

Tamaño: alcanza una longitud de 2.16 metros.

Hábitat: Habitan los desiertos, pastizales y bosques de conífera. Son serpientes que se caracterizan por vivir en afloramientos rocosos.

Alimentación: lagartijas, aves (incluyendo los huevos) y mamíferos pequeños. También se les caracteriza por comer otras serpientes incluyendo a las víboras de cascabel.

Reproducción: ovípara, ponen alrededor de 12 huevos.

Categoría de riesgo de extinción en México: Amenazada.

Ejemplares examinados: Se encontró un ejemplar hembra (Tabla VI) en el Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos (Figura 12).

Tabla VI. Mediciones del ejemplar hembra colectado de *Lampropeltis getula*.

Sexo	LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
Hembra	42.0	5.4	1.2	28.0

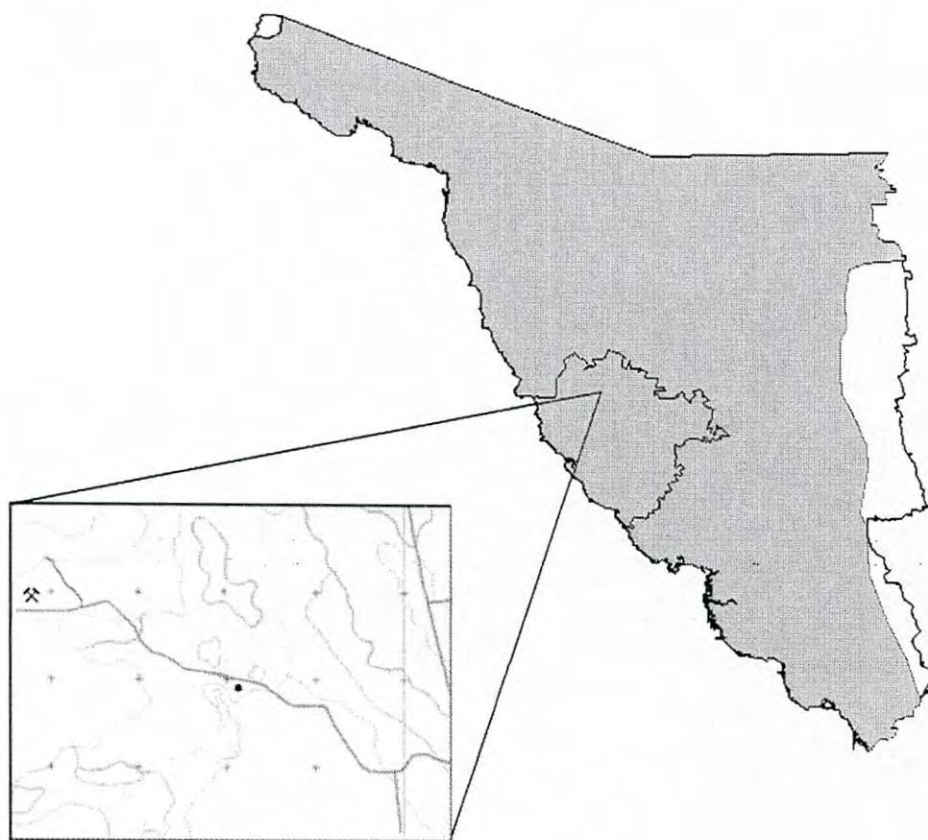


Figura 12. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectó un ejemplar de *Lampropeltis getula*.

Ficha descriptiva No. 5

Nombre común: Culebrita, Saddled Leaf Nosed Snake.

Nombre Científico: *Phyllorhynchus brownie* Stejneger, 1890.

Características principales: Posee una cabeza pequeña y cuenta con alrededor de 17 manchas grandes de color marrón oscuro en la parte dorsal del cuerpo con excepción de la cola. Los colores de su cuerpo varían en tonalidades cremas y rosadas mientras que la parte ventral de la serpiente es blanca. Presenta un comportamiento nocturno y suele ser más activa después de las lluvias de verano.

Tamaño: alcanza una longitud de 0.51 metros.

Hábitat: habita en los suelos arenosos de las zonas desérticas.

Alimentación: lagartijas y sus huevos.

Reproducción: ovíparas, ponen de 2 a 6 huevos en verano.

Categoría de riesgo de extinción en México: Bajo protección especial.

Ejemplares examinados: Se encontró un ejemplar macho (Tabla VII) en el Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos (Figura 13).

Tabla VII. Medidas del ejemplar macho colectado de *Phyllorhynchus brownie*.

Sexo	LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
Macho	21.0	3.5	1.0	19.0

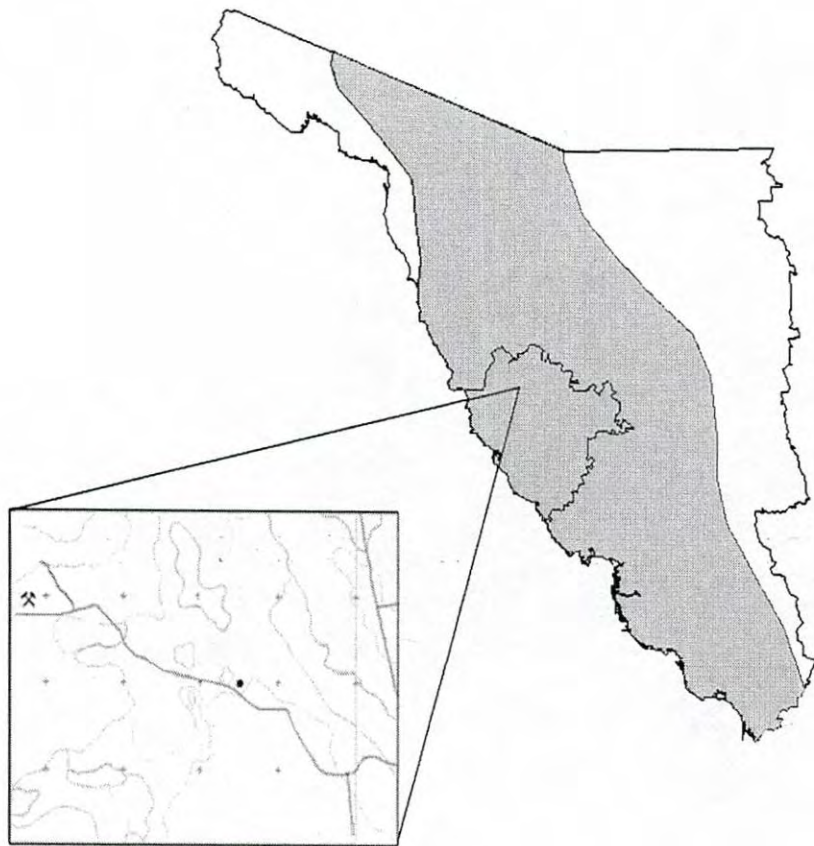


Figura 13. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectó un ejemplar de *Phyllorhynchus brownie*.

Ficha descriptiva No. 6

Nombre común: Culebrita, Spotted Leaf Nosed Snake.

Nombre Científico: *Phyllorhynchus decurtatus* (Cope, 1868).

Características principales: serpiente de comportamiento nocturno que presenta colores pálidos en tonos rosa, marrón y gris. Poseen manchas oscuras desde la parte posterior de la cabeza hasta la cola. La parte ventral del cuerpo es blanca.

Tamaño: alcanza una longitud de 0.51 metros.

Hábitat: es común encontrarla en suelos arenosos o de grava en colinas o bajadas de los desiertos.

Alimentación: pequeñas lagartijas y sus huevos.

Reproducción: ovíparas, ponen de 2 a 6 huevos en los meses de junio y julio.

Categoría de riesgo de extinción en México: ninguna.

Ejemplares examinados: se encontraron 6 ejemplares hembra (Tabla VIII) en el Matorral Arbosufrutescente en planicies, Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos y en el Matorral Mediano Parvifolio en extensas planicies y pequeños arroyos (Figura 14).

Tabla VIII. Mediciones promedio de los ejemplares hembras colectados de *Phyllorhynchus decurtatus*.

Sexo	LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
Hembra	30.5	3.4	0.9	20.2

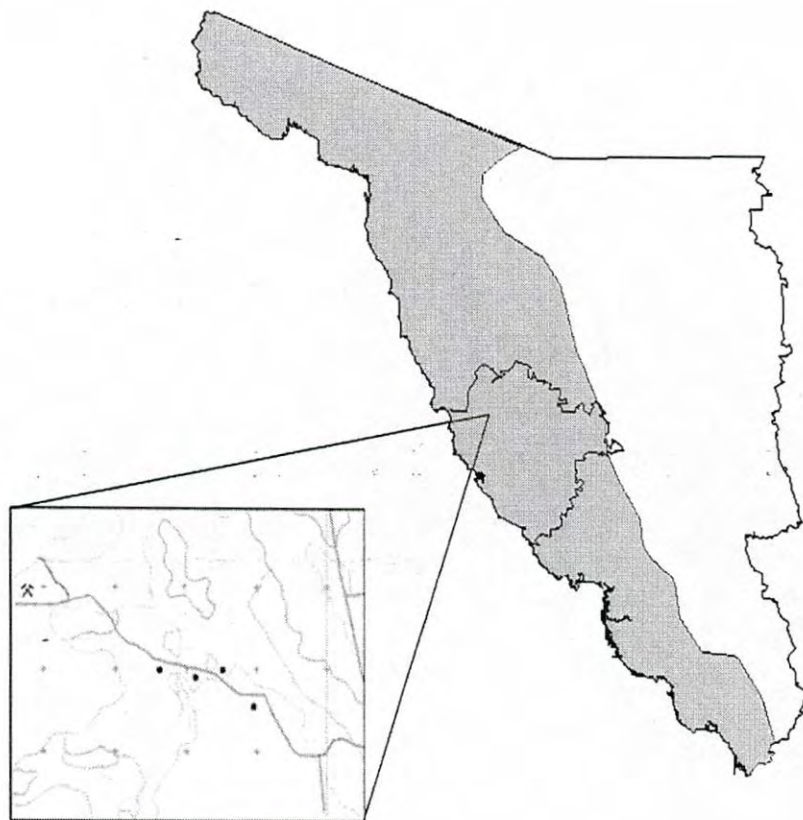


Figura 14. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se 6 colectaron especímenes de *Phyllorhynchus decurtatus*.

Ficha descriptiva No. 7

Nombre común: Cincuate, Víbora sorda, Gopher Snake.

Nombre Científico: *Pituophis catenifer* (Blainville, 1835).

Características principales: serpiente constrictora de cuerpo largo, posee una cabeza estrecha, ligeramente más ancha que su cuello. Una de sus características más particulares es una escama rostral que sobresale en la punta de la boca. Posee manchas negras a lo largo del cuerpo y de colores grises a los lados. La parte posterior del cuello es de color marrón oscuro y la parte inferior presenta tonalidades en crema y amarillo con manchas oscuras. A menudo presenta un color rojizo en la parte superior cerca de la cola.

Es un colúbrido muy común en el desierto de sonora y es muy similar en apariencia a las serpientes de cascabel.

Tamaño: alcanza una longitud de 2.13 metros.

Hábitat: habita en matorrales, bosques, desiertos y montañas.

Alimentación: pequeños mamíferos, aves y en ocasiones de lagartijas e insectos.

Reproducción: ovípara, pone de 2 a 24 huevos entre los meses de junio y agosto.

Categoría de riesgo de extinción en México: ninguna.

Ejemplares examinados: se encontraron 9 ejemplares (Tabla IX) en el Matorral Arbosufrutescente en planicies, Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos y en el Matorral Mediano Parvifolio en extensas planicies y pequeños arroyos (Figura 15).

Tabla IX. Mediciones promedio de los ejemplares colectados de *Pituophis catenifer*.

LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
97.2	12.0	2.4	438.5

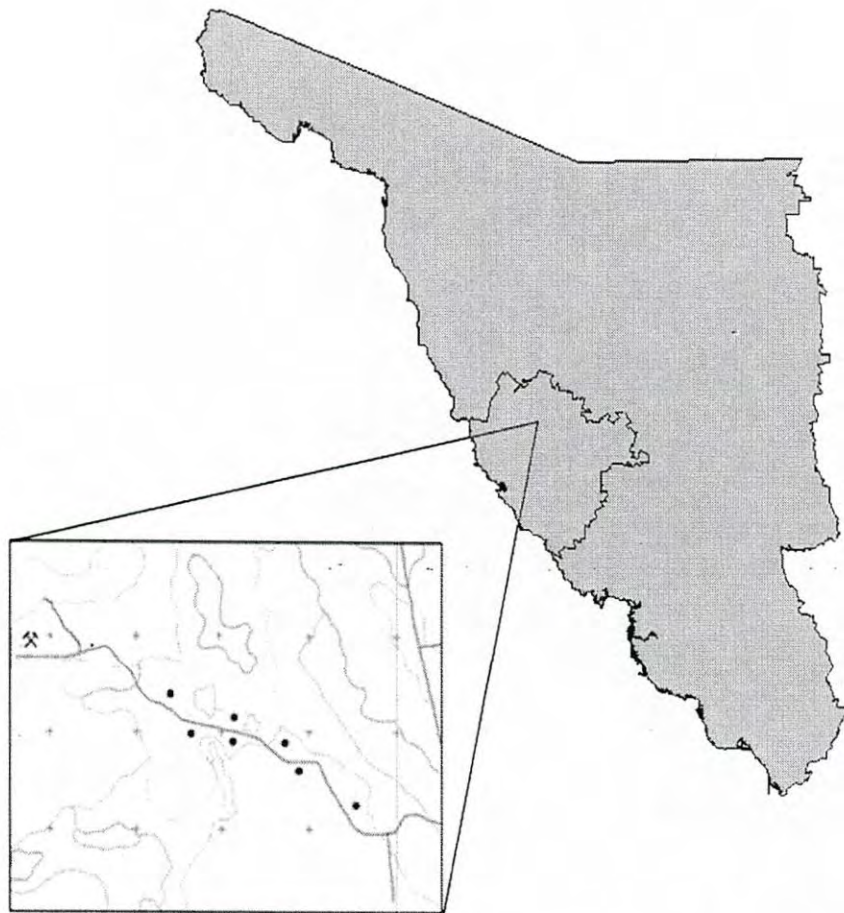


Figura 15. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectaron 9 ejemplares de *Pituophis catenifer*.

Ficha descriptiva No. 8

Nombre común: Falso Coralillo, Long-Nosed Snake.

Nombre Científico: *Rhinocheilus lecontei* Baird y Girard, 1853.

Características principales: serpiente de comportamiento crepuscular y nocturno que posee una cabeza pequeña un poco más ancha que el cuello y un hocico alargado y curvado hacia arriba. Presenta bandas en color negro, blanco y rojo al igual que la serpiente coral, la diferencia entre ambas especies es que las bandas de la falsa coralillo no cubren todo el cuerpo como en la serpiente coral venenosa. La parte ventral de *R. lecontei* es de color claro amarilloso y posee manchas oscuras en los costados.

Tamaño: alcanza una longitud de 1.5 metros.

Hábitat: desiertos, pastizales y zonas rocosas a no más de 1900 msnm.

Alimentación: lagartijas y sus huevos, anfibios, mamíferos pequeños y otras serpientes.

Reproducción: ovípara, pone de 4 a 11 huevos dos veces por año.

Categoría de riesgo de extinción en México: ninguna.

Ejemplares examinados: se encontraron 4 ejemplares (Tabla X) en el Matorral Arbosufrutescente en planicies y Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos (Figura 16).

Tabla X. Mediciones promedio de los ejemplares colectados de *Rinocheilus lecontei*.

LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
64.4	6.2	1.6	110.7

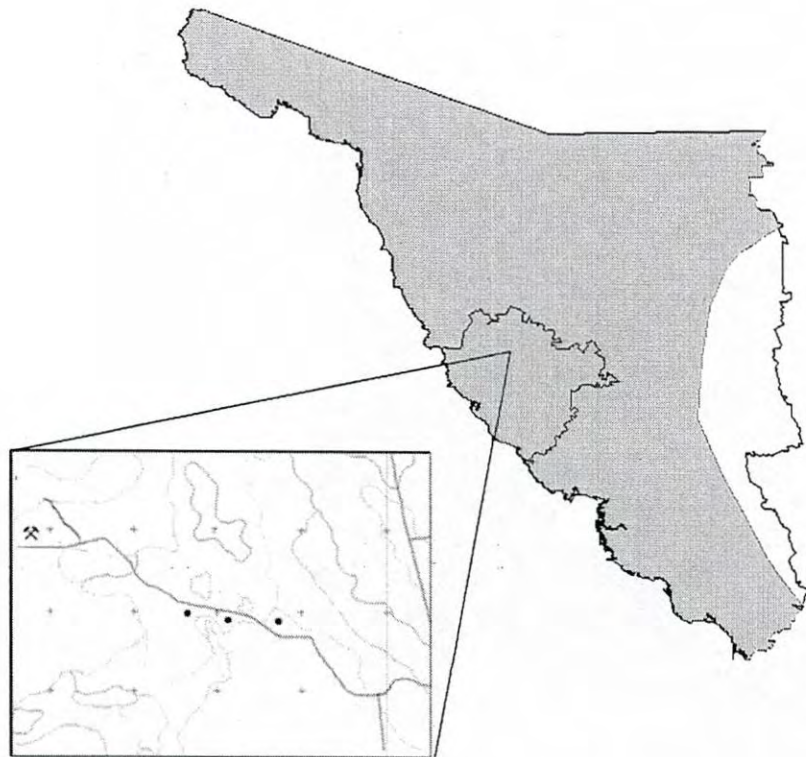


Figura 16. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectaron 4 ejemplares de *Rinocheilus lecontei*.

Ficha descriptiva No. 9

Nombre común: Culebra de Bosque, Back-Necked Garter Snake.

Nombre Científico: *Thamnophis cyrtopsis* Kennicott, 1860.

Características principales: serpiente de tamaño mediano, posee una franja media dorsal de color blanco o amarillo pálido generalmente separada por 2 grandes manchas de color negro en la parte posterior de la cabeza. Por lo general, la franja media dorsal es de color naranja en la parte inicial en el cuello. La cabeza de esta serpiente es de color gris claro o azul-gris y posee dos grandes manchas de color negro en forma de media luna en ambos lados del cuello.

Tamaño: alcanza una longitud de 1.17 metros.

Hábitat: habita en el desierto, pastizales, mezquital y bosque de coníferas.

Alimentación: sapos, peces, salamandras, lagartijas y crustáceos.

Reproducción: vivíparos, nacen entre 7 y 25 crías entre los meses de junio y agosto.

Categoría de riesgo de extinción en México: Amenazada

Ejemplares examinados: se encontró un ejemplar de sexo indefinido (Tabla XI) en el Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos (Figura 17).

Tabla XI. Medidas del ejemplar colectado de *Thamnophis cyrtopsis*.

Sexo	LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
Indefinido	62.5	13.0	2.7	84.0

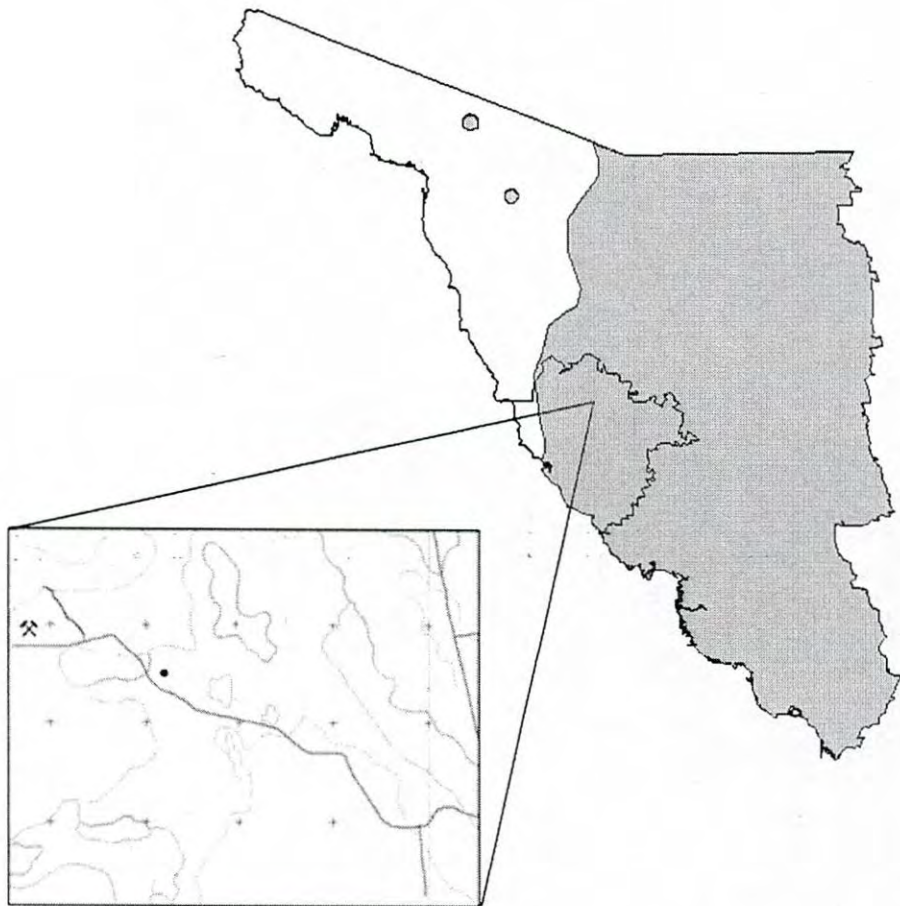


Figura 17. Mapa de distribución en Sonora y punto de muestreo donde se colectó 1 ejemplar de *Thamnophis cyrtopsis*.

Ficha descriptiva No. 10

Nombre común: Culebra de Agua, Checkered Garter Snake.

Nombre Científico: *Thamnophis marcianus* (Baird y Girard, 1853).

Características principales: serpiente semiacuática de comportamiento diurno y nocturno.

Se caracteriza por poseer una cabeza de tamaño pequeño solo un poco más ancha que el cuello. Presenta manchas verticales de color negro en las suturas de algunas de las escamas supralabiales. Cuenta con manchas redondeadas o franjas transversales negras bien definidas en el vientre y una franja clara lateral raramente presente que si se llega a encontrar está confinada a la parte anterior del cuerpo.

Tamaño: alcanza una longitud de 1.07 metros.

Hábitat: habita en pastizales, tierras semiáridas y desiertos.

Alimentación: sapos, ranas, peces y en ocasiones de ratones pequeños.

Reproducción: vivíparos, nacen entre 3 y 35 crías entre los meses de mayo y octubre.

Categoría de riesgo de extinción en México: Amenazada.

Ejemplares examinados: se encontró un ejemplar hembra (Tabla XII) en el Matorral Arbosufrutescente en lomeríos altos y cerriles escarpados (Figura 18).

Tabla XII. Medidas del ejemplar hembra colectado de *Thamnophis marcianus*.

Sexo	LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
Hembra	62.0	15.0	1.3	30.0

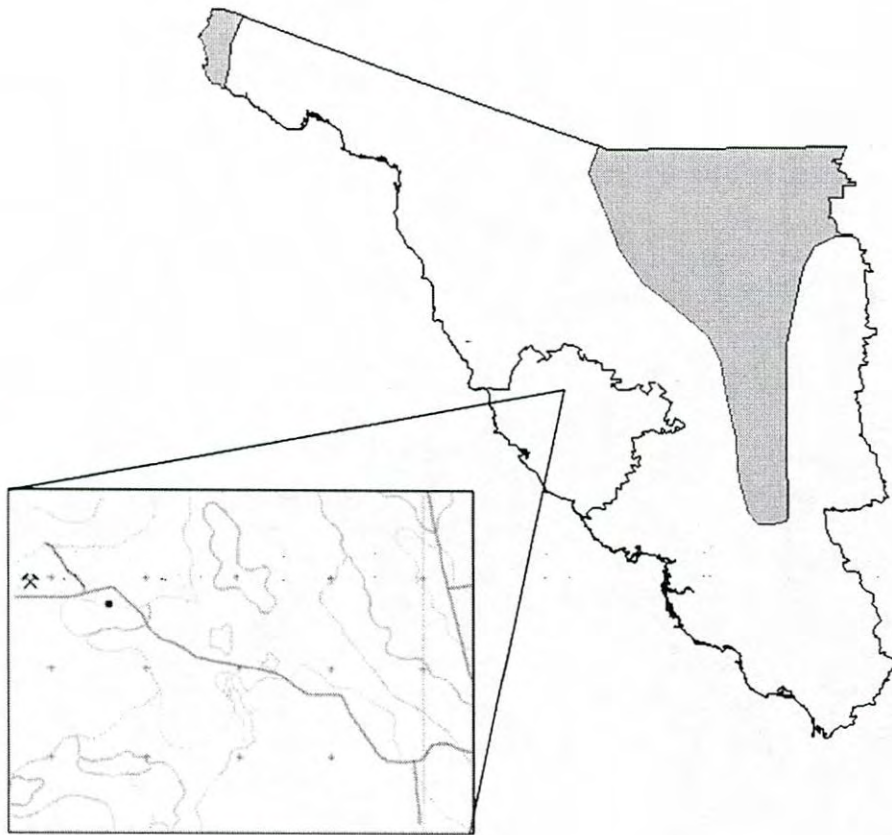


Figura 18. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectó 1 ejemplar de *Thamnophis marcianus*.

ELAPIDAE

Ficha descriptiva No. 11

Nombre común: Coralillo, Arizona Coral Snake.

Nombre Científico: *Micruroides euryxanthus* (Kennicott, 1860).

Características principales: posee una cabeza pequeña que no se distingue del resto del cuerpo. Su cuerpo es cilíndrico y delgado; su característica más sobresaliente son unos anillos negros y rojos separados por anillos de color amarillo o blanco. La cola tiene uno o dos anillos negros separados por anillos amarillos o color crema además, cuenta con quince hileras longitudinales de escamas lisas en la mitad del cuerpo.

Tamaño: alcanza una longitud de 0.5 metros.

Hábitat: habita en desiertos y pastizales.

Alimentación: pequeños reptiles, anfibios, insectos y lagartijas.

Reproducción: ovípara, ponen de 2 a 3 huevos después de la época de verano.

Categoría de riesgo de extinción en México: Amenazada.

Ejemplares examinados: se encontraron 3 ejemplares de sexo indefinido (Tabla XIII) en el Matorral Arbosufrescente en planicies y Matorral Arbosufrescente en lomeríos bajos y medianos (Figura 19).

Tabla XIII. Mediciones promedio de los ejemplares colectados de *Micruroides euryxanthus*.

Sexo	LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
Indefinido	30.7	3.2	1.1	30.7

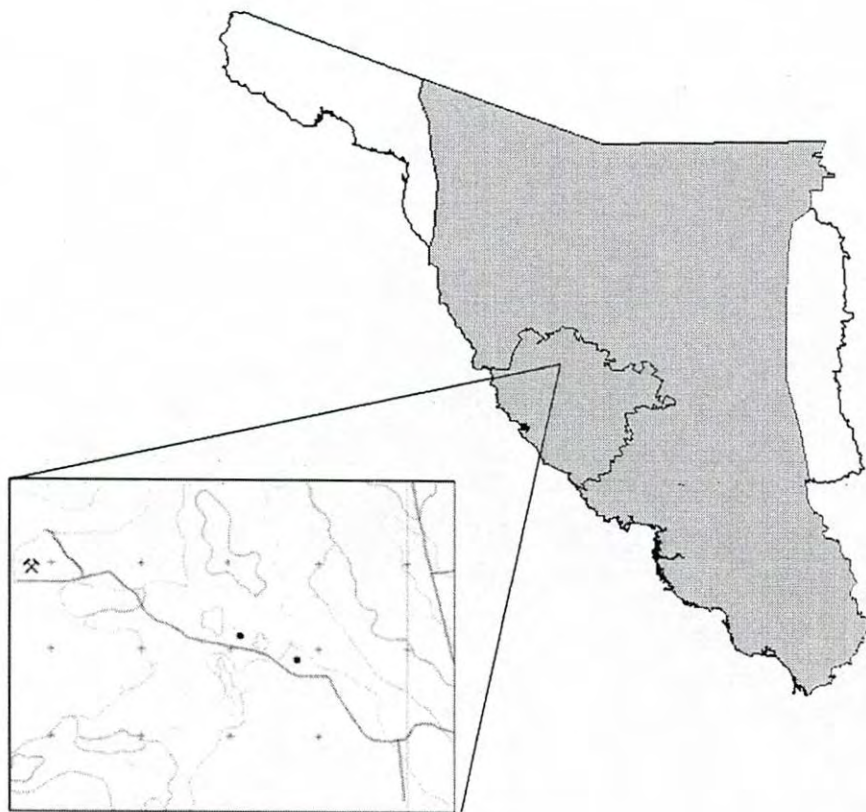


Figura 19. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectaron 3 ejemplares de *Micruroides euryxanthus*.

VIPERIDAE

Ficha descriptiva No. 12

Nombre común: Víbora de Cascabel de Diamante, Western-Diamond Backed Rattlesnake.

Nombre Científico: *Crotalus atrox* Baird y Girad, 1853.

Características principales: Serpiente de comportamiento crepuscular y nocturno que se caracteriza por poseer una cabeza grande y bien diferenciada del cuerpo. Presenta los colores café, gris, rosa o amarillo por la parte dorsal de su cuerpo y el conjunto de algunas escamas dorsales simulan rombos a lo largo del cuerpo. La cola presenta anillos negros y blancos y por esta razón suele confundirse con otras serpientes de cascabel de características similares como: *Crotalus ruber* y *Crotalus scutulatus*.

Tamaño: alcanza una longitud de 2.3 metros.

Hábitat: habitan en regiones áridas y semiáridas y pueden adaptarse a ecosistemas como el desierto, los pastizales, bosques y matorrales. Alimentación: pequeños roedores y lepóridos. Reproducción: ovovivípara, se reproducen en primavera y pueden dar a luz hasta 25 crías en verano y épocas de lluvia.

Categoría de riesgo de extinción en México: Bajo protección especial.

Ejemplares examinados: se encontraron 33 ejemplares (Tabla XIV) en el Matorral Arbosufrutescente en planicies, Matorral Arbosufrutescente en lugares planos y lomeríos suaves, Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos, Matorral Arbosufrutescente en lomeríos altos y cerriles escarpados y Matorral mediano Parvifolio en extensas planicies y pequeños arroyos (Figura 20).

Tabla XIV. Mediciones promedio de los ejemplares colectados de *Crotalus atrox*.

LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
78.8	6.3	3.4	411.0

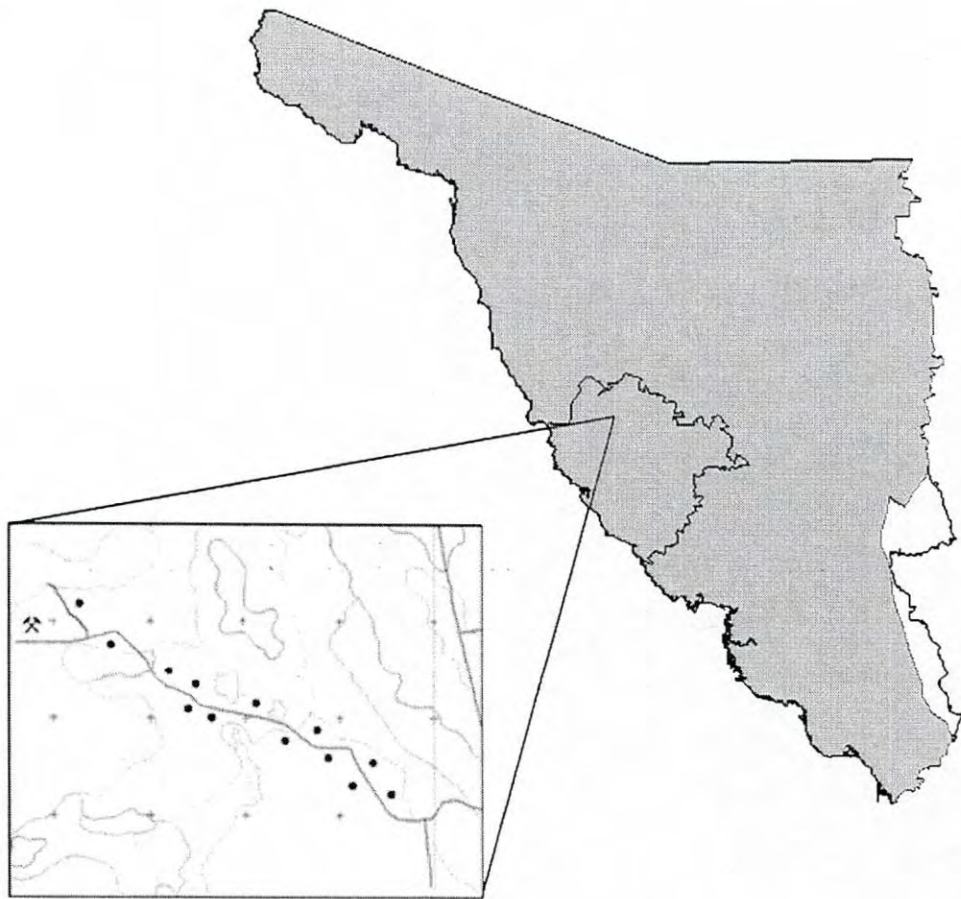


Figura 20. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectaron 33 especímenes de *Crotalus atrox*.

Ficha descriptiva No. 13

Nombre común: Víbora de Cascabel de Cuernos, Cuernitos, Sidewinder.

Nombre Científico: *Crotalus cerastes* Hallowell, 1854.

Características principales: Presenta colores crema, marrón, beige, amarillento, rosa o gris ceniza; además está cubierta por una serie de manchas dorsales de color oscuro. Su característica más relevante son dos prominentes proyecciones triangulares ubicadas por encima de los ojos. En los individuos maduros de esta especie de crótalo, las hembras suelen ser más grande que los machos.

Tamaño: alcanza una longitud de 0.8 metros.

Hábitat: vive en las planicies arenosas desde el suroeste de Arizona hacia el sur de Sonora.

Alimentación: lagartijas y pequeños roedores.

Reproducción: ovovivípara, ponen de 2 a 18 huevos y las crías nacen entre los meses de julio y septiembre.

Categoría de riesgo de extinción en México: Bajo protección especial.

Ejemplares examinados: se encontraron 24 ejemplares (Tabla XV) en el Matorral Arbosufrutescente en planicies y Matorral Arbosufrutescente en lugares planos y lomeríos suaves (Figura 21).

Tabla XV. Mediciones promedio de los ejemplares colectados de *Crotalus cerastes*.

LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
54.2	4.8	2.9	124.3

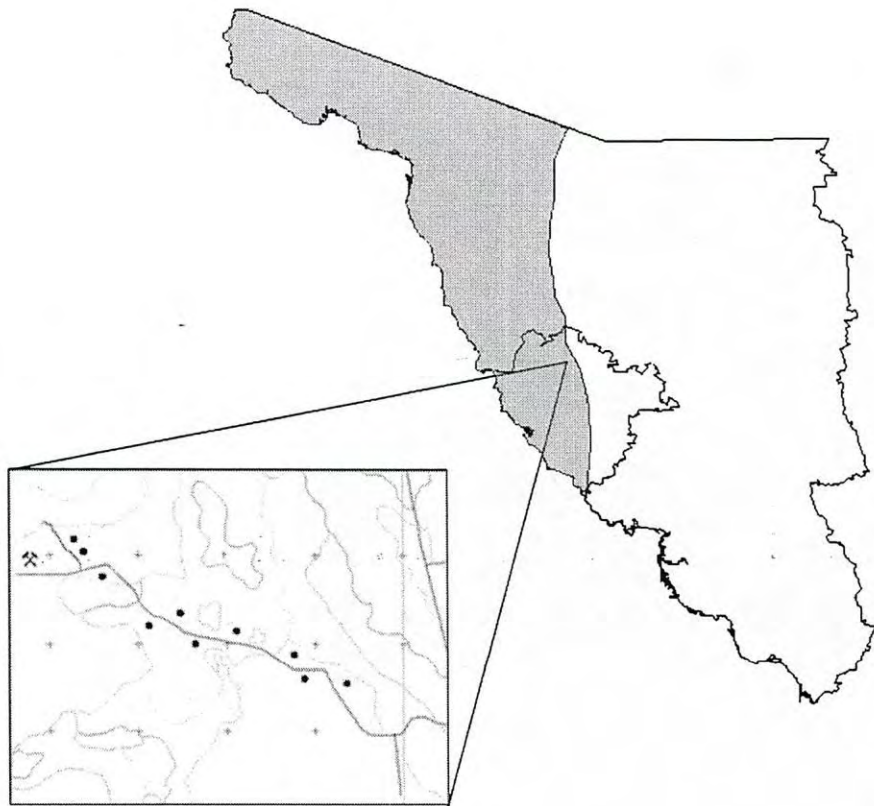


Figura 21. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectaron 24 ejemplares de *Crotalus cerastes*.

Ficha descriptiva No. 14

Nombre común: Cascabel de Cola Negra, Black Tailed Rattlesnake.

Nombre Científico: *Crotalus molossus* Baird y Girard, 1853.

Características principales: presenta colores en tonos verdes, amarillos y grises que contrastan con una cola cubierta de escamas negras. En los individuos jóvenes la cola presenta tonos grises y anillos en tonalidades más fuertes. Posee una cabeza muy grande en relación al ancho de su cuerpo. A pesar de ser altamente toxica, *C. molossus* posee un temperamento poco agresivo en comparación con otras víboras de cascabel.

Tamaño: alcanza una longitud de 1.37 metros.

Hábitat: habita en las zonas rocosas y de montaña del desierto de Sonora.

Alimentación: pequeños mamíferos como la rata canguro del desierto, ratones de campo, ratas, conejos y otros vertebrados como lagartijas y aves.

Reproducción: ovovivípara, ponen de 3 a 16 huevos y las crías nacen entre los meses de julio y agosto.

Categoría de riesgo de extinción en México: Bajo protección especial.

Ejemplares examinados: se encontraron 2 ejemplares hembras (Tabla XVI) en el Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos (Figura 22).

Tabla XVI. Mediciones de los dos ejemplares hembras colectados de *Crotalus molossus*.

Sexo	LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
Hembra	108.0	8.0	5.5	788.0
Hembra	99.0	8.0	5.4	526.0

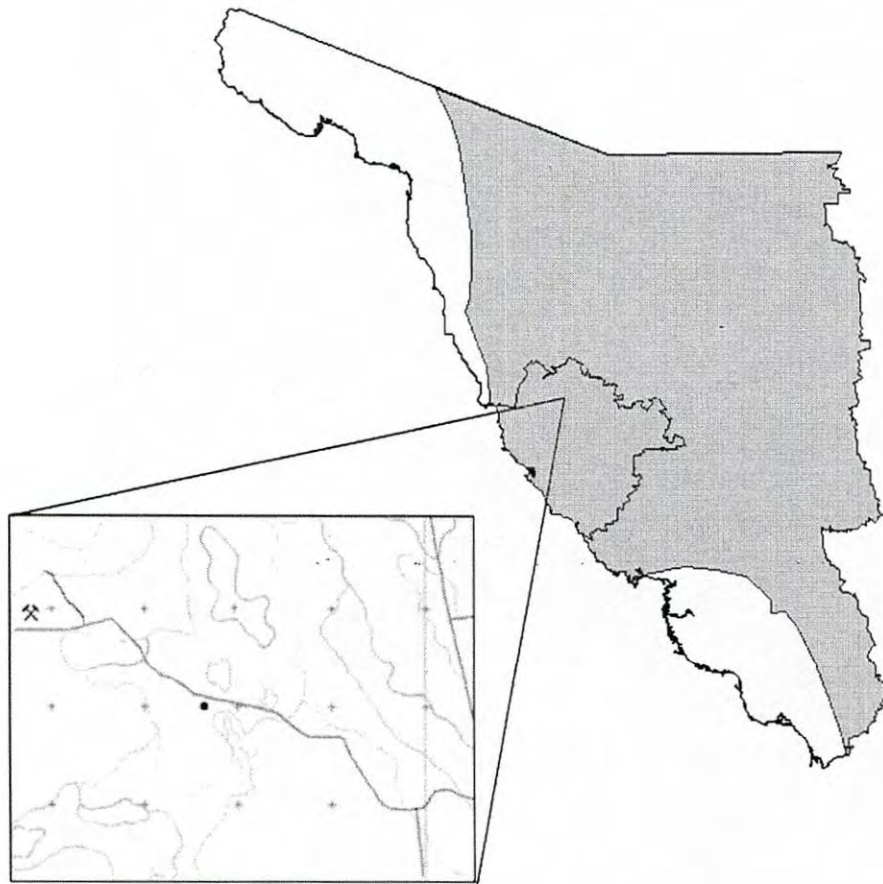


Figura 22. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectaron 2 ejemplares de *Crotalus molossus*.

Ficha descriptiva No. 15

Nombre común: Víbora de Cascabel del Tigre, Tiger Rattlesnake.

Nombre Científico: *Crotalus tigris* Kennicott, 1861.

Características principales: se caracteriza por poseer una serie de bandas cruzadas de color gris o café que simulan las marcas de los tigres a través de la parte dorsal del cuerpo. También cuenta con una cabeza pequeña en relación a su cuerpo y un cascabel grande. Presenta patrones de colores gris, lila, azul-gris, rosa, beige y un color naranja y crema a los lados del cuerpo.

C. tigris es una serpiente activa durante el día y la noche y es considerada como una de las especies de crótalo más tóxica que existe.

Tamaño: alcanza una longitud de 0.9 metros.

Hábitat: habita en zonas de cañones rocosos y estribaciones de montañas del desierto y esta asociadas a plantas como el ocotillo, mezquite, sahuaro y paloverde.

Alimentación: lagartijas y pequeños mamíferos como la rata canguro y el ratón de desierto.

Reproducción: ovovivípara, ponen de 1 a 6 huevos.

Categoría de riesgo de extinción en México: Bajo protección especial.

Ejemplares examinados: se encontraron 24 ejemplares (Tabla XVII) en el Matorral Arbosufrutescente en planicies, Matorral Arbosufrutescente en lomeríos bajos y medianos, Matorral Arbosufrutescente en lomeríos altos y cerriles escarpados y Matorral mediano Parvifolio en extensas planicies y pequeños arroyos (Figura 23).

Tabla XVII. Mediciones promedio de los ejemplares colectados de *Crotalus tigris*.

LHC (cm)	LC (cm)	AC (cm)	Peso (gr)
73.4	6.4	3.6	286.2

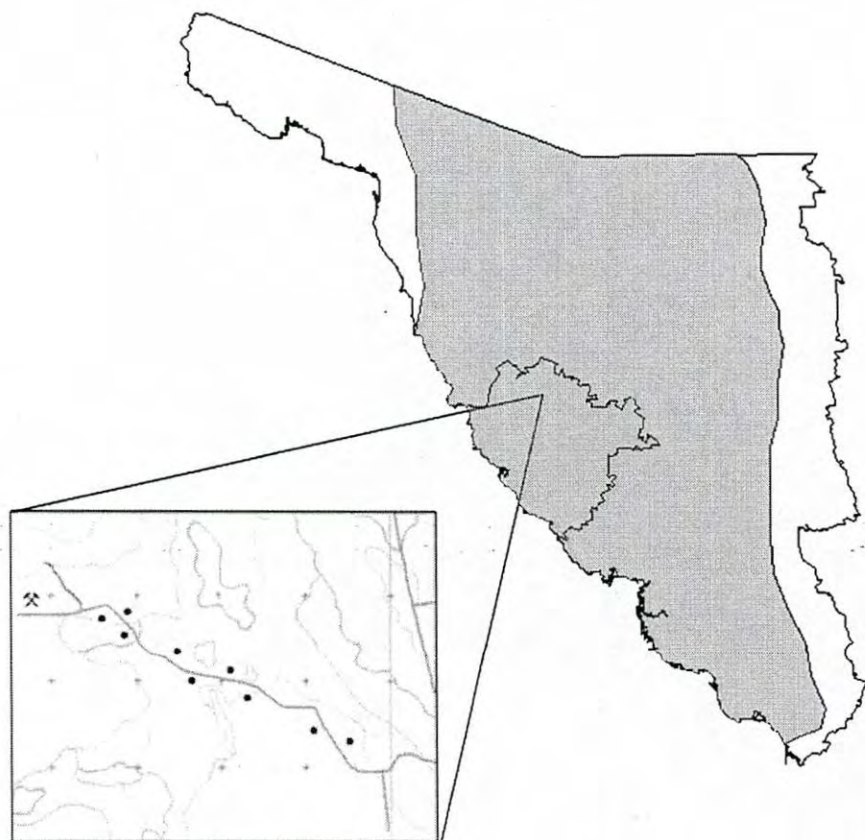


Figura 23. Mapa de distribución en Sonora y puntos de muestreo donde se colectaron 24 ejemplares *Crotalus tigris*.

VI.4. Mortalidad de serpientes.

De las 117 serpientes encontradas durante los dos años, 65 serpientes (56%) se encontraron muertas sobre la carretera y 52 ejemplares (44%) se encontraron vivas. En lo que respecta a la abundancia relativa mensual (ARM) de serpientes DOR y AOR, se obtuvo que para ambos años de estudio, la ARM de serpientes DOR fue mayor que la ARM de serpientes AOR durante los meses de julio-septiembre y presentó valores entre 0.3 y 0.7 (Figura 24 y Figura 25).

La tasa de mortalidad de serpientes por mes durante el año 2008 presentó valores entre 0.2 y 0.6, siendo este último el valor más alto y correspondió al mes de septiembre. Los meses que presentaron la tasa de mortalidad más baja fueron junio, agosto y octubre con valores de 0.2, 0.25 y 0.3 respectivamente (Figura 26). Para el año 2009, la tasa de mortalidad presentó valores que van entre 0.4 y 0.7, siendo este último el valor más alto y correspondió al mes de septiembre, mientras que los meses de julio y agosto presentaron valores de 0.6 y 0.68 respectivamente. Por último, el valor más bajo se presentó en el mes de octubre y fue de 0.4 (Figura 26).

Se encontró alta correlación entre el total de serpientes colectadas al mes (DOR y AOR) y la abundancia relativa de serpientes muertas ($r = 0.98$, $P < 0.01$; Figura 27). Además, la prueba Chi cuadrado nos dice que los valores de serpientes muertas muestran una diferencia significativa cada mes ($X^2 = 25.08$, $gl = 4$, $P > 0.05$) lo cual se ve reflejado en los valores obtenidos en la tasa de mortalidad, donde se observa que las muertes de serpientes aumentan conforme pasan los meses hasta llegar a un punto donde comienza a bajar el valor de la tasa de mortalidad.

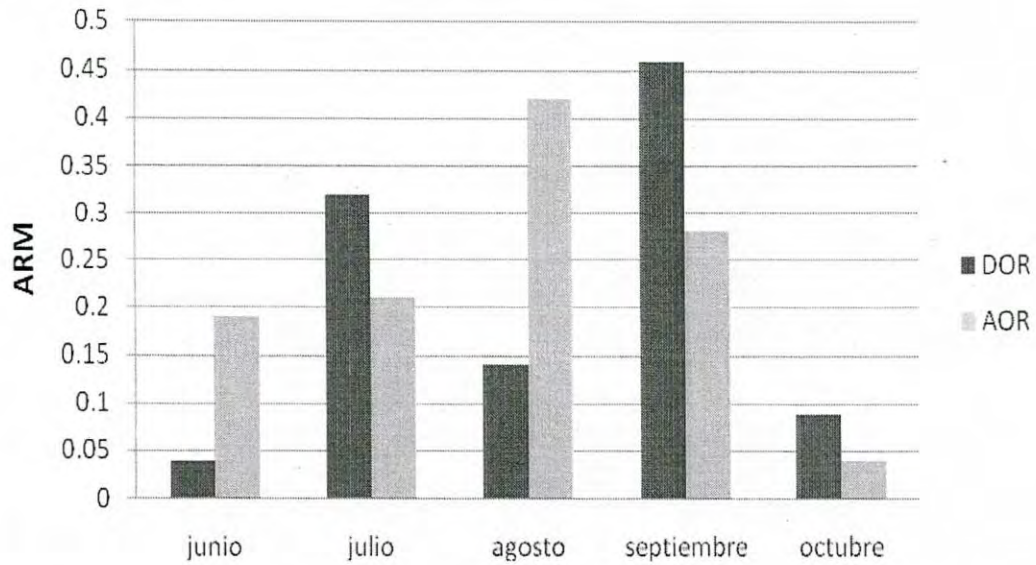


Figura 24. Abundancia relativa mensual de serpientes DOR y AOR (muertas sobre el camino y vivas sobre el camino) durante el periodo de estudio comprendido entre los meses de junio-octubre de 2008.

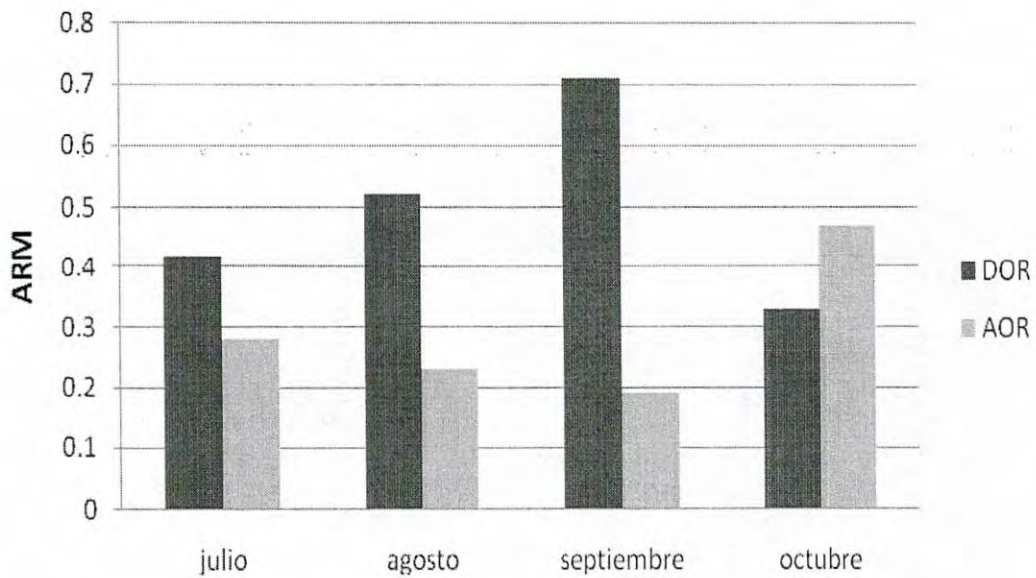


Figura 25. Abundancia relativa mensual de serpientes DOR y AOR (muertas sobre el camino y vivas sobre el camino) durante el periodo de estudio comprendido entre los meses de julio-octubre de 2009.

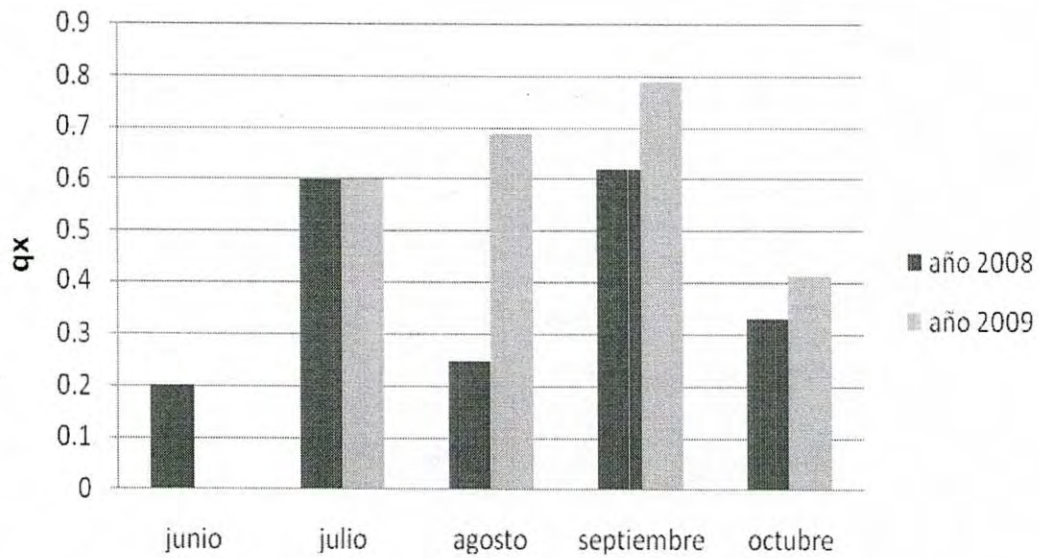


Figura 26. Tasa de mortalidad mensual (q_x) de serpientes durante el periodo de estudio (junio-octubre 2008 y julio-octubre 2009).

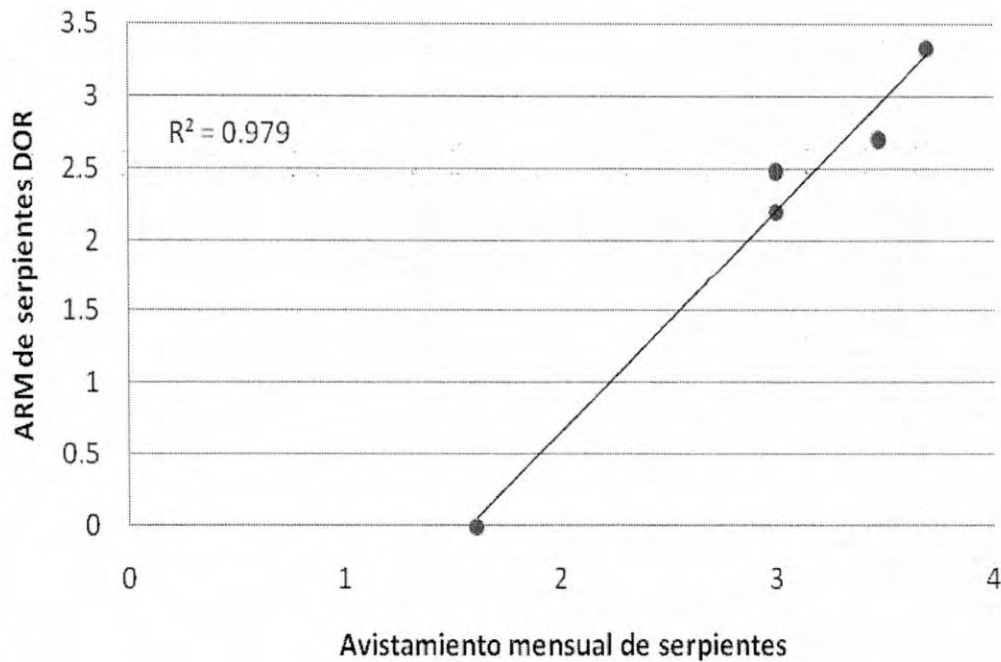


Figura 27. Correlación entre el total de serpientes colectadas DOR (muertas en el camino) durante el periodo de estudio y la abundancia relativa de serpientes muertas, $P < 0.01$.

VI.5. Abundancia relativa de serpientes.

VI.5.1. Abundancia relativa de serpientes por especie.

Durante el estudio se realizó un total de 196 horas-búsqueda en los dos años. Las especies más abundantes (individuos DOR y AOR) durante el tiempo de muestreo fueron *Crotalus atrox*, *C. tigris* y *C. cerastes* (con 33,24 y 24 ejemplares cada una respectivamente) mientras que las menos abundantes estuvieron representadas por *Lichanura trivirgata*, *Lampropeltis getula*, *Phyllorhynchus brownie*, *Thamnophis cyrtopsis* y *Thamnophis marcianus* con un individuo por especie (Figura 28).

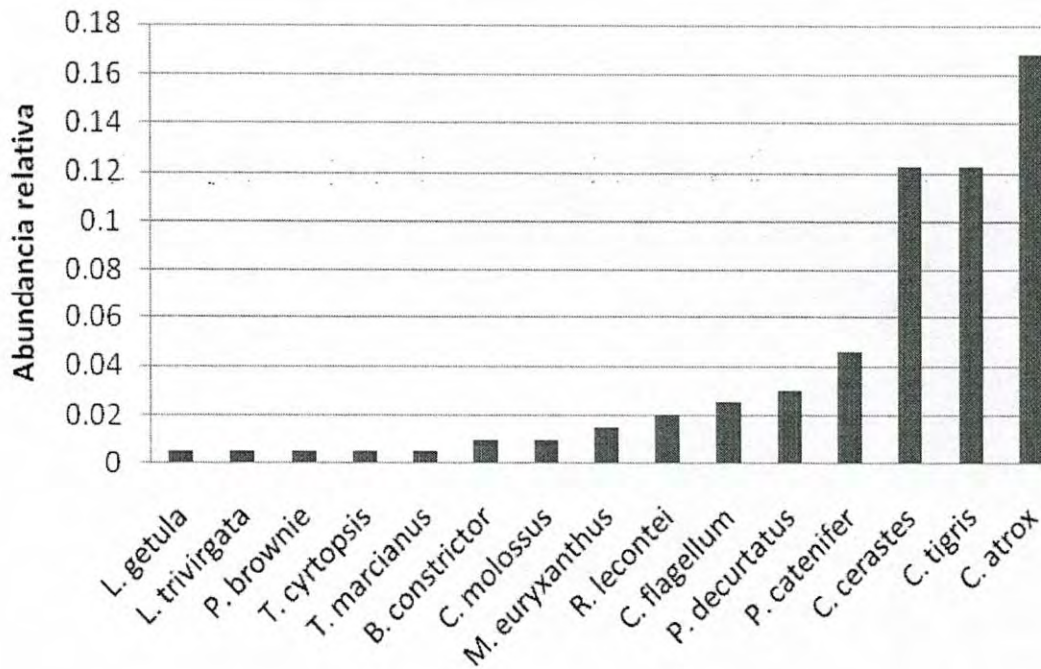


Figura 28. Abundancia relativa de serpientes por especie durante junio-octubre de 2008 y julio-octubre de 2009.

VI.5.2. Abundancia relativa mensual de serpientes.

En el año 2008 se realizaron 126 horas-búsqueda en las que se encontraron 60 serpientes. Para el año 2009 el esfuerzo de muestreo fue de 70 horas-búsqueda, tiempo durante el cual se examinaron 57 serpientes (Tabla XVIII). Durante el mes de septiembre, se encontró mayor cantidad de serpientes en ambos años.

A lo largo del estudio se observó un patrón compuesto por un periodo de baja y otro de alta presencia de serpientes. Durante el año 2008, los meses que presentaron la menor abundancia de serpientes fueron junio y octubre, con valores de 0.23 y 0.14 respectivamente. Sin embargo, la abundancia aumentó en los meses de agosto y septiembre donde se obtuvieron valores de 0.57 y 0.75 respectivamente. Para el año 2009 la abundancia relativa mensual de serpientes más baja, se presentó durante el mes de julio con un valor de 0.71, mientras que el valor máximo se obtuvo durante el mes de septiembre y fue de 0.90. En la Figura 29, se muestran las variaciones en la ARM de serpientes (DOR y AOR) durante el periodo de estudio que comprende 2008 y 2009.

Se encontró una correlación con un valor positivo muy bajo pero significativo ($r = 0.13$, $P < 0.0001$) entre las variables de temperatura promedio mensual y ARM de serpientes. Por el contrario, el análisis estadístico mostró que existe una correlación negativa entre las variables de cantidad de lluvia promedio por mes y ARM de serpientes ($r = -0.44$, $P < 0.0001$).

Se encontró una correlación positiva ($r = 0.92$, $P < 0.0001$) entre la variable de humedad relativa promedio mensual y ARM de serpientes.

Tabla XVIII. Esfuerzo de búsqueda, serpientes observadas y abundancia relativa mensual de las serpientes encontradas durante los años 2008 y 2009. Donde: Hr-búsqueda es el tiempo total de búsqueda en horas durante el mes n. N_n , es el número de serpientes encontradas en el mes n y ARM_n es la abundancia relativa mensual de serpientes durante el mes n.

Mes	Hrs-búsqueda 2008	N_n 2008	ARM_n 2008	Hrs-búsqueda 2009	N_n 2009	ARM_n 2009
JUNIO	21	5	0.23	-	-	-
JULIO	28	15	0.53	7	5	0.71
AGOSTO	28	16	0.57	21	16	0.76
SEPTIEMBRE	28	21	0.75	21	19	0.90
OCTUBRE	21	3	0.14	21	17	0.80

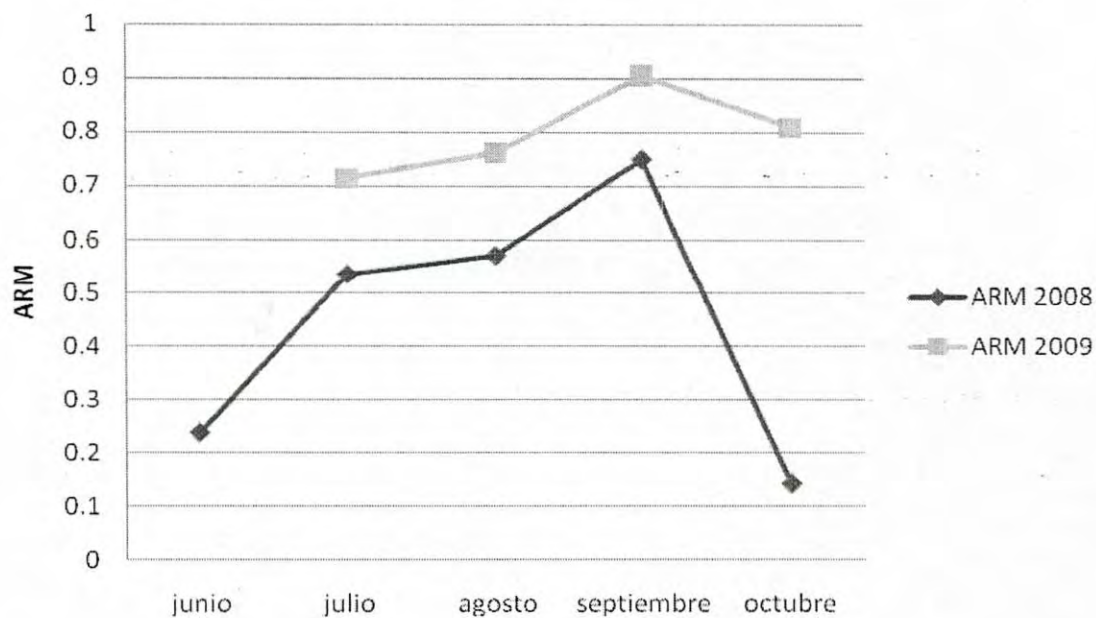


Figura 29. Variación en la abundancia relativa mensual (ARM) de las serpientes estudiadas durante el año 2008 y 2009.

VI.6. Aspectos biológicos y ecológicos de las serpientes estudiadas.

De las 15 especies de serpientes encontradas, 12 se encuentran bajo algún tipo de protección según la NOM-ECOL-059 SEMARNAT (Tabla XIX). Estos resultados nos demuestran que el área de estudio presenta una cantidad elevada de especies que están protegidas o amenazadas. Cabe resaltar que todas las especies de las familias Boidae, Elapidae y Viperidae encontradas en el presente trabajo, están enlistadas en la NOM-ECOL-059 (SEMARNAT, 2002).

VI.6.1. Medidas y peso de las serpientes encontradas.

En la Tabla XX y Tabla XXI, se observan las medidas y el peso promedio por sexo para 3 de las especies de serpiente de cascabel encontradas y de la culebra *Pituophis catenifer*. Se observó una correlación altamente significativa entre la longitud y el peso de las serpientes de cascabel y de la culebra *Pituophis catenifer*. Para *Crotalus atrox*: $r = 0.90$ ($P < 0.0001$), *Crotalus cerastes*: $r = 0.81$ ($P < 0.0001$), *Crotalus tigris* $r = 0.71$ ($P < 0.0001$) y *P. catenifer* $r = 0.97$ ($P < 0.0001$).

VI.6.2. Sexo de serpientes (DOR y AOR).

Durante el año 2008 se observaron 23 machos (38%), 26 hembras (44%) y a 11 individuos (18%) no se les determinó el sexo, mientras que para el año 2009 se encontraron 25 machos (44%), 26 hembras (46%) y a 6 individuos (10%) no se les determinó el sexo

(Tabla XXII). La abundancia relativa total de machos y abundancia relativa total de hembras se presenta en la Figura 30, donde se observa que las hembras son ligeramente más abundantes que los machos, además el número de ejemplares a los que no se les determinó el sexo fue muy bajo (17 ejemplares que representan el 14.5% del total).

Tabla XIX. Categoría de protección según la NOM-ECOL-059, SEMARNAT de las especies estudiadas. Donde: A= amenazada, Pr= bajo protección especial y X= ninguna categoría.

Familia	Especie	Categoría
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	A
	<i>Lichanura trivirgata</i>	A
Colubridae	<i>Coluber flagellum</i>	A
	<i>Lampropeltis getula</i>	A
	<i>Phyllorhynchus brownie</i>	Pr
	<i>Phyllorhynchus decurtatus</i>	X
	<i>Pituophis catenifer</i>	X
	<i>Rinocheilus lecontei</i>	X
	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	A
	<i>Thamnophis marcianus</i>	A
Elapidae	<i>Micruroides euryxanthus</i>	A
Viperidae	<i>Crotalus atrox</i>	Pr
	<i>Crotalus cerastes</i>	Pr
	<i>Crotalus molossus</i>	Pr
	<i>Crotalus tigris</i>	Pr

Tabla XX. Medidas y peso promedios de longitud total (LT), longitud hocico cloaca (LHC), longitud de la cola (LC) y ancho del cuerpo (AC), para las especies macho más abundantes, donde: J: ejemplares juveniles y A: ejemplares adultos. En el caso de *C. cerastes* se presentan las medidas de un solo ejemplar de talla juvenil encontrado, y para *P. catenifer* y *C. tigris* no se encontraron ejemplares juveniles.

ESPECIE	LHC (cm)		LC (cm)		AC (cm)		Peso (gr)	
	J	A	J	A	J	A	J	A
<i>Pituophis catenifer</i>	-	137.5	-	16.5	-	2.5	-	722
<i>Crotalus atrox</i>	44.4	101.5	2.3	8.3	1.8	4.2	35	527.4
<i>Crotalus cerastes</i>	30	53.6	2.7	4.7	1.5	2.7	18	120.6
<i>Crotalus tigris</i>	-	74.2	-	5.7	-	3.16	-	246.8

Tabla XXI: medidas y peso promedios de longitud total (LT), longitud hocico cloaca (LHC), longitud de la cola (LC) y ancho del cuerpo (AC), para las especies hembra más abundantes, donde: J: ejemplares juveniles y A: ejemplares adultos. Para *C. cerastes* y *C. tigris* no se encontraron ejemplares juveniles.

ESPECIE	LHC (cm)		LC (cm)		AC (cm)		Peso (gr)	
	J	A	J	A	J	A	J	A
<i>Pituophis catenifer</i>	48.5	149.3	6	17.07	1.2	4.1	80	816
<i>Crotalus atrox</i>	36.1	82.8	2.7	5.7	2.4	3.5	61.3	353.7
<i>Crotalus cerastes</i>	-	53.1	-	3.7	-	3.4	-	123.3
<i>Crotalus tigris</i>	-	70.4	-	6.1	-	3.4	-	310.8

Tabla XXII. Número de individuos por sexo encontrados durante el año 2008 y 2009.

Condición	Número de ejemplares año 2008	Número de ejemplares año 2009	Número de ejemplares en total
Macho	23	25	48
Hembra	26	26	52
Sexo indeterminado	11	6	17
Total	60	57	117

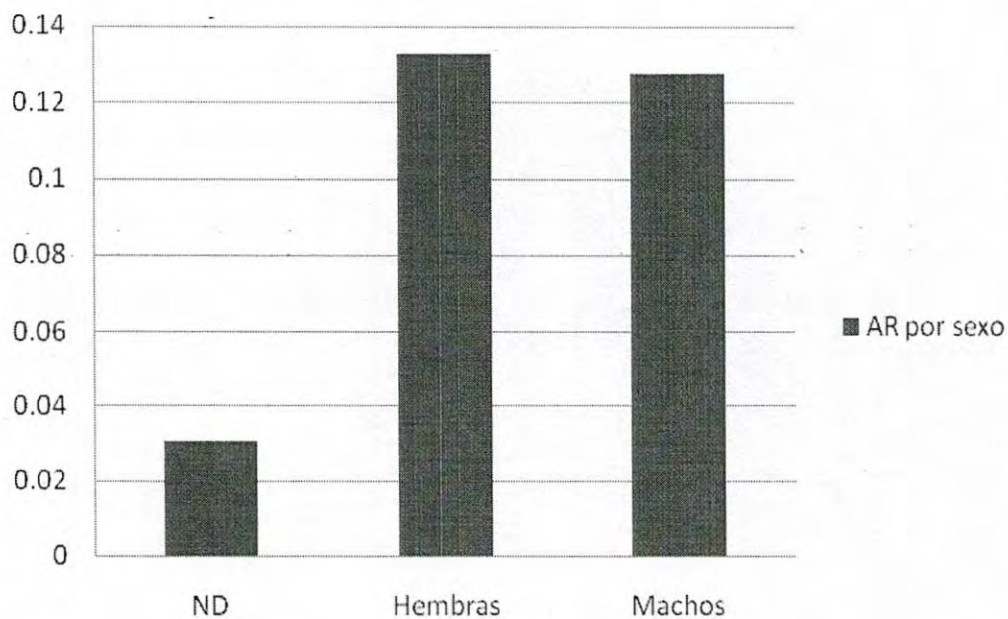


Figura 30. Abundancia relativa (AR) de serpientes macho, hembra y sin determinar sexo (ND) durante el año 2008 y 2009.

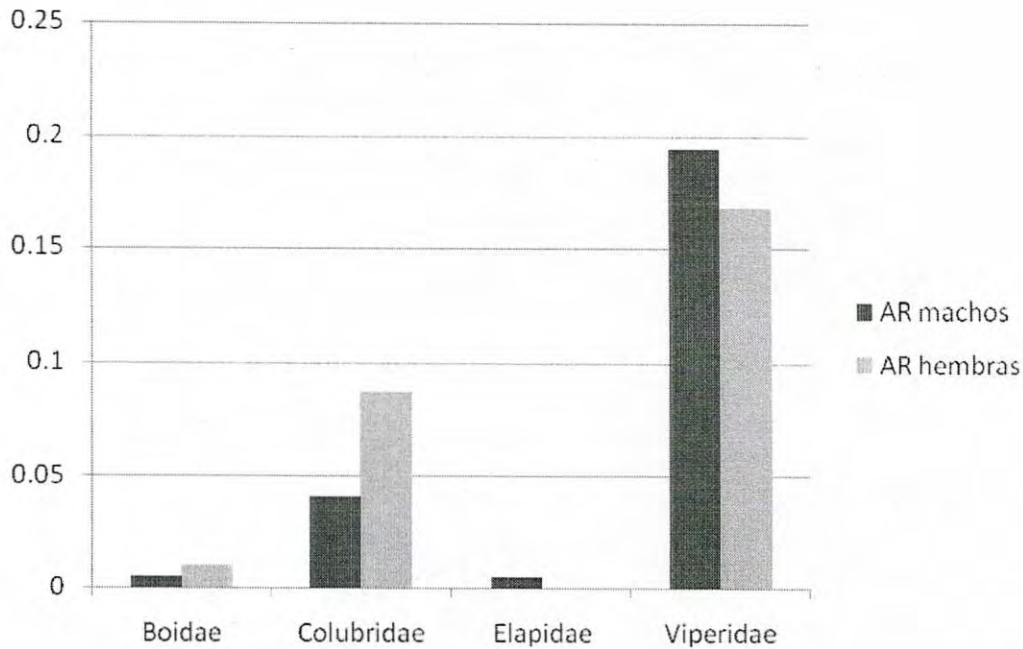


Figura 31. Abundancia relativa (AR) de cada sexo para cada una de las familias de serpientes encontradas durante el año 2008 y 2009.

La abundancia relativa de machos y hembras por familia durante los dos años de estudio se muestra en la Figura 31. En la familia Boidae y Colubridae las hembras fueron más abundantes, mientras que en la familia Viperidae fueron más abundantes los machos.

Por otro lado, en el análisis de la abundancia de machos y hembras por especie, observamos que en *Crotalus atrox* y *Crotalus cerastes* existe una diferencia muy marcada en la cual, los machos son más abundantes que las hembras, sobre todo en la especie *C. cerastes*. En otros casos como *Crotalus tigris*, *Pituophis catenifer*, *Phyllorhynchus decurtatus* y *Rinocheilus lecontei* las hembras fueron más abundantes que los machos (Figura 32).

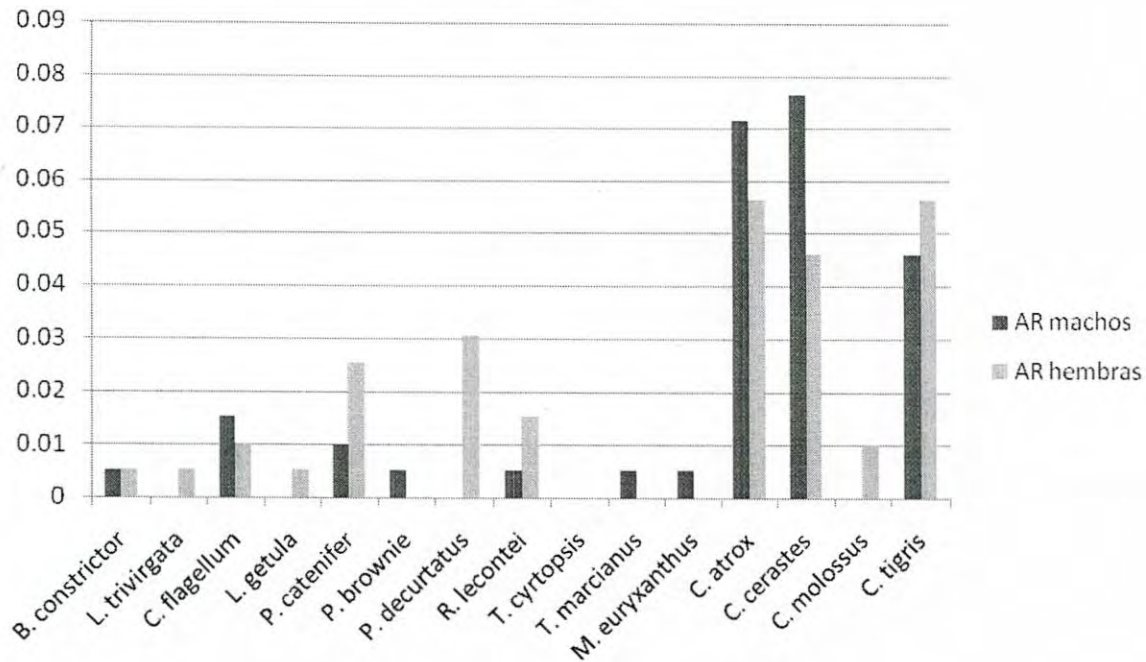


Figura 32. Abundancia relativa (AR) del sexo para cada una de las especies encontradas durante el año 2008 y 2009.

La prueba de Chi cuadrada mostró que el factor climático de temperatura no está relacionado con la abundancia y presencia de machos y hembras ($X^2= 0.006$, $gl = 1$, $P> 0.05$). Por otro lado, la prueba Chi cuadrada mostró que el factor de humedad relativa sí está relacionado con la abundancia y presencia de machos y hembras ($X^2= 4.6$, $gl = 1$, $P> 0.05$).

Para *Crotalus atrox* se encontró que las variables de sexo y humedad relativa no son independientes ($X^2= 7.8$, $gl = 1$, $P> 0.05$). Para *Crotalus cerastes* se encontró que las variables de sexo y humedad relativa son independientes ($X^2= 0.8$, $gl = 1$, $P> 0.05$) y para *Crotalus tigris* se encontró que las variables de sexo y humedad relativa son independientes ($X^2= 1.8$, $gl = 1$, $P> 0.05$).

VII. DISCUSIÓN

VII.1. Especies encontradas.

El tipo y esfuerzo de muestreo empleado durante la presente investigación permitieron conocer que en las afueras de la ciudad de Hermosillo se encuentran cuatro de las cinco familias de serpientes terrestres que habitan en Sonora (Enderson *et al.*, 2009). Además, las 15 especies encontradas son representativas del desierto de Sonora y 12 se encuentran bajo algún tipo de protección según las autoridades mexicanas (SEMARNAT, 2002). Estos resultados permiten inferir la importancia de la zona de muestreo, la cual cuenta con un importante número de especies y familias de serpientes.

En el caso de las serpientes de cascabel, fue muy notoria la relación que hay entre el ambiente y la especie. Se observaron diferencias en la frecuencia con que aparecían las serpientes en determinado sitio. Por ejemplo, *Crotalus cerastes* es una especie que suele desplazarse de manera más fácil por suelos arenosos (Klauber, 1982; Armstrong y Murphy, 1979), por ello fue común encontrarla hacia el lado oeste del área de muestreo donde el suelo es del tipo arenoso.

Por otro lado, *Crotalus tigris* y *Crotalus molossus* aparecen en zonas de la carretera donde hay elevaciones rocosas. Mientras tanto, *Crotalus atrox* es una especie que se encontró con una alta frecuencia alrededor de todo el recorrido y durante todos los meses que se llevaron a cabo muestreos. Esto debido a que *C. atrox* es una de las serpientes más abundantes del desierto de Sonora y vive en gran cantidad de hábitats (Stebbins, 2006; Rorabaugh, 2008).

Las características presentes en la zona norte de Hermosillo constituyen un tipo de hábitat adecuado para boas, culebras, elápidos y vipéridos. La distribución de las especies de serpientes en el área de estudio permitió conocer, relacionar y comprobar el tipo de vida que llevan algunas especies de reptiles que se describieron en las fichas por especie.

VII.2. Abundancia relativa de serpientes.

La abundancia relativa de las serpientes depende de factores ecológicos y ambientales como la disponibilidad de alimento, clima y cantidad de refugios que posea determinada área (Klauber, 1982). Sin embargo, existen otros factores que pueden influir en los resultados obtenidos durante el trabajo de campo. Por ejemplo, en el caso del presente estudio cabe destacar que durante los muestreos, existió siempre más de una persona encargada de buscar y coleccionar serpientes y en ocasiones se registraron hasta dos especies o individuos a menos de 100 metros de distancia. Debido a esto, es importante reconocer que es indispensable la experiencia y capacidad de cada persona para observar y no perder ningún dato (Rodda, 1993).

En muchas áreas, los crótalos suelen ser las especies más abundantes y comunes, sobre todo en las zonas desérticas. Como en el presente estudio que la familia más abundante fue Viperidae, representada por 4 especies de crótalos. Este fenómeno se debe a que los desiertos, pastizales y colinas rocosas resultan más convenientes para las serpientes de cascabel que otros tipos de ecosistemas, ya que el alimento suele ser abundante y fácil

de encontrar durante la noche, cuando la temperatura del ambiente baja lo suficiente como para diferenciarse fácilmente de la temperatura corporal de las presas (Klauber, 1982).

Durante el año 2008 y año 2009 las serpientes de cascabel fueron dominantes en cuanto a abundancia y frecuencia de aparición, seguidas por los colúbridos, en especial la serpiente *Pituophis catenifer*. Dentro de la familia Viperidae, las especies más abundantes fueron *C. atrox*, *C. cerastes* y *C. tigris*. *C. atrox* es una de las serpientes de cascabel más grandes, abundantes y agresivas que existen en México (Armstrong y Murphy, 1979). Los individuos se encuentran por lo general en zonas áridas y viven en lugares donde predominan plantas desérticas como el mezquite (Taylor, 1936) por lo que las condiciones del área de estudio son adecuadas para la presencia de *C. atrox* y otras especies de cascabel. Además, la serpiente cascabel de diamante es una especie generalmente de hábitos nocturnos y a pesar de que algunos individuos pueden ser encontrados activos durante el día, es común que se presenten en forma de espiral bajo malezas o en cuevas (Klauber, 1982; Armstrong y Murphy, 1979).

C. cerastes también fue una especie que presentó alta abundancia. El terreno de estudio cumple con las características necesarias para que se pueda encontrar la serpiente cascabel de cuernos. Entre las características más sobresalientes del terreno tenemos el suelo arenoso, el cual es un factor importante en la distribución de *C. cerastes* (Dammann, 1961 y Klauber, 1982).

Debido a que los individuos se activan durante la noche en busca de pareja o alimento, suelen encontrarse por los caminos y carreteras en abundancia, donde los automóviles causan altas tasas de mortalidad (Brown, 1971; Brown, 1992).

Por otro lado, *C. tigris* es una serpiente de hábitos nocturnos que rara vez se encuentra antes de comenzar la época de lluvias de verano (Taylor, 1936). Es por ello, que su abundancia suele ser mayor poco tiempo después de las lluvias del verano, cuando las hembras dan a luz a sus crías y salen en busca de alimento para la época de invierno (Klauber, 1982; Armstrong y Murphy, 1979). Estas características concuerdan con la alta abundancia que presentó la especie durante los meses de agosto y septiembre en los dos años de estudios realizados en la carretera Hermosillo-Mina Pilares.

El análisis estadístico realizado, encontró una correlación positiva entre los valores de temperatura promedio y la ARM de serpientes. Se ha reportado que la actividad de las serpientes se encuentra ampliamente relacionada con los cambios estacionales de temperatura (Klauber, 1982).

En el desierto de Sonora, la precipitación suele ser variada cada año y no siempre ocurre en las mismas dimensiones de volumen. La posibilidad de que se presenten lluvias en Sonora ocurre durante dos estaciones, verano e invierno, con períodos secos en otoño y primavera (Brito-Castillo, 2009). Sin embargo, durante el presente estudio, se observó que las serpientes sí presentan el mismo patrón de actividad durante los meses de verano, siendo más frecuentes en los meses de julio, agosto y septiembre.

El mes con mayor precipitación fue agosto, sin embargo la mayor abundancia relativa de serpientes se presentó durante el mes de septiembre. Esto se debe a que las serpientes y de manera más particular los crócalos, suelen ser más activas inmediatamente después de la temporada de lluvia (Klauber, 1982). La precipitación produce una baja de temperatura por las noches durante el verano, lo cual hace más factible para las serpientes sacrificar sus hábitos nocturnos por un tiempo, ya que es durante la noche cuando la

temperatura del ambiente suele ser más baja y limita la actividad del animal (Armstrong y Murphy, 1979).

Otro factor que influye en la actividad nocturna de las serpientes es la disposición del alimento. Los crótalos suelen ser más abundantes durante la noche debido a que sus presas entran en actividad al caer el sol. También, existe la hipótesis de que los vipéridos son abundantes durante la noche en los desiertos, ya que sus fosetas termorreceptoras probablemente alcanzan un nivel de funcionalidad elevado durante la noche, cuando la temperatura del ambiente y de sus presas difieren considerable (Klauber, 1982).

VII.3. Mortalidad de serpientes.

La mortalidad de reptiles debido al tráfico vehicular se observa con frecuencia en las carreteras cercanas a las ciudades, donde muchos animales silvestres y domésticos se encuentran muertos sobre los caminos e incluso dentro de las ciudades (Lazcano *et al.*, 2009). Las serpientes se pueden encontrar cerca o en los costados de las carreteras calientes, lo cual incrementa el riesgo de ser atropelladas por los coches (Trombulark y Frissell, 2000; Bonnet *et al.*, 1999 y Roe *et al.*, 2006). Por lo general, este fenómeno ocurre en adultos machos que están en búsqueda de hembras para reproducirse o serpientes de ambos sexo que buscan alimento (Bonnet *et al.*, 1999).

Tucker (1995), encontró que las serpientes suelen ser más propensas a morir durante la primavera y el otoño, donde la mayoría de los individuos son jóvenes. En particular, se sabe que las serpientes de cascabel son más vulnerables al tráfico en los meses de agosto y

septiembre (Bonnet *et al.*, 1999) del mismo modo que ocurrió en el presente estudio. Este fenómeno coincide con el pico de actividad natural de la mayoría de los crótalos, en cual las hembras dan a luz a las crías y salen en busca de alimento (Klauber, 1982).

En lo que respecta a los factores ambientales, se sabe que la mortalidad de los anfibios está ampliamente relacionada con la llegada de la época de lluvias. Sin embargo, son pocos los estudios que han encontrado una asociación similar para reptiles (Shepard *et al.*, 2008). Vijayakumar *et al.* (2001) encontró que algunas serpientes mueren durante o inmediatamente después de las lluvias. Mientras que Bernardino y Dalrymple (1992) informan que la mortalidad de serpientes en el sur de Florida no tiene relación con los factores ambientales.

Por otro lado, las carreteras del estado de Sonora presentan una coloración gris oscuro; su exposición a la intensa radiación solar les permite convertirse en una excelente superficie para las serpientes que buscan un lugar cálido. Durante la primavera y el otoño, dichos animales pueden ser atraídos a los caminos, ya que en esa época, las carreteras suelen tener una temperatura más elevada que la del ambiente (Shepard *et al.*, 2008). A menudo, las serpientes se inmovilizan contra el asfalto y es en ese momento cuando probablemente se produce la termorregulación en lugares de bajo tráfico vehicular o zonas de clima desértico (Lazcano *et al.*, 2009).

La mortalidad de serpientes también está relacionada con aspectos biológicos enfocados en la reproducción. El caso más claro lo encontramos con las serpientes más abundantes, es decir las víboras de cascabel. Estos ofidios suelen reproducirse en primavera y dan a luz en el verano. Por ejemplo, *C. atrox* fue la especie más abundante, da a luz a sus crías en verano y en el periodo de lluvia (Jacob *et al.*, 1987). Por otro lado, las crías de *C.*

cerastes, nacen durante los meses de julio y septiembre, mientras que *C. molossus* alumbró a sus crías en los meses de julio y agosto (Goldberg, 1999). Durante estos meses, las serpientes son más abundantes y corren un riesgo mayor de ser arrolladas por los automóviles.

Tampoco se puede descartar que en repetidas ocasiones las muertes de serpientes son causadas de manera intencional. Esto es debido a que existen muchos mitos alrededor de los ofidios que causan miedo en muchas personas hacia estos animales (Langley *et al.*, 1989). Incluso, durante el presente estudio, se encontraron serpientes mutiladas, sin cabeza o sin cascabel, partes que suelen ser de interés en las personas como trofeo y recuerdo.

Los cambios en la temperatura y precipitación son necesarios para la locomoción de las serpientes (Lillywhite, 1987). La precipitación facilita la búsqueda de alimento, por eso las serpientes son más abundantes después de la época de lluvia (Strang, 1983; Donaldson y Echternacht, 2005). Por otro lado, también se debe considerar las épocas de reproducción de cada especie para conocer los meses o estaciones en que suelen salir en busca de pareja. Debido a esto, se puede afirmar que son varios los factores que propician la abundancia y en consecuencia la mortalidad de serpientes y otros vertebrados.

Durante la presente investigación, se encontró que el 65% de las especies colectadas fueron muertas debido al tráfico vehicular, siendo *C. atrox* y *C. cerastes* las especies más afectadas. Dichos datos concuerdan con las investigaciones realizadas por Lazcano *et al.*, (2009), quien encontró que en el estado de Tamaulipas, la especie más afectada por el mismo problema fue *C. atrox* con un 26% de ejemplares colectados muertos sobre las carreteras. La tasa de mortalidad de serpientes en las afueras de Hermosillo es elevada, sobre todo en el mes de septiembre, donde se registraron el mayor número de descensos.

Estos datos concuerdan con la mayor abundancia de serpientes que también se presentó en el mes de septiembre.

Los análisis estadísticos nos muestran que los valores de serpientes muertas son significativos cada mes y existe una correlación entre los avistamientos mensuales de serpientes y la cantidad de serpientes muertas. Es por ello que se debe de prestar atención en los meses donde las serpientes suelen presentar sus picos de actividad más altos para implementar planes de manejo y prevención de muertes.

Las muertes de serpientes en carreteras son eventos catastróficos que causan en muchos casos pérdidas en la reserva genética de las poblaciones (Lazcano *et al.*, 2009). Sin embargo, las colectas y documentación de ejemplares DOR pueden resultar una fuente de información sobre la distribución, tamaños, sexo y contenido de dieta de las distintas especies de serpientes y otros vertebrados (Lazcano *et al.*, 2009 y Lazcano *et al.*, 2004).

VII.4. Aspectos biológicos y ecológicos.

Las serpientes estudiadas eran muy diferentes en tamaño unas de otras, esto es debido a que se trabajó con toda la ofidiofauna que cruzó sobre las carreteras durante dos años de muestreos. Las medidas del largo del cuerpo estuvieron altamente relacionadas con el peso de tres especies de víbora de cascabel y un colúbrido (*Crotalus atrox*, *Crotalus cerastes*, *Crotalus tigris* y *Pituophis catenifer*). Ávila-Villegas (2005), reportó una relación similar entre la talla y el peso de la serpiente de cascabel *Crotalus catalinensis*, endémica de la isla Santa Catalina, Sonora.

En lo que respecta al sexo de las serpientes, se observó que la cantidad de machos y hembras fue muy similar. Sin embargo, las hembras presentaron dominancia en *Pituophis catenifer* y los machos en *C. cerastes* y *C. atrox*. La presencia de machos y hembras en una población está siempre relacionada con los periodos de reproducción, sin embargo, la conducta y movimientos de apareamiento varían entre las poblaciones de serpientes (Ashton, 2003).

En los vipéridos se observó que los machos fueron más abundantes que las hembras y los análisis estadísticos nos mostraron que no existe una relación entre la presencia de machos y hembras con los factores ambientales. De igual manera, Saint (1982), reportó que los factores ambientales como la temperatura, sólo pueden influir en los ciclos de reproducción de los ofidios cuando la temperatura desciende a puntos muy bajos que obliguen a las serpientes a entrar en un estado de estivación. En algunos crótalos, la actividad sexual de los machos puede ocurrir en cualquier época del año, dependiendo del ciclo reproductivo de las hembras (Saint, 1982).

Se sabe que en ciertas especies de víbora de cascabel, la conducta de apareamiento se encuentra limitada hasta mediados de julio y en ocasiones las hembras presentan un ciclo reproductivo bianual. Esto quiere decir que pueden reproducirse dos veces por año. También se puede presentar que cuando las serpientes copulan en otoño, guardan el esperma durante el invierno y dan a luz en primavera (Goldberg, 1999).

En el caso de las boas, culebras y coralillo se obtuvieron pocos datos sobre el sexo de las especies. La diferencia entre abundancia relativa mensual de machos y hembras fue poco relevante y existieron 17 ejemplares a los cuales no se les pudo determinar el sexo.

Debido a esto, se puede especular que durante el verano, las hembras dan a luz a sus crías y tanto machos como hembras salen en busca de alimento y/o pareja.

VII.5. Impacto de las carreteras y caminos vecinales en Hermosillo.

Los medios de transporte han contribuido ampliamente en el fortalecimiento económico del estado de Sonora, pues permiten un ágil movimiento comercial que influye de manera directa en el mejor nivel de vida de los sonorenses. A pesar de los beneficios que traen para los seres humanos el uso de vías de transporte, sabemos que existe un impacto negativo en las poblaciones de vida silvestre (Huijser *et al.*, 2009).

En este trabajo, se encontró un afecto negativo muy elevado en la tasa de mortalidad de serpientes en carretera debido al tráfico vehicular, ya que más del 50% de las serpientes examinadas se encontraron muertas debido a dicha causa. La mortalidad de serpientes en caminos y la elevada densidad de tráfico muestran una correlación positiva en numerosos estudios y se puede relacionar con los factores atmosféricos como temperatura y humedad relativa (Fahrig *et al.*, 1995; Hels y Buchwald, 2001; Mazerolle, 2004); los cuales propician la alta abundancia de ofidios que son propensos al choque con vehículos.

La parte norte de la ciudad de Hermosillo no cuenta con asentamientos humanos considerables. Sin embargo, alrededor del camino existen terrenos empleados como ranchos turísticos, también se encuentra un depósito de basura y la Mina Pilares. Si bien, la cantidad de vehículos que transitan la carretera de estudio no es tan elevada como en carreteras internacionales, se pudo comprobar que es suficientemente alta para causar un

alto índice de mortalidad de serpientes ya que más de la mitad de los ejemplares examinados se encontraron muertos.

El desierto sonorense no es el único lugar donde se presentan problemas de este tipo. Algunos lugares como la selva Rondonia de Brasil, han sufrido impactos considerables debido a la mala planeación de caminos y carreteras. En 1984, la construcción de carreteras y pavimentación estimuló la presencia de personas y la tala excesiva de árboles en las selvas brasileñas (Dale *et al.*, 1994). Como solución a esos conflictos, se propusieron construir corredores ecológicos que pasaban por debajo de las carreteras y permitían reducir la mortalidad de las especies de serpientes.

En Sonora es necesario establecer medidas de conservación para nuestras especies prioritarias. En este caso, cerrar o eliminar algunos caminos es una alternativa con un enfoque ecológico, sin embargo, se entraría en un debate social. Se deben de buscar medidas para conservar las especies silvestres del desierto de Sonora y que no afecten las actividades económicas y sociales de los sonorenses.

Para el estado de Sonora, no existen estudios acerca del impacto que tienen los caminos y carreteras en la fauna silvestre. Sin embargo se cree que en carreteras con características similares a la que se estudió en este trabajo (la que lleva a la mina Pilares), muere gran cantidad de especies de serpientes y otros reptiles que en su mayoría se encuentran bajo algún tipo de protección según las autoridades mexicanas. Es por ello que se deben tomar medidas de carácter urgente para proteger la vida silvestre.

VIII. CONCLUSIONES

- 1) El 56% (65 individuos) de las serpientes examinadas se encontraban muertas y la tasa de mortalidad fue mayor durante el mes de septiembre para ambos años de estudio.
- 2) Las serpientes suelen ser más abundantes durante el mes de septiembre, debido a que las condiciones ambientales propician el movimiento animal y comienza el periodo de reproducción y búsqueda de alimento.
- 3) Existe una correlación positiva ($r= 0.13$; $P < 0.01$) entre la temperatura y la abundancia relativa mensual de serpientes pero muy baja.
- 4) El cambio de temperatura durante los meses de estudio no está relacionado con la abundancia y presencia de machos y hembras en el camino.
- 5) Se encontró que la presencia de machos y hembras y la humedad relativa son factores que están relacionados.
- 6) Se encontró una correlación altamente significativa entre la longitud y el peso de las serpientes de cascabel y la serpiente *Pituophis catenifer* con valores del coeficiente de correlación que varían entre 0.71 y 0.97 ($P < 0.01$).

IX. RECOMENDACIONES

Para proteger la vida silvestre en Sonora, se deben realizar estudios alrededor del estado para identificar los puntos o zonas donde existe mayor cantidad de especies: 1) endémicas, 2) prioritarias para la conservación y 3) bajo alguna categoría de protección según las normas mexicanas. También deben localizarse los lugares donde exista alta abundancia de plantas y otros grupos de animales. Los puntos antes mencionados dependerán en gran parte de factores fisiográficos ya que existe una relación indiscutible entre los seres vivos y el medio que los rodea. Una vez que conozcamos las especies y los puntos clave de nuestro estado podemos realizar estudios sobre afectos negativos en las poblaciones de animales causados por actividades antropogénicas. De esta manera, conoceremos datos sobre la abundancia y mortalidad de otras especies de animales que están en condiciones similares a las serpientes que estudiamos en este trabajo.

La planeación de carreteras debe estar hecha siempre a la par de estudios de impacto ambiental, que permitan realizar proyectos de manera sustentable (Thorne *et al.*, 2009). En algunos países como Holanda, se han implementados medidas tales como la utilización de horarios para el tránsito vehicular durante las noches e incluso se han cerrado autopistas que se encuentran en zonas de alta actividad animal (Van Langevelde y Jaarsma, 2009). Debido a que muchas medidas de prevención son muy costosas, las acciones de control y prevención se ven limitadas a carreteras de cierta longitud o que se encuentran en zonas de alta densidad en las poblaciones silvestres (Thorne *et al.*, 2009). Por el momento no podemos hablar de cerrar las principales carreteras del estado, pero si se puede comenzar a

trabajar en planes de manejo y conservación de especies. Entre los planes propuestos se encuentra la colocación de letreros y señales para recordar a los viajeros que se encuentran en zonas donde viven animales protegidos. También se pueden establecer horarios de tránsito para las carreteras con mayor impacto en los meses de agosto y septiembre y por último se pueden crear zonas de protección para animales que se encuentran al borde de la extinción.

El estudio de los ejemplares conservados de anfibios y reptiles también constituye una importante base para el conocimiento de estos organismos. Debido a esto, el establecimiento de una colección herpetológica en Sonora es fundamental para documentar la biodiversidad del estado antes de que las actividades antropogénicas ocasionen la extinción de especies de reptiles en el desierto. Por este motivo, la exploración, monitoreo, colecta y preservación de ejemplares contribuirán con los esfuerzos para entender la situación actual de las poblaciones de reptiles y establecer medidas para su conservación (Anderson *et al.*, 2009). Para futuras investigaciones sobre ecología de caminos de serpientes y otros animales se hacen las siguientes recomendaciones:

- 1) Incluir otros factores como el análisis de suelo y vegetación del hábitat donde viven dichos animales. Esto con el fin de dar un amplio sentido ecológico y enriquecer los resultados obtenidos.
- 2) Realizar monitoreos diurnos durante las primeras horas del día para complementar el estudio de ecología de carretera de las poblaciones de serpientes, ya que la mayoría de las especies encontradas durante esta investigación son de comportamiento nocturno.

- 3) Para enriquecer el estudio sobre el impacto que tiene el tráfico vehicular en las poblaciones de animales se recomienda incluir datos sobre otras especies de reptiles y anfibios. De esta manera tendremos un patrón de conocimiento más amplio sobre la situación actual la herpetofauna sonorensis y se podrá establecer las adecuadas medidas de conservación.
- 4) Es importante realizar estudios de muertes provocadas en las carreteras a otros grupos de animales, especialmente mamíferos, aves y arácnidos, ya que durante la investigación se observó que dichos grupos también son afectados por el tráfico vehicular.
- 5) Implementar un programa de educación ambiental para niños y jóvenes de las diferentes dependencias educativas del estado de Sonora, con el fin de crear conciencia sobre la importancia del estudio y conservación de las especies de reptiles del estado.
- 6) Se sugiere acordar planes de conservación de las especies sonorenses y establecer vínculos con las autoridades del estado para colocar letreros de alerta en zonas donde existen gran cantidad de especies amenazadas.
- 7) Por último, se recomienda coleccionar y preparar los ejemplares muertos en las carreteras que se están en condiciones adecuadas; así, se contribuirá a la creación de colecciones zoológicas o bancos de tejidos para futuras investigaciones en la Universidad de Sonora y otros centros de investigación en México y el extranjero.

X. LITERATURA CITADA

- Anderson, B. y D. Simons. 1983. Soil erosion study of exposed highway construction slopes and roadways. *Transportation Research Record* 948:40–47.
- Armstrong, B. y J. Murphy. 1979. The natural history of Mexican rattlesnakes. University of Kansas Museum of Natural History: Special Publications 5:1-88.
- Ashley, E. y J. Robinson. 1996. Road mortality of amphibians, reptiles and other wildlife on the Long Point causeway, Lake Erie, Ontario, Canada. *Field Naturalist* 110:403–12.
- Ashton, K. 2003. Movements and Mating Behavior of Adult Male Midget Faded Rattlesnakes, *Crotalus oreganus concolor*, in Wyoming. *Copeia* 2003(1):190-194.
- Ávila-Villegas, H. 2005. Aspectos ecológicos de la serpiente de cascabel de la isla Santa Catalina *Crotalus catalinensis*, Golfo de California, México. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. México. 141. pp.
- Bennett, A. 1991. Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. En Saunders, D. y R. Hobbs, eds. *Nature Conservation 2: The Role of Corridors*. Chipping Norton, Australia: Surrey Beatty 99-117 pp.
- Bernardino, F. y G. Dalrymple. 1992. Seasonal activity and road mortality of the snakes of the Pahay-Okee Wetlands of Everglades National Park, USA. *Biological Conservation* 62:71–75.
- Bogert, C. y J. Oliver. 1945. A preliminary analysis of the herpetofauna of Sonora. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83(6):297-426.
- Bonnet, X., Naulleau, G. y R. Shine. 1999. The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological Conservation* 89:39–50.

- Brennan, T. y A. Holycross. 2006. A Field Guide to Amphibians and Reptiles in Arizona. Arizona Game and Fish Department. Phoenix, AZ. 166 pp.
- Brito-Castillo, L., Crimmins, M. y S. Díaz. 2009. Clima de Sonora. En: Molina-Freaner, F. y T. Van-Devender, eds. Diversidad biológica de Sonora. UNAM, México. 73 pp.
- Brown, T. y H. Lillywhite. 1992. Autoecology of the Mojave desert sidewinder (*Crotalus cerastes*) at the Kelso Dunes, Mojave Desert, California. En Campbell, J. y E. Brodie, eds. Biology of the Pitvipers. 279-308 pp.
- Búrquez-Montijo, A. y A. Martínez-Yrizar. 2007. Conservation and Landscape Transformation in Northwestern México. En: Felger, R. y B. Broyles, eds. Dry Borders: Great Natural Reserves of the Sonoran Desert. University of Utah Press. 537-547 pp.
- Cheren, J., Kammmers, M., Ghizoni-Jr, I. y A. Martins. 2006. Mamíferos de médio e grande porte atropelados em rodovias do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Biotemas 20:81–96.
- CONABIO. 2008. Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 620 pp.
- Crother, B. 2008. Scientific and standard English names of amphibians and reptiles of North America North of Mexico with comments regarding our understanding. Sexta edición. Society for the Study of Amphibians and Reptiles Herpetological Circular 37:31.
- Dale, V., O'Neill, R., Southworth, F. y M. Pedlowski. 1994. Modeling effects of land management in the Brazilian Amazonian settlement of Rondonia. Biological Conservation 8:196–206.
- Dammann, A. 1961. Some factors affecting the distribution of sympatric species' of rattlesnakes (genus *Crotalus*) in Arizona. Tesis de Doctorado. University of Michigan. Ann Arbor, Michigan Library of Congress. 105 pp.

- Dimmitt, M. 2000. Biomes and communities of the Sonoran Desert region, en: Phillips, S. y P. Wentworth, eds. A natural history of the Sonoran Desert. Arizona-Sonora Desert Museum, USA. 627 pp.
- Dodd, C., Enge, K. y J. Stuart. 1989. Reptiles on highways in north-central Alabama, USA. *Journal of Herpetology* 23:197–200.
- Donaldson, B. y A. Echternacht. 2005. Aquatic habitat use relative to home range and seasonal movement in Eastern Box Turtles (*Terrapene carolina carolina*: Emydidae) in eastern Tennessee. *Journal of Herpetology* 39:278–284.
- Enderson, E., Quijada-Mascareñas, A., Turner, D., Rosen, P. C. y R. L. Bezy. 2009. Anfibios y Reptiles de Sonora. En: Molina Frenaner F. y T. Van Devender eds. Diversidad Biológica del Estado de Sonora. CONABIO. En Prensa.
- Erritzoe, J., Mazgajski, T. y L. Rejt. 2003. Bird casualties on European roads: a review. *Acta ornithologica* 28(2):77–93.
- Fahrig, L. y T. Rytwinski. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1): 21.
- Fahrig, L., Pedlar, J., Pope, S., Taylor, P. y J. Wegner. 1995. Effect of road traffic on amphibian density. *Biological Conservation* 73:177–82.
- Felger, R., Johnson, M. y M. Wilson. 2001. The Trees of Sonora, Mexico. Oxford University Press, Oxford, Nueva York. 400 pp.
- Fischer, W. 1997. Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal. Tesis de maestria UFMS, Campo Grande, MS, Brazil.

- Flores, V. y L. Canseco. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(2): 115-144.
- Flores, V. y O. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso de suelo. UNAM-CONABIO. México.
- Forman, R., Friedman, D., Fitzhenry, D., Martin, J., Chen, A. y L. Alexander. 1997. Ecological effects of roads: toward three summary indices and an overview for North America. En: Canters, K. eds. *Habitat Fragmentation & Infrastructure*. Ministry of transport. ,Public Works & Water Manage. 40–54 pp.
- Forman, R. 2003. *Road ecology: science and solutions*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Forman, R. 1995. *Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Forman, R. 1998. Horizontal processes, roads, suburbs, societal objectives, and landscape ecology. En: Klopatek, J. y R. Gardner eds. *Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications*. New York.
- Forman, R. y L. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29:207–231.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios. México. 217 pp.
- Gaviño, G., Juárez, J. y H. Figueroa. 1982. *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo*. Primera edición. Editorial Limusa, S.A. México. 251 pp.
- Goldberg, S. 1999. Reproduction in the blacktail rattlesnake, *Crotalus molossus* (Serpentes: Viperidae). *Texas Journal of Science* 51(4):323-328.

- Harris, L. y J. Scheck. 1991. From implications to applications: the dispersal corridor principle applied to the conservation of biological diversity. En: Saunders, D. y R. Hobbs. eds. Nature Conservation 2: The Role of Corridors. 189–220 pp.
- Harris, L., Hctor, T. y S. Gergel. 1996. Landscape processes and their significance to biodiversity conservation. En: Rhodes., O. Chesser, R. y M. Smith. Population Dynamics in Ecological Space and Time. Chicago:University. Chicago Press. 319–347 pp.
- 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. y E. Buchwald. 2001. The effect of road kills on amphibian populations. Biological Conservation 99:331–340.
- Hourdequin, M. 2000. Special section: ecological effects of roads. Conservation Biology 14:16–17.
- Huijser, P. y M. Bergers. 2000. The effect of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. Biological Conservation 95:111–116 pp.
- Huijser, M. P., Duffield, J., Clevenger, A. P., Ament, R. y P. T. McGowen. 2009. Cost–benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the United States and Canada; a decision support tool. Ecology and Society 14(2): 15.
- INEGI. 2009. Fisiografía de México. Disponible en: www.inegi.com.mx. Fecha de acceso: 21 enero 2010.
- Jacob, J., Williams, S. y R. Reynolds. 1987. Reproductive activity of male *Crotalus atrox* and *C. scutulatus* (Reptilia: Viperidae) in northeastern Chihuahua, Mexico. Southwest Naturalist 32(2):273-276.
- Klauber, L. 1982. Rattlesnakes. University of California Press. USA. 349 pp.

- Köppen, W. 1936. Das geographische system der klimate. Handbuch der Klimatologie. Volumen 1, parte C.
- Lamont, D. y J. Blyth. 1995. Roadside corridors and community networks. En: Saunders, D., Craig, J. y E. Mattiske, eds. Nature Conservation 4: The Role of Networks. Chipping Norton, Australia: Surrey Beatty. 25-35 pp.
- Langen, T., Machniak, A., Crowe, E., Mangan, C., Marker, D., Liddle, N. y B. Roden. 2006. Methodologies for surveying herpetofauna mortality on rural highways. *Journal of Wildlife Management* 71(4):1361-1368.
- Langeveldea, F., Dooremalenb, C. y C. Jaarsmac. 2009. Traffic mortality and the role of minor roads. *Journal of Environmental Management* 90:660-667.
- Langley, W., Lipps, H. y J. Theis. 1989. Responses of Kansas motorists to snake models on a rural highway. *Kansas Academy of Science* 92:43-48.
- Langton, T. 1989. Amphibians and roads: proceedings of the toad tunnel conference. ACO Polymer Products, Bedfordshire, United Kingdom.
- Lazcano, D., Salinas-Camarena, A. y J. Contreras-Lozano. 2009. Notes on Mexican Herpetofauna 12: Are roads in Nuevo Leon México, taking their toll on snake populations?. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 44(5):69-75.
- Lillywhite, H. 1987. Temperature, energetics, and physiological ecology. En: Seigel., R. Collins, J. y S. Novak. Eds. *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. Macmillan, New York. 422-477 pp.
- Liner, E. y G. Casas-Andreu. 2008. Standard Spanish, English and scientific names of the amphibians and reptiles of Mexico. Segunda edición. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. 162 pp.

- Lonsdale, W. y A. Lane. 1994. Tourist vehicles as vectors of weed seeds in Kakadu National Park, northern Australia. *Biological Conservation* 69:277–83.
- Mader, H. J. 1984. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* 29:81–96.
- Manzanilla, J. y J. Péfaur. 2000. Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles. *Revista Ecológica Latinoamericana* 7:17-30.
- Mazerolle, M. 2004. Amphibian road mortality in response to nightly variations in traffic intensity. *Herpetologica* 60:45–53.
- Mckenna, D., Mckenna, K., Malcom S. y M. Berenbaum. 2001. Mortality of Lepidoptera along roadways in central Illinois. *Journal of The Lepidopterist's Society* 55 (2):63–68.
- Molina, F. y T. Van Devender. 2009. *Diversidad Biológica de Sonora*. CONABIO. México. 464 pp.
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, España. 84pp.
- National Research Council. 1991. Highway deicing: Comparing salt and calcium magnesium acetate. Reporte especial 235. Washington, DC. 170 pp.
- Novelli, R., Takase, E. y V. Castro. 1988. Estudo das aves mortas por atropelamento em um trecho da rodovia BR-471, entre os distritos de Quinta e Taim, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 5(3):441–454.
- Oxley, D., Fenton, M. y G. Carmody. 1974. The effect of roads on populations of small mammals. *Journal of Applied Ecology* 11:51–59.
- Parris, K. y A. Schneider. 2008. Frogs at higher pitch in traffic noise. *Ecology and society* 14(1): 25.

- Parris, K., Velik-Lord M. y J. North. 2009. Frogs call at a higher pitch in traffic noise. *Ecology and Society* 14 (1): 25.
- Pereira, G., Andrade, G. y B. Fernandes. 2006. Dois anos de monitoramento dos atropelamentos de mamíferos na rodovia PA-458, Bragança, Pará. *Museu Paraense Emilio Goeldi* 1:77–83.
- Prada, C. 2004. Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análises de fatores envolvidos. Tesis de doctorado, Universidad federal de São Carlos, Brasil. 129 pp.
- Reijnen, R. 1995. Disturbance by car traffic as a threat to breeding birds in the Netherlands. Tesis de doctorado, DLO Institute For Natural Resources, Wageningen, Netherlands. 140 pp.
- Rice, R. y J. Lewis. 1991. Estimating erosion risks associated with logging and forest roads in northwestern California. *Water Resources Bulletin* 27:809–18.
- Rodda, G. 1993. Where is waldo (and the snakes)?. *Herpetological Review* 24(2): 44-45.
- Roe, J., Gibson, J. y B. Kingsbury. 2006. Beyond the wetland border: estimating the impact of roads on two species of water snakes. *Biological Conservation* 130:161–168.
- Rorabaugh, J. 2008. An introduction to the herpetofauna of mainland Sonora, México, with comments on conservation and management. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 40(1):20-65.
- Rosen, P. y C. Lowe. 1994. Highway mortality of snakes in the Sonoran Desert of Southern Arizona. *Biological Conservation* 68: 143–148.
- Saint, H. 1982. Reproductive cycles of male snakes and their relationships with climate and female reproductive cycles. *Herpetologica* 38(1): 5-16.
- Sánchez, O. 1998. Serpientes de México. *Biodiversitas* 21.

- SEMARNAT. 2002. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001.
- Shepard, D., Dreslik, M., Jellen, B. y C. Phillips. 2008. Reptile Road Mortality around an Oasis in the Illinois Corn Desert with Emphasis on the Endangered Eastern Massasauga. *Copeia* 2: 350-359.
- Smith, H. y R. Smith. 1973. Synopsis of the herpetofauna of México. Vol. II. Análisis of the literatura exclusive of the Mexican Axolot. Augusta, West Virginia.
- Spellerberg, I. 2002. Ecological Effects of Roads. Science Publishers, Enfield, New Hampshire. 251 pp.
- Stebbins, R. 2003. Peterson Field Guide to Western Reptiles and Amphibians. Tercera edición. USA. 331 pp.
- Strang, C. 1983. Spatial and temporal activity patterns in two terrestrial turtles. *Journal of Herpetology* 17:43-47.
- Tay, Z., Díaz, S., Sánchez, V., Ruiz, S. y L. Castillo. 2002. Serpientes y reptiles de importancia médica en México. UNAM, Revista de la Facultad de Medicina 45(5): 212:219.
- Taylor, E. 1936. Notes on the herpetological fauna of the Mexican state of Sonora. University of Kansas Scientific Bulletin. 24:475-503.
- Thorne, J. H., Huber, P., Girvetz, E. H., Quinn, J. y M. McCoy. 2009. Integration of the regional mitigation assessment and conservation planning. *Ecology and Society* 14(1): 47.
- Trombulak, S. y C. Frissell. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14:18-30.

- Tucker, J. 1995. Notes on road-killed snakes and their implications on habitat modification due to summer flooding on the Mississippi River in west central Illinois. Illinois State Academy of Science 88:61-71.
- Vieira, E. 1996. Highway mortality of mammals in central Brazil. *Ciência e Cultura* 48(4):270-272.
- Vijayakumar, S., Vasudevan, K. y N. Ishwar. 2001. Herpetofaunal mortality on roads in the Anamalai Hills, southern western Ghats. *Hamadryad* 26:265-272.
- Yescas, E. 2006. Sonora más comunicado. Turismo, la actividad más beneficiada. *SonoraEs* 22:6-9.